

В.Е. Байер

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
ДЛЯ АРХИТЕКТОРОВ, РЕСТАВРАТОРОВ,
ДИЗАЙНЕРОВ**

Учебное пособие

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области архитектуры в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся в соответствии с требованиями
Государственного образовательного стандарта РФ
высшего профессионального образования второго поколения
по направлению «Архитектура» (521700, 630100),
специальностям в области реставрации,
проектирования интерьеров и оборудования*

**Москва
Астрель • АСТ
ТРАНЗИТКНИГА
2004**

УДК 620.2:72(07)
ББК 30.3+85.113
Б18

Рецензенты: Институт искусства реставрации
(ректор – профессор, кандидат архитектуры,
заслуженный архитектор РФ Пруцын О.И.);
профессор, доктор технических наук,
заслуженный архитектор РФ Оболенский Н.В.
(Москомархитектура)

Оформление обложки –
дизайн-студия «Дикобраз»

Подписано в печать с готовых диапозитивов 25.09.03.

Формат 60 × 90^{1/16}. Усл. печ. л. 16.

Тираж 5 000 экз. Заказ № 224.

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953004 — литература научная
и производственная

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.02.953.Д.008286.12.02 от 09.12.2002

Байер В.Е.

Б18 Материаловедение для архитекторов, реставраторов,
дизайнеров: Учеб. пособие / В.Е. Байер. — М.: ООО
«Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ»: ООО
«Транзиткнига», 2004. — 250, [6] с.: ил.

ISBN 5-17-020647-X (ООО «Издательство АСТ»)

ISBN 5-271-07731-4 (ООО «Издательство Астрель»)

ISBN 5-9578-0452-5 (ООО «Транзиткнига»)

Подчеркивается многогранная взаимосвязь архитектуры, дизайна,
реставрации и их материальной палитры. Приведены сведения о стан-
дартизации, классификации, свойствах, основах производства, номен-
клатуре и характеристиках строительных материалов. Освещен опыт их
применения в архитектурно-строительной практике.

Для студентов высших и средних учебных заведений архитектур-
ных и реставрационных специальностей. Учебное пособие может быть
полезно архитекторам, дизайнерам, реставраторам и другим специа-
листам в области архитектуры и строительства.

УДК 620.2:72(07)

ББК 30.3+85.113

ISBN 5-17-020647-X
(ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-271-07731-4
(ООО «Издательство Астрель»)
ISBN 5-9578-0452-5
(ООО «Транзиткнига»)

© В.Е. Байер, 2003

© ООО «Издательство Астрель», 2004

| | | | |
|---|-----|--|-----|
| 6.4. Свойства | 132 | 8.4. Свойства | 184 |
| 6.5. Области применения | 138 | 8.5. Области применения | 196 |
| Глава 7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ | 140 | Глава 9. МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ | 201 |
| 7.1. Определение, краткие исторические сведения | 140 | 9.1. Определение, краткие исторические сведения | 201 |
| 7.2. Основы производства | 141 | 9.2. Основы производства | 204 |
| 7.3. Номенклатура | 145 | 9.3. Номенклатура | 209 |
| 7.4. Свойства | 149 | 9.4. Свойства | 218 |
| 7.5. Области применения | 152 | 9.5. Области применения | 224 |
| Глава 8. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ | 161 | Глава 10. МАТЕРИАЛЫ В РУССКОЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ | 230 |
| 8.1. Определение, краткие исторические сведения | 161 | Заключение | 241 |
| 8.2. Основы производства | 164 | Список основной литературы | 245 |
| 8.3. Номенклатура | 174 | Предметный указатель | 246 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель изучения материаловедения — получение необходимых знаний о многогранной взаимосвязи архитектуры, дизайна, реставрации и их материальной палитры; классификации, физической сущности свойств, основах производства, номенклатуре и характеристиках строительных материалов, опыте их применения в архитектурно-строительной, дизайнерской и реставрационной практике.

Задачи учебной дисциплины предполагают изучение теории (посещение лекций, работа с учебной и специальной литературой) и применение ее на практике (выполнение лабораторных и самостоятельных работ, посещение объектов учебно-ознакомительной практики). При этом предусматривается уделять особое внимание темам, связанным с номенклатурой, свойствами и примерами применения материалов. На лекциях, лабораторных и практических занятиях студенты должны пользоваться представительной коллекцией образцов материалов различного функционального назначения, об-

ширным иллюстративным фондом (фото-, слайдотека, учебные кинофильмы, плакаты, проспекты). Методика лабораторных работ основывается на их показателем характере с акцентом не на процессе испытания, а на количественной и качественной оценке студентами готового результата. При проведении ряда практических занятий целесообразно знакомиться с результатами применения материалов на строительных объектах.

Место учебной дисциплины в профессиональной подготовке дипломированного специалиста связано с созданием теоретической и практической базы для понимания физической сущности архитектурного, дизайнерского, реставрационного проектов, изучения конструкций зданий и сооружений.

Требования к уровню освоения содержания материаловедения включают представления о роли материалов на стадиях проектирования, строительства, эксплуатации и реставрации зданий и сооружений, умение оценить возможность применения

определенных материалов для конкретных условий с учетом эксплуатационно-технических, эстетических и экологических требований.

Учебное пособие написано в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта Российской Федерации высшего профессионального образования второго поколения по направлению «Архитектура» (521700, 630100), утвержденного Минобразования РФ 10 марта 2000 г., который обеспечивает подготовку дипломированных выпускников с квалификацией «Бакалавр архитектуры» и в дальнейшем квалификации «Архитектор», «Архитектор-дизайнер», «Архитектор-реставратор», а также требованиями к специалистам в области реставрации, проектирования интерьеров и оборудования.

Учебное пособие состоит из двух разделов. В первом изложены основы материаловедения: понятия о взаимосвязи архитектуры и материалов, физической сущности их свойств, стандартизации и классификации. Во втором разделе приведены краткие сведения об истории применения материалов, характеристиках сырья и основах современного производства, номенклатуре, свойствах, областях применения, в том числе в русской ис-

торической архитектуре, а также основных критериях их современного выбора. Многочисленные рисунки представляют примеры применения строительных материалов в архитектуре.

В тексте учебного пособия наряду с термином «материал» употребляется и термин «изделие». Последнее имеет формы и размеры, которые не могут быть изменены в процессе применения.

Изучение материаловедения предполагает использование коллекций образцов материалов и аудиовизуальных средств, а также комплекта приборов и оборудования для измерений эксплуатационно-технических и эстетических характеристик материалов. Более подробно о них можно узнать в рекомендуемой литературе [3].

Автор выражает признательность рецензентам – Институту искусства реставрации (ректор – профессор, канд. архит., заслуженный архитектор РФ О. И. Пруцын) и профессору, д-ру техн. наук, заслуженному архитектору РФ Н. В. Оболенскому (Москомархитектура), а также ассистентам кафедры архитектурного материаловедения МАРХИ (Госакадемии) П. М. Жуку и Н. С. Горскиной за помощь в подготовке иллюстраций.

Раздел 1

ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Глава 1. ВЗАИМОСВЯЗЬ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Свою вещественную форму архитектура обретает с помощью материалов – основы развития новых конструктивных структур. В условиях научно-технического прогресса роль материальной базы архитектуры неуклонно возрастает. Материалы как одно из главных средств решения задач, выдвигаемых архитектурой, в современных условиях не только определяют осуществление творческого замысла и реальность новых архитектурных форм и конструктивных систем, но и в большей, чем когда-либо прежде, степени обуславливают характер и эстетическую выразительность формы, экономическую и функциональную целесообразность сооружения и, наконец, являются мощным объективным стимулом развития современной архитектуры.

Виды и свойства строительных материалов и изделий связаны с процессами создания, развития и восприятия архитектурной формы (собираемый образ, информирующий о функциональном, структурном содержании и эстетиче-

ских характеристиках здания, сооружения).

Вплоть до XX в. при строительстве зданий и сооружений использовались преимущественно материалы, которые выдерживали значительные нагрузки при сжатии, но обладали сравнительно невысокой прочностью при изгибе и растяжении. Зодчие не могли не учитывать эти свойства материалов при создании архитектурных форм, отличавшихся соответственно тяжестью и массивностью. Например, в истории архитектуры можно выделить период, когда одним из основных материалов был природный камень. И не случайно именно он использовался в древности для возведения культовых сооружений (гробниц, храмов). Свойства природного камня позволяли перекрывать лишь весьма ограниченные внутренние пространства сооружения. Тяжелые, массивные формы из природных каменных материалов, преобладающие над внутренним пространством, придавали сооружению монументальность, величие, подавляли простого смертного

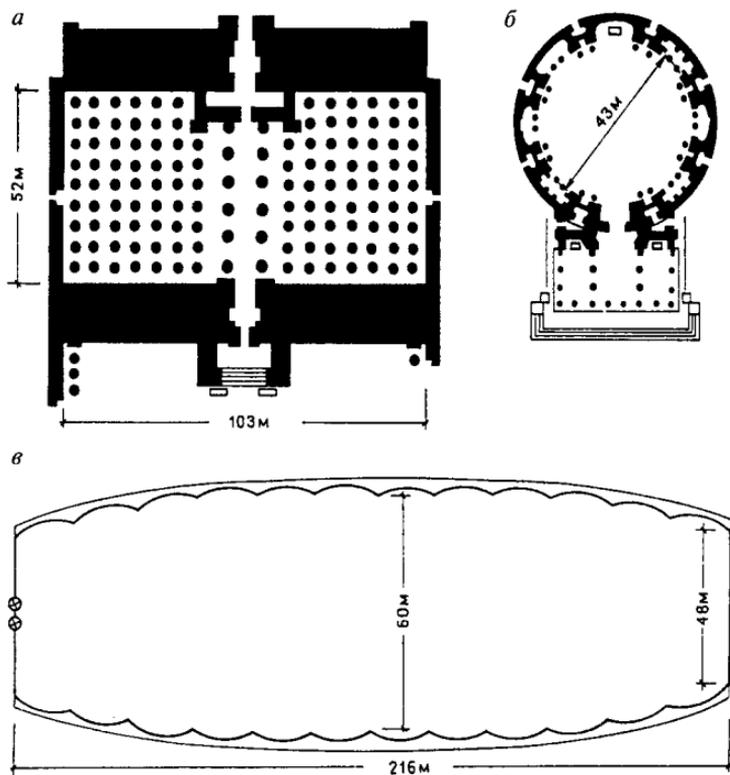


Рис. 1. Массивные сооружения древних зодчих с ограниченным внутренним пространством. Планы храма Амона в Карнаке, XIV–XIII вв. до н. э. (а), Пантеона в Риме, II в. до н. э. (б) и современного пневматического сооружения (в)

размерами и массой. Таковы, например, храмы и пирамиды Древнего Египта. Масса природного камня, из которого они построены, просто огромна по сравнению с внутренним объемом сооружения, конструктивное решение которого достаточно несложно (рис. 1).

Прошло много столетий, определенные архитектурные формы из природного камня стали достаточно легкими. Речь идет о периоде

готике, который многие архитекторы справедливо называют вершиной зодчества из природного камня. Но характерные свойства этого материала остались прежними. В результате строительство сооружений, в которых зодчие стремились преодолеть тяжесть камня, было чрезвычайно сложным и длительным. Стремление учитывать свойства природного камня и создать образ массивного здания ха-



*Рис. 2. Современное сооружение с покрытием из пленки
на основе искусственных полимеров*

рактрно и для многих современных архитекторов.

В течение многих тысяч лет свойства используемых материалов не позволяли архитекторам создавать конструкции, воспринимающие значительные изгибающие и растягивающие усилия. И только в XX в. в строительство были широко внедрены материалы, обладающие высокими прочностными характеристиками при изгибе и растя-

жении. Например, применение металла в вантовых конструкциях, в которых основные несущие элементы — тросы работают на растяжение, позволяет перекрывать огромные площади пространств различной формы. Расход материала при этом минимален, так же как и при использовании оболочек из пластмасс (рис. 2).

Создание новых строительных материалов привело к изменению

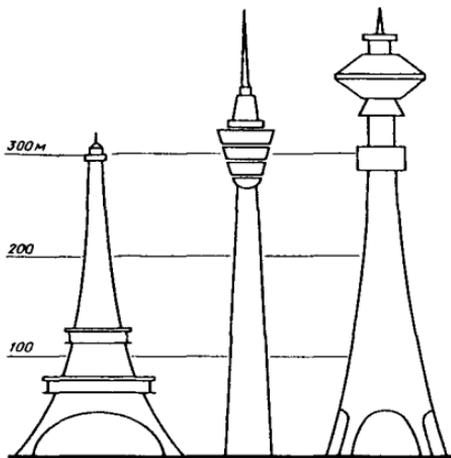


Рис. 3. Схемы высотных отдельно стоящих башенных сооружений

традиционных архитектурных форм. Зодчие древности и Средневековья могли предусмотреть создание жесткого остова сооружения — каркаса, покрывающегося более легкими материалами. Однако форма и размеры сооружений были весьма ограничены. Использование металла или железобетона для современных каркасных конструкций позволяет строить здания и сооружения практически любых заданных форм и размеров.

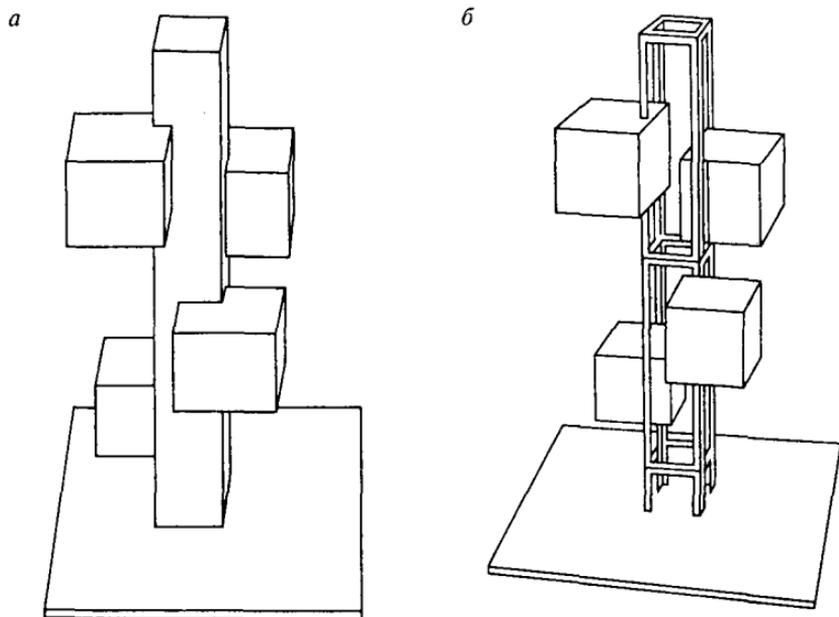
Античные зодчие не создавали высоких отдельно стоящих опор: свойства материалов, применявшихся в древности, не позволяли жестко соединять опору с основанием. Современные высотные металлические или железобетонные опоры (радио- и телевизионные башни), жестко заделанные в основании, наглядно демонстрируют конструк-

тивные возможности материалов (рис. 3). Существенно отличаются архитектурные формы частей и конструкций зданий, построенных в древности или даже в начале XIX в., от современных. Стеновые, стоечно-балочные, каркасные и другие конструкции неузнаваемо изменились под влиянием новых строительных материалов. Их рациональное применение способствовало созданию принципиально новых конструктивных систем.

Некоторое представление о влиянии вида материала на архитектурную форму студенты могут получить, выполнив в процессе учебного проектирования макет объемно-пространственной композиции. Формы и внешний вид объемов могут заметно меняться, если такой макет изготавливать с учетом возможного использования (для данной композиции) определенного материала (рис. 4).

Важно отметить, что на современном уровне научно-технического прогресса особо отчетливо проявляются не только влияние материалов и их свойств на создание и развитие архитектурных форм, но и обратный процесс. При этом могут успешно решаться проблемы производства материалов с заранее заданными свойствами.

Сложный процесс восприятия архитектурной среды связан прежде всего с восприятием архитектурной формы. Огромное значение при этом имеют виды используемых материалов и их свойства.



*Рис. 4. Схема объемно-пространственной композиции (а)
и изменение внешнего вида одного из объемов (б)
с учетом применения определенного материала*

Эмоциональное воздействие архитектурной формы в большей мере связано с фактурой, цветом, характером рисунка лицевой поверхности материалов. Именно эти характеристики оказывают большое влияние на соответствующий зрительный образ. Архитектор должен ясно представлять, что эстетические свойства материалов — мощное, активное и мобильное орудие в его руках, позволяющее усилить, развить, акцентировать основную идейно-художественную задачу проекта.

Зодчие Древней Руси, работавшие в Новгороде в основном в условиях пасмурной погоды, мягко-

го рассеянного света, который нивелирует светотеневые контрасты, использовали крупные объемные формы материалов с крупным выразительным рельефом.

Архитекторы Древней Греции умело пользовались цветом материала. Например, они окрашивали для выделения на ярком солнце детали ордера в тени.

Впечатление тяжести или легкости, пластичности, плотности архитектурной формы связано с характером лицевой поверхности материала. Несущая способность стеновой конструкции, нарастание напряжений в нижних частях стены хорошо выражаются при облицовке

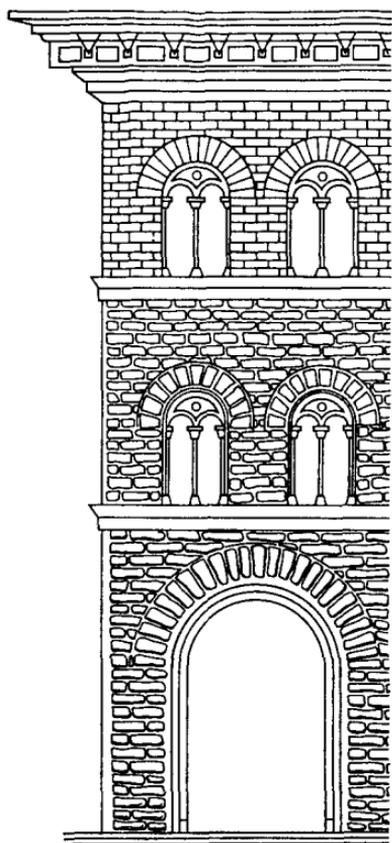


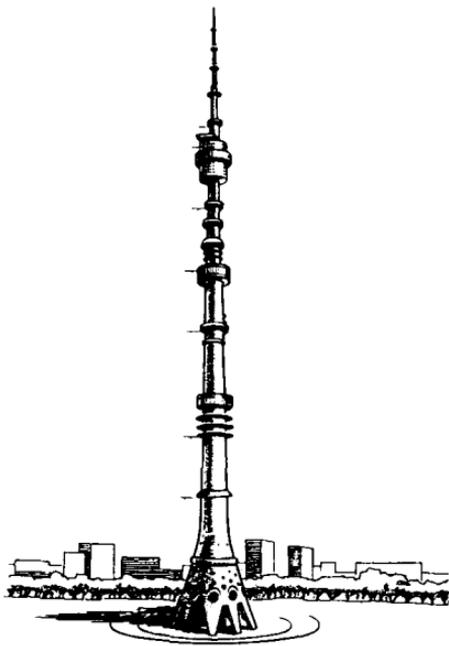
Рис. 5. Груборельефная фактура нижней части здания подчеркивает напряженное состояние материала, она логична с точки зрения восприятия архитектурной формы

цоколя природным камнем с груборельефной фактурой. Логично, если высота рельефа на лицевой поверхности материала для облицовки средних этажей уменьшается, а для верхних этажей применяется материал с гладкой фактурой. В этом случае характер обработки лицевой поверхности материала показывает, что нижние плиты природного кам-

ня словно раздались под тяжестью сооружения и выдерживают значительную нагрузку, которая убывает снизу вверх (рис. 5).

С психологической точки зрения, вне зависимости от эстетических характеристик материала, заметную роль играют сложившиеся представления человека о таких его эксплуатационно-технических свойствах, как прочность и долговечность. Например, архитектурная форма Останкинской телебашни в Москве — одного из самых высоких в мире свободно стоящих сооружений (536,3 м) — может показаться даже грамотному инженеру недостаточно прочной (рис. 6). Первое впечатление о недостаточной прочности усиливается при знакомстве с конструктивными особенностями сооружения — глубина заложения фундамента всего лишь 3,5–4,6 м, верхняя часть башни при ветровых воздействиях может иметь большие колебания. Однако архитектурная форма этого сооружения воспринимается достаточно прочной, ибо при характеристике конструкции подчеркивается, что она изготовлена из *монолитного железобетона*, стянутого 150-ю мощными семижильными *стальными канатами*. Вряд ли восприятие архитектурной формы башни было бы аналогичным, если бы сообщалось, что она построена из каких-либо других материалов с искусственной структурой.

Эстетические характеристики материалов для внутренней отделки



*Рис. 6. Останкинская телебашня
в Москве из монолитного
железобетона*

зданий и сооружений, особенно отделки интерьеров, где человек находится длительное время, часто могут быть решающими при восприятии внутренней архитектурной среды. Выбор цвета, фактуры, рисунка поверхности отделочного материала должен быть непосредственно связан с функциональным назначением помещения, его размерами и композицией. Например, в малых помещениях размер элементов фактуры должен быть ограничен, иначе элементы фактуры и размеры интерьера будут немасштабны, и помещение будет восприниматься еще меньшим, чем

на самом деле. Материалы с крупными элементами фактуры или рисунка рационально применять для отделки больших помещений. Гладкая фактура отделочного материала, отличающаяся сильным блеском, может исказить восприятие интерьера.

Качество осуществленных архитектурных, дизайнерских проектов, результаты работы реставраторов непосредственно связаны с качеством используемых материалов, которое представляет собой совокупность эксплуатационно-технических и эстетических характеристик. Понятие «комплексное или интегральное качество» к указанной совокупности добавляет экономические характеристики. Уместно отметить, что результаты исследований в области оценки комплексного качества материалов, а также соответствующий квалиметрический анализ помогают решать задачу рационального выбора лучшего из сравниваемых материалов одного и того же функционального назначения.

Экономические показатели архитектурно-строительной, дизайнерской, реставрационной практики также в большой мере связаны с применяемыми материалами. До 50 % и более стоимости современного здания, сооружения приходится на стоимость материалов, которую следует оценивать с учетом их будущей эксплуатации. При этом ценность материалов, лицевые поверхности которых воспри-

нимаются в процессе эксплуатации, не должна связываться с их стоимостью. Так, например, можно заменить позолоту на главах православных храмов на более дешевые металлические покрытия, а

мозаичный паркет в Кремлевском Дворце съездов в Москве на обычные доски. Такие замены будут выгодны экономически, но, несомненно, нанесут моральный и духовный ущерб.

Глава 2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИХ СТАНДАРТИЗАЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Свойства — характеристики, проявляющиеся в процессе применения и эксплуатации материалов, исключая их экономические показатели. Свойства можно разделить на две группы: эксплуатационно-технические и эстетические. Эксплуатационно-технические свойства обеспечивают необходимые защиту, прочность, долговечность здания, сооружения. Эстетические свойства материалов влияют на восприятие среды жизнедеятельности человека, в том числе внешнего вида зданий, сооружений и их интерьеров. Рассмотрим современные представления о физической сущности и значимости важнейших характеристик материалов.

2.1. Эксплуатационно-технические свойства

Характеристики структуры. С этими характеристиками связаны по-

казатели всех свойств материалов. Различают три уровня структуры материала: *макроструктура* — строение, видимое невооруженным глазом, *микроструктура* — видимое в оптический микроскоп, и строение на *молекулярно-ионном* уровне.

К основным видам макроструктуры относят конгломератную, ячеистую, волокнистую, слоистую, рыхлозернистую (порошкообразную).

Конгломератная структура предполагает соединение разнородных веществ, обычно в виде зерен, кусков различных форм и размеров. *Ячеистая* структура характеризуется наличием макропор, у мелкопористых большинство ячеек гораздо меньших размеров (менее 1 мм). *Волокнистая* структура присуща материалам с природными или искусственными волокнами, расположенными в одном определенном направлении. Показатели свойств таких материалов заметно отличаются при физическом воз-

действию вдоль или поперек волокон. *Слоистая* структура соответственно предполагает наличие нескольких, в том числе разнородных, слоев. *Рыхлозернистые* (порошкообразные) структуры состоят из большого количества не связанных зерен или мелких частиц.

По микроструктуре выделяют кристаллические и аморфные материалы. Особенностью кристаллической структуры является определенная геометрическая форма модификаций кристаллов и известная температура плавления при постоянном давлении. Многие строительные материалы, как правило, поликристаллические.

Для качественной оценки структурных характеристик применяют следующие специальные методы.

Методы *рентгеноструктурного анализа* основаны на явлении дифракции рентгеновских лучей кристаллической решеткой вещества. Для исследования строительных материалов применяют метод Дебая-Шеррера (метод порошков), учитывая, что все кристаллические вещества характеризуются определенными, только им присущими рентгенограммами.

Методы *термического анализа* связаны со способностью большинства физических и химических процессов выделять или поглощать теплоту и соответствующим изучением превращений вещества.

Сущность *хроматографического анализа* состоит в сорбции компо-

нентов смеси твердым или жидким носителем и последующем извлечении вещества из носителя путем вымывания подходящим растворителем.

Применение *люминесцентного анализа* основывается на способности ряда компонентов строительных материалов и изделий (бетона, гипса и др.) флуоресцировать (светиться) при облучении ультрафиолетовым спектром. После удаления источника возбуждения свечение прекращается. Используя люминесцентный анализ, производят идентификацию веществ и обнаруживают их малые концентрации, контролируют происходящие в веществе изменения и определяют степень его чистоты.

Метод *люминофоров* предполагает использование специальных люминесцирующих веществ, способных ярко светиться при облучении ультрафиолетовыми лучами. Применяя этот метод, оценивают гомогенность многокомпонентных строительных материалов. Один из компонентов материала (например, песок) окрашивают тонким слоем люминофора и обрабатывают закрепителем. Оценку распределения меченого компонента можно производить визуально или, что более точно, с помощью фотоэлектронной установки.

Спектральный анализ позволяет определить упорядоченные по длинам волн излучения различных элементов (спектры). На основе

изучения молекулярных спектров можно установить химический состав веществ, из которых состоят строительные материалы.

подавляющее большинство современных материалов, кроме жестко-вязкого (твердого) вещества, содержат в структуре поры — промежутки, полости, ячейки. Их количество и характер (размеры, распределение, открытые или закрытые) влияют на другие эксплуатационно-технические свойства. Поэтому **пористость** — важный и определяющий показатель структуры.

Экспериментальный метод определения *величины пористости* основан на замещении порового пространства в материале сжиженным гелием или другой средой.

Экспериментально-расчетный метод определения пористости, %, связан с известными значениями плотности ρ и средней плотности $\rho_{\text{ср}}$ материала:

$$P = (1 - \rho/\rho_{\text{ср}}) \cdot 100 (\%).$$

В зависимости от показателя пористости различают *низкопористые* (менее 30%), *среднепористые* (от 30 до 50%) и *высокопористые* (более 50%) материалы.

Большое значение для практической службы материала имеет *характер пористости*, для определения которого используют следующие методы.

При проведении оптических измерений фиксируют линейные размеры сечений частиц и пор в плоскости среза материала и вы-

числяют параметры структуры (метод микроскопического количественного анализа).

Фотометрические оптические измерения связаны с определением величины отраженного светового потока (который с помощью фотоэлемента преобразуется в электрические импульсы) от поверхности образца материала.

Для определения характера пористости применяют также метод ртутной порометрии, который основан на вдавливании ртути в поры образцов материалов.

В основу метода десорбции жидкостей положена определенная зависимость между кинетикой испарения (десорбции) жидкости и размером капилляров образца материала, насыщенного данной жидкостью.

Принцип определения характера пористости по методу молекулярных щупов связан со способностью известных веществ, называемых молекулярными щупами, адсорбироваться в порах материала. Щуп проникает в те поры, диаметр которых больше размера его молекулы.

В основу метода просасывания воздуха положено определение удельной поверхности образцов исследуемого материала и пересчет полученной величины на средний диаметр пор. Между упомянутой поверхностью, объемом и диаметром пор существует определенная зависимость.

Определение сквозной пористости заключается в измерении элек-

тропроводности образцов материала, насыщенных электролитом.

Для определения наименьшего сечения капилляров применяют метод, основанный на продавливании жидкости через образец материала, насыщенного другой жидкостью, не смешивающейся с первой. Расчеты производят на основании определенной зависимости: чем меньше радиус капилляра, тем большее давление необходимо приложить для выдавливания из него жидкости.

Механический метод основан на дроблении образцов материала до определенных фракций и последующем определении их удельных объемов. При этом основываются на следующих предпосылках: частицы не могут иметь поры, по размеру превышающие частицу; возможно, что частицы будут содержать некоторые поры малых размеров. В данном случае получают весьма приблизительные результаты определений, но возможна принципиальная оценка характера пористости.

Характерные значения пористости ряда материалов, %: пенопласты — 96, древесина — 65, легкий бетон — 60, кирпич керамический — 35, тяжелый бетон — 10, гранит — 1, сталь — 0.

Высокая пористость материала обеспечивает ему низкую теплопроводность (особенно при замкнутом характере пор) и высокое звукопоглощение (при сообщающихся порах). Открытые поры,

которые сообщаются со средой, увеличивают водопоглощение, снижают морозостойкость и долговечность материала.

Весовые характеристики. Вес — это сила, с которой строительный материал (или любое тело) притягивается землей. Этот показатель измеряется в ньютонах. Однако вес, связанный с ускорением свободного падения, зависит не только от самого материала, но и от месторасположения пункта измерения, например, на полюсе материал будет весить на 0,5% больше, чем на экваторе. Поэтому основная весовая характеристика материала — **масса**, являющаяся неизменным его свойством и измеряемая в граммах, килограммах, тоннах.

Материалы одинакового объема, состоящие из одинаковых веществ, могут иметь неодинаковую массу. Для характеристики различий в массе материалов, имеющих одинаковый объем, служит плотность — истинная и средняя.

Истинная плотность ρ (г/см^3 , кг/м^3) — отношение массы к объему материала в абсолютно плотном состоянии, то есть без пор и пустот:

$$\rho = m / V,$$

где m — масса материала, г, кг; V — объем в плотном состоянии, см^3 , м^3 .

Средняя плотность $\rho_{\text{ср}}$ (г/см^3 , кг/м^3) — отношение массы материала к его объему в естественном

состоянии вместе с возможными порами и пустотами:

$$\rho_{\text{ср}} = m / V.$$

Массу материала определяют путем взвешивания на весах различного типа, но преимущественно на технических. Масса образца материала не должна превышать допустимую предельную нагрузку весов.

Для сыпучих материалов (песка, щебня и др.) определяют **насыпную плотность**. Объем сыпучих материалов измеряется с учетом пор и межзерновых пустот.

Сущность радиоизотопного метода определения средней плотности ряда материалов, например бетона, заключается в измерении величины ослабления или рассеяния гамма-излучения, взаимодействующего с материалом. Этот метод пригоден для определения средней плотности материала в конструкции.

На рис. 7 показаны характерные значения средней плотности некоторых строительных материалов. Слово «характерные» означает, что у капиллярно-пористых материалов средняя плотность не постоянная величина и может меняться в зависимости от изменения влажности воздуха или при непосредственном контакте с водой. Кроме того, в процессе производства можно получать один и тот же материал с различной средней плотностью, а природные камни одного и того же названия

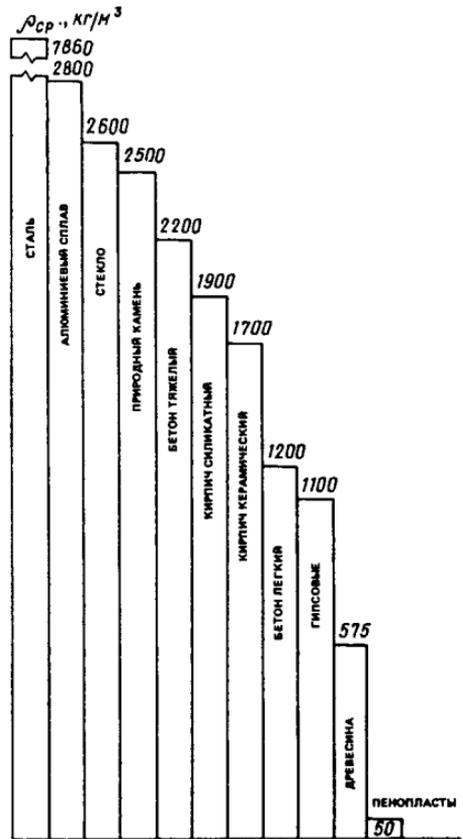


Рис. 7. Характерные значения средней плотности строительных материалов, кг/м³

(гранит, мрамор и др.) имеют весьма различные ее показатели, в зависимости от месторождения.

Плотность материала в большей мере влияет на его долговечность. Характерным признаком материалов, у которых средняя плотность равна истинной плотности (например, у стекла, металлов), является непроницаемость для жидкостей и газов. Газы могут проникать в материалы с высокой плот-

ностью лишь путем диффузии или в результате процессов растворения.

Плотность ряда материалов, например бетона, различна в разных точках, что, как правило, снижает их качество. Поэтому совершенствование свойств материалов связано, в частности, с повышением их однородности.

По современным представлениям, тяжелыми считают материалы со средней плотностью более 2000, легкими — менее 1000 кг/м³.

Средняя плотность материалов непосредственно влияет на эффективность строительства, в том числе на трудоемкость транспортирования и монтажа. Снижение средней плотности материалов при сохранении необходимых прочности и долговечности — путь к снижению материалоемкости строительства, повышению его технико-экономической эффективности.

Следует учитывать, что некоторые материалы, например из стекла, металла, асбестоцемента, стеклопластика, часто применяются в виде сравнительно тонких элементов, в том числе плоских или волнистых листов. У таких материалов длина и ширина значительно превосходят толщину. В этом случае важна не величина массы в единице объема, но масса 1 м² материала.

Свойства материалов при действии влаги, воды, замораживания-оттаивания. **Влажность** — содержание влаги в материале, отнесенное к массе материала в сухом состоянии, измеряемое в процентах.

Сравнительно простой метод определения влажности связан с высушиванием образцов материала и определением разности массы образца до и после сушки.

Для оперативного контроля влажности материала пользуются кондуктометрическим методом, основанным на зависимости электропроводности от содержания влаги в материале, и более точными емкостным и нейтронным методами. С помощью электронного емкостного влагомера измеряют диэлектрическую проницаемость — электрическую емкость датчика, заполняемого материалом. Нейтронный метод основан на эффекте замещения нейтронов атомами водорода, содержащимися в воде.

Высокой можно считать влажность более 20%, низкой — менее 5%.

Гигроскопичность — способность материала поглощать водяные пары из воздуха (при его повышенной влажности) и удерживать их вследствие капиллярной конденсации.

В зависимости от вида материала для определения гигроскопичности применяют образцы определенных размеров, которые помещают в эксикатор (сосуд с плотно притертой крышкой), где насыщенный раствор соли или вода создают определенную относительную влажность воздуха.

При прочих равных условиях гигроскопичность материала зависит от характеристик его структуры

и, прежде всего от количества и характера пор и капилляров. Материалы с одинаковой пористостью, но имеющие более мелкие поры и капилляры, обладают, как правило, более высокой гигроскопичностью, чем крупнопористые.

Водопоглощение — способность материала при непосредственном контакте с водой впитывать ее и удерживать.

При определении водопоглощения образцы материалов помещают в сосуд, куда постепенно наливают воду, как правило, через определенные промежутки времени, в зависимости от вида материала. Когда уровень воды будет выше верха образцов на 10–30 мм, их выдерживают в воде некоторое время и периодически взвешивают. Насыщение образцов водой прекращают через 1, 24, 48 или 56 ч, в зависимости от вида материала или после того, как прекратится прирост массы (при определении водопоглощения образцов тяжелого бетона, строительного раствора).

Водопоглощение (по массе) в % вычисляют с погрешностью 0,1%. В зависимости от вида исследуемого материала образцы высушивают до постоянной массы до погружения в воду или после водонасыщения.

$$V_m = [(m_1 - m) / m] \cdot 100,$$

где m — масса образца материала в воздушно-сухом состоянии, m_1 — в водонасыщенном состоянии.

Как и гигроскопичность, водопоглощение материала зависит главным образом от характеристик его структуры. Если материал способен впитать более 20% воды по массе — это высокий показатель рассматриваемого свойства, менее 5% — низкий.

Водопоглощение материала, как правило, меньше его пористости, так как поры бывают закрытыми или очень мелкими, и вода в них не проникает.

Примерное водопоглощение (по массе) древесины может достигать 150% и более, кирпича керамического — 12, бетона тяжелого и линолеума — 3, гранита — 0,5%. Материалы из стали и стекла воду не поглощают.

Водостойкость материала характеризуется коэффициентом размягчения K_p — отношением предела прочности при сжатии материала, насыщенного водой, к пределу прочности при сжатии материала в сухом состоянии.

Например, металлы и стекло сохраняют свою прочность при действии воды и их $K_p = 1$. Материалы с $K_p < 0,8$ не применяют в конструкциях, постоянно подверженных действию воды.

Водопроницаемость — способность материала пропускать воду под давлением. Величина водопроницаемости характеризуется количеством воды, прошедшей в течение 1 ч через 1 см² площади испытуемого материала при постоянном давлении.

При определении водонепроницаемости измеряется время, в течение которого образец не пропускает воду при постоянном давлении воды, или измеряется гидростатическое давление, которое выдерживает образец материала в течение определенного времени.

Степень водонепроницаемости материала связана с характером его строения. Материалы особо плотные, т. е. у которых средняя плотность равна истинной плотности (стекло или металлы), водонепроницаемы. Практически не пропускают воду под определенным давлением плотные материалы с замкнутыми мелкими порами.

Для специальных областей строительства (например, для строительства дренажных систем) может потребоваться материал, обладающий заданной степенью водонепроницаемости. В большинстве же случаев используют материалы, которые обеспечивают элементам конструкции водонепроницаемость. Особо важна водонепроницаемость для гидроизоляционных и кровельных материалов.

Вода обладает расклинивающим действием, она в 25 раз более теплопроводна, чем воздух, а при замерзании заметно увеличивается в объеме. Эти обстоятельства определяют большую значимость рассматриваемых свойств.

Увеличение влажности многих материалов сказывается отрицательно на их физико-механических характеристиках. Ряд мате-

риалов (древесина, бетон и др.) увеличивает свой объем при увлажнении, а при последующем высыхании дает усадку. Систематическое увлажнение и высыхание может вызвать знакопеременные напряжения в материале и со временем привести к потере его прочности и разрушению. Насыщение материала водой приводит к заметному ухудшению его теплофизических характеристик, что особо нежелательно для материала в ограждающих конструкциях и приводит к снижению прочности и долговечности.

Морозостойкость — способность насыщенного водой материала выдерживать попеременное замораживание и оттаивание без признаков разрушения и соответственно без значительных потерь массы и прочности.

При замерзании вода в порах увеличивается в объеме примерно на 9%, в результате возникает давление на стенки пор, которое может привести к разрушению материала. Понижению прочности материала способствует также перемещение (миграция) влаги по порам и капиллярам.

Стандартный метод испытания материала на морозостойкость заключается в многократном замораживании образцов, насыщенных водой, и последующем их оттаивании.

Замораживание образцов производят в лабораторных морозильных камерах при температуре $-15...-20^{\circ}\text{C}$ в течение 4–8 ч, в зависимости от вида материала и условий

его эксплуатации. Оттаивание происходит в ванне с водой при температуре $+15...+20$ °С в течение 4 ч и более.

Морозостойкими считают те материалы, которые после заданного числа циклов замораживания и оттаивания не имеют выкрошиваний, трещин, расслаивания и теряют не более допустимых значений прочности и массы по сравнению с аналогичными образцами, не подвергавшимися испытанию. Соответственно морозостойкость выражают количеством циклов замораживания и оттаивания, которые выдерживают образцы материала. Например, за марку бетона по морозостойкости принимается наибольшее число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое выдерживает образец определенных размеров без снижения прочности на сжатие более чем на 15% по сравнению с прочностью образцов в эквивалентном возрасте, не подвергавшихся испытанию.

Для ускорения испытаний на морозостойкость, более полного моделирования условий эксплуатации и оценки процессов, связанных с разрушением материала в ходе испытания, например во время его нахождения в морозильной камере, применяются оригинальные методы оценки морозостойкости. Некоторые из них связаны с интенсификацией напряжений, возникающих в материале при попеременном замораживании и оттаивании. Интенсификация напряже-

ний осуществляется путем: высокой степени насыщения образцов материала водой перед замораживанием за счет применения принудительного насыщения давлением или вакуумированием; использования сравнительно резких режимов охлаждения; уменьшения размеров образцов; замораживания образцов не в воздушной среде, а в различных жидкостях (воде, растворах солей, спирте, этиленгликоле и других антифризах).

Морозостойкость также оценивают по величине деформаций, возникающих в процессе испытания, на основе изучения пористой структуры образцов.

Материалы, выдерживающие 100 и более циклов замораживания-оттаивания, обладают высокой морозостойкостью, десятки циклов – удовлетворительной, менее 10 – низкой.

Сравнительно плотные материалы (без пор или с незначительной открытой пористостью), поглощающие мало воды, морозостойки. Материалы с высокой открытой пористостью обладают, как правило, удовлетворительной морозостойкостью, если вода заполняет не более 80% доступных пор.

Климатические условия большинства регионов России и большинства других стран таковы, что показатели морозостойкости в значительной мере определяют долговечность материала в ограждающих конструкциях. Например, в Москве температура воздуха периодически опускается ниже

и поднимается выше 0°C более 100 раз в год.

Свойства материалов при действии тепла, огня, звука. Способность материала передавать через свою толщину тепловой поток, возникающий при разности температур на поверхностях, ограничивающих материал, называется **теплопроводностью**. Это свойство оценивается количеством теплоты, прошедшей в течение 1 ч через испытуемый материал толщиной 1 м при разнице температур на его противоположных поверхностях в 1°C . Теплопроводность измеряется коэффициентом λ в $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Современные методы измерения теплопроводности основываются на измерении стационарного и нестационарного потоков теплоты. В первом случае измерения можно проводить в широком диапазоне температур — от 20°C до 700°C и получать сравнительно точные результаты. Однако измерения отличаются большой продолжительностью (несколько часов). При измерении нестационарного потока теплоты диапазон температур ограничен, но эксперимент проводится в течение нескольких минут (не более 1 ч).

Теплопроводность материала в конструкциях можно определять методом цилиндрического зонда, основанным на зависимости изменения температуры помещенного в материал нагреваемого зонда от теплопроводности окружающего материала.

С известной степенью приближения о теплопроводности камен-

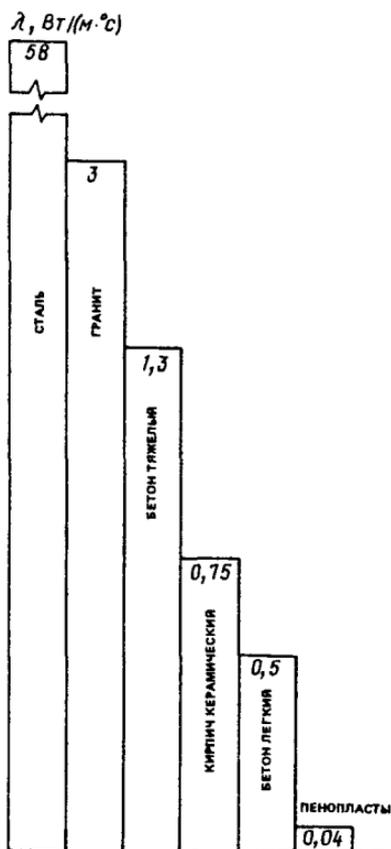


Рис. 8. Характерные значения теплопроводности ряда строительных материалов, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$

ных материалов можно судить по их плотности, используя формулу В. П. Некрасова,

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16,$$

где d — плотность материала по отношению к плотности воды.

Теплопроводность материала снижается при увеличении его пористости, особенно если она носит

закрытый характер. Теплопроводность воздуха $\sim 0,023$, значения этого показателя у высокопористых материалов могут приближаться к указанной величине (рис. 8).

Особенности строения материала также влияют на его теплопроводность. При волокнистой структуре материала теплопроводность зависит от направления теплового потока по отношению к волокнам. Например, у древесины теплопроводность поперек волокон почти в 2 раза ниже, чем вдоль.

Материалы с теплопроводностью менее 0,17 считаются теплоизоляционными. Применение современных теплоизоляционных материалов с теплопроводностью менее 0,05 позволяет получить значительный технико-экономический эффект за счет уменьшения толщины ограждающих конструкций или снижения энергетических затрат на отопление зданий.

Огнестойкость — способность материалов сохранять физико-механические свойства при воздействии огня и высоких температур, развивающихся в условиях пожара.

Огнестойкость материалов и изделий определяют по степени возгораемости с помощью методов огневой трубы и калориметрии.

Метод огневой трубы основывается на оценке возгораемости в течение определенного времени образца материала, расположенного вертикально в металлической трубе. При этом создаются весьма

жесткие условия испытания, так как в трубе обеспечивается конденсация теплоты около образца, а его вертикальное положение способствует наилучшим условиям горения. По более точному, но более трудоемкому методу калориметрии образец материала испытывают в герметически закрытой огневой камере, окруженной водяной рубашкой.

По степени горючести материалы делят на три группы: негоряемые, трудногоряемые и горяемые.

Несгораемые материалы при действии огня и соответственно высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются. К таким материалам относятся, например, природный камень, бетон, кирпич, металлы.

Трудногоряемые материалы под воздействием огня или высоких температур обугливаются, тлеют или с трудом воспламеняются, но после удаления источника огня их горение и тление прекращаются. Такие материалы состоят обычно из сгораемых и негоряемых веществ, например асфальтобетон, цементный фибролит.

Сгораемые материалы горят или тлеют под воздействием огня и продолжают гореть после его устранения. К сгораемым относятся материалы, состоящие из органических веществ, например древесины, большинство строительных пластмасс.

Принципиально, что при длительном воздействии огня может происходить химическое разложение определенных материалов, например мрамора, известняка, или их деформация из-за потери прочности, например стали. Поэтому по степени горючести нельзя судить об огнестойкости материала.

В современном мире ежегодно от пожаров гибнут сотни людей, значительны и материальные потери, поэтому повышению огнестойкости материалов следует уделять большое внимание.

Звукопоглощение – способность материалов поглощать звуковые волны.

Звукопоглощение материала характеризуется *коэффициентом звукопоглощения*, показывающим, какое количество звуковой энергии поглотил материал в единицу времени по сравнению с общим количеством падающей звуковой энергии.

Коэффициент звукопоглощения α определяется после испытания материала в реверберационной ка-

мере, где образец помещают на жесткой стенке (без воздушной прослойки). Под реверберацией понимают наличие в закрытом помещении постепенно затухающего звука вследствие повторных отражений после прекращения звучания. Величина коэффициента звукопоглощения некоторых материалов приведена в табл. 1.

Звукоизолирующая способность материала прямо пропорциональна логарифму его массы. Следовательно, с увеличением массы материала повышается его звукоизолирующая способность. Она возрастает, следуя логарифмической кривой, т. е. сначала довольно быстро, а затем весьма медленно. Понятно, что если, добываясь необходимой звукоизоляции, идти только по пути увеличения массы материала, то это сделает сооружения тяжелыми, громоздкими и дорогими.

Степень поглощения звука материалом зависит от его структуры, величины и характера пористости, толщины.

Таблица 1

Коэффициент звукопоглощения α некоторых строительных материалов

| Материал | α при частотах звука, Гц | | | | | |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| Минераловатные плиты | 0,03 | 0,17 | 0,68 | 0,98 | 0,86 | 0,45 |
| Плиты «Акмигран» | 0,04 | 0,8 | 0,59 | 1 | 0,98 | 0,81 |
| Поропласт полиуретановый (полужесткий) | 0,11 | 0,33 | 0,55 | 0,52 | 0,6 | 0,6 |

В полужестком и особенно упругом скелете материала звукопоглощение усиливается за счет деформаций самого скелета. Поэтому для звукопоглощающего материала относительно лучшей структурой является пористо-волоконистая, например на основе минеральных волокон.

С возрастанием количества пор преимущественно сообщающегося разветвленного характера и с увеличением шероховатости поверхности возрастает звукопоглощение материала. При наличии открытых сравнительно крупных пор материал поглощает больше звуковой энергии, чем мелкопористый с замкнутыми порами, но аналогичного состава.

Высоким считается коэффициент звукопоглощения более 0,8, низким — менее 0,2.

Человек внес в мир звуков не только речь и музыку. Промышленное производство, наземный и воздушный транспорт связаны со звуками, которые могут отрицательно сказываться на здоровье человека. Миллионы людей в современных городах периодически или постоянно испытывают беспокойство от упомянутых шумов. Учитывая сказанное, применение эффективных звукопоглощающих материалов имеет огромное значение.

Свойства материалов при действии агрессивных веществ. Коррозионная стойкость — способность

материалов сопротивляться действию агрессивных веществ. Последнее могут разрушать вещество материала и его структуру.

По механизму коррозионного процесса можно выделить следующие основные виды коррозии: *физическая*, приводящая к физическому разрушению материала без изменения его химического состава; *химическая*, определяющая необратимые изменения химического состава материала; *физико-химическая*, в результате которой происходят физическое разрушение материала и изменение его химического состава; *электрохимическая*, сопровождающаяся изменением химического состава материала в результате возникновения электрического тока на границе его фаз.

При оценке коррозионной стойкости материалов определяют разность масс образцов до и после воздействия агрессивной среды и соответствующее изменение прочностных и упругих характеристик. Следует учитывать, что в зависимости от характера образующихся при коррозии продуктов масса материала может уменьшаться или увеличиваться; например, при эксплуатации бетона в кислой или некоторых других средах может иметь место растворение некоторых его составляющих, а в условиях солевой агрессии в порах бетона может происходить кристаллизация солей, что приводит к уве-

личению его массы. Коэффициент коррозионной стойкости, например цемента, вычисляют как отношение среднего предела прочности при изгибе образцов цементного камня после 6 месяцев выдерживания их в агрессивном растворе к среднему пределу прочности образцов из того же цемента после 6 месяцев твердения в питьевой воде.

Скорость коррозии металлов оценивают по изменению массы с единицы поверхности к единице времени.

Для ускорения определения коррозионной стойкости материалов используют, в частности, следующие методы.

При определении глубины диффузии агрессивных веществ в материал применяют радиоактивные изотопы или люминесцирующие индикаторы.

Акустическим способом фиксируют образование микроразрушений в материале в процессе испытания. Задавшись допустимым числом микроразрушений (импульсов) в течение определенного срока испытания, можно определять и прогнозировать коррозионную стойкость материала. Учитывая, что большинство материалов в процессе эксплуатации находится под воздействием определенных нагрузок, образцы могут испытываться в напряженном состоянии (под нагрузкой).

Степень разрушения материала определяют при водонасыщении

под вакуумом. О ходе разрушения структуры материала судят на основании измерения объема воды, поглощаемой материалом. По разности массы сухих и насыщенных образцов материала рассчитывается прирост внутренних пор, доступных воздействию агрессивной среды. Эту величину и принимают за критерий коррозиестойкости материала.

Фотометрический метод основан на определении степени разрушения поверхностных слоев образцов материалов. Для соответствующих испытаний одну или несколько граней образца материала доводят до заданного блеска (например, при формовании образцов бетона используют полированное стекло, сталь или полимерные пластинки с малой адгезией к бетону), величину которого измеряют с помощью блескомеров. В ходе испытания замеряют потерю блеска и по ее величине оценивают коррозию.

Коррозионная стойкость является сложной функцией многих факторов: вида материала и его составляющих, агрессивных веществ и их концентрации, характера нагрузки на материал, температуры. У разных материалов различен механизм разрушения, и явления, происходящие при коррозии материалов, не представляется возможным описать каким-то одним кинетическим уравнением. В каждом конкретном случае процесс

взаимодействия материала с агрессивными веществами выражается определенной зависимостью. Например, процессы выщелачивания цементного камня в бетоне могут быть описаны с помощью обычных уравнений кинетики гетерогенных реакций.

Материалы из органического сырья, например древесины или пластмассы, при обычной температуре относительно стойки к действию слабых (до 5% концентрации) кислотных и щелочных реагентов, но имеют ограниченную биостойкость.

Коррозионная стойкость материалов из неорганического сырья зависит от его состава. Если в материале преобладает двуоксид кремния (кремнезем), то он обычно сравнительно стоек к слабым кислотам, но взаимодействует с основными оксидами, например с оксидом кальция. В случае преобладания в составе материала основных оксидов он обычно разрушается при взаимодействии с кислотами, но более стоек к действию слабых щелочей.

Агрессивность современной среды высока — в атмосфере любого крупного города находится большое количество разнообразных агрессивных веществ, часто комплексно действующих на материалы в конструкциях и вызывающих их преждевременное разрушение. Наряду с действием замораживания-оттаивания, коррозия материа-

лов — важнейший фактор, влияющий на срок их службы в ограждающих конструкциях. Коррозия материала считается высокой, если его долговечность соответствует планируемой долговечности здания, сооружения.

Свойства материалов при действии статических и динамических сил. **Прочность** — способность материалов сопротивляться разрушению или необратимому изменению формы под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами.

Прочность материалов оценивают *пределом прочности* — напряжением, соответствующим нагрузке, при которой фиксируется начало разрушения. Наиболее распространенные нагрузки — сжатие, растяжение, изгиб и удар.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ или растяжении R_p (МПа) определяют по формуле

$$R = P/A,$$

где P — нагрузка, вызывающая начало разрушения, Н; A — площадь поперечного сечения образца до испытания, м².

Предел прочности при изгибе $R_{и}$ (МПа) условно определяют по формуле сопротивления материалов, используемых для определения напряжения при изгибе:

$$R_{и} = M/W,$$

где M — изгибающий момент; W — момент сопротивления.

При испытании балки прямоугольного сечения, в случае если нагрузка сосредоточена в центре,

$$R_{н} = 3Pl_0 / 2bh^2,$$

где P — нагрузка, вызывающая начало разрушения, Н; l_0 — расстояние (пролет) между нижними опорами, м; b и h — соответственно ширина и высота поперечного сечения образца до испытания, м.

При двух равных грузах, расположенных симметрично оси балки,

$$R_{н} = P(l_0 - a) / bh^2,$$

где a — расстояние между грузами, м.

Прочность материала при ударе часто оценивается по суммарной работе нескольких сбрасываний груза на образец материала (на специальном приборе — копре), затраченной на его разрушение (до появления первой трещины) и отнесенной к единице объема материала.

Среди методов определения прочностных характеристик выделяются разрушающие и неразрушающие (рис. 9).

При разрушающих методах испытания нагрузку, вызывающую начало разрушения образца материала, определяют на гидравлических прессах, разрывных машинах и другом специальном оборудовании различного типа. Это оборудование должно обеспечивать возможность регулирования скорости приложения нагрузки к образцу, погрешность при измерении усилия должна быть не более $\pm 1\%$.

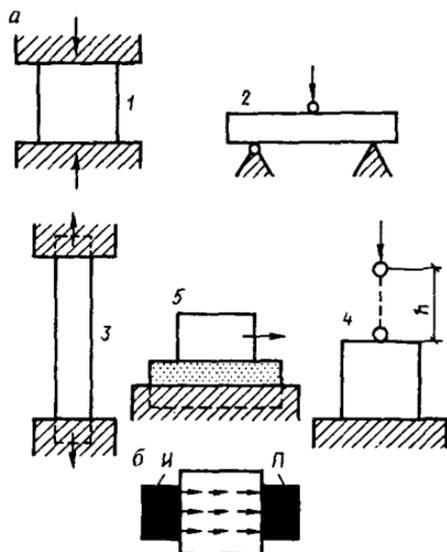


Рис. 9. Элементарные принципиальные схемы разрушающих (а) и неразрушающих (б) испытаний строительных материалов

1, 2, 3 — определение предела прочности соответственно при сжатии, изгибе, растяжении; 4, 5 — определение соответственно ударной прочности и истираемости; И — источник ультразвуковых колебаний, П — приемник, регистрирующий показания прибора

Нагрузка на образец по заданной программе может производиться автоматически.

В зависимости от характера нагрузки (сжатие, изгиб, растяжение и др.) и вида материала, в соответствии с требованиями государственных стандартов испытывают образцы определенных формы и размера, проводят необходимую подготовку образцов к испытанию, создают определенные условия

проведения испытания (установку образца, схему и интенсивность нагружения, способ фиксации и обработки результатов измерения и др.).

Разрушающие методы измерения прочности нередко характеризуются большой трудоемкостью и значительным разбросом показателей даже для образцов-близнецов. Данные таких испытаний пригодны только для выборочного контроля материалов, которые доводятся до разрушения и неприменимы для оценки прочности материала в сооружениях на разных стадиях их эксплуатации. Поэтому для контроля и определения прочности все шире внедряются неразрушающие методы.

Некоторые неразрушающие методы связаны с оценкой пластических деформаций в испытуемом материале (главным образом в бетоне) после ударных воздействий или вдавливания штампов. После соответствующей динамической или статической нагрузки измеряют величину отпечатка (как правило, диаметр) на поверхности материала. При испытании используют ударные молотки с эталонным стержнем (отпечаток на поверхности материала сравнивают с отпечатком на эталонном стержне), ударные молотки или маятниковые приборы с заданной массой и определенной энергией удара (измеряют отпечаток на поверхности материала), штампы (инденторы) различной формы (чаще сферической).

При использовании склерометров — молотков со специальными бойками определенной массы и известной ударной энергией — о прочности материала (главным образом бетона) судят по величине упругого отскока бойка после удара. В данном случае подчеркивается связь упругих свойств материала с его прочностью.

Более реальные характеристики прочности материала получают при использовании ультразвуковых и радиометрических методов.

Ультразвуковой импульсный метод основан на определении скорости распространения ультразвукового импульса и интенсивности его затухания. С помощью данного метода оценивают не только прочность материала, но и его однородность по прочности в изделиях и конструкциях, характер изменения прочности во времени и при воздействии на материал теплоты, влаги и агрессивных веществ.

Ударный метод основан на определении скорости распространения волн от механического удара на участке известной длины, называемой базой измерения. Время распространения волны измеряется специальными электронными устройствами — микросекундомерами. По физической сущности этот метод аналогичен предыдущему.

В основе радиометрического метода лежат законы радиоактивного распада некоторых химических элементов, возникновения излучений

и ослабления их при прохождении через толщу материала. Наиболее широко в строительной практике применяется гамма-излучение, представляющее собой электромагнитные колебания с известной скоростью распространения.

Прочность материала определяется главным образом его структурой. Некоторые природные и искусственные каменные материалы, например гранит и бетон, сравнительно хорошо сопротивляются сжатию, но много хуже (в 5–50 раз) — растяжению, изгибу, удару. Материалы из древесины и металла хорошо сопротивляются сжатию, изгибу и растяжению. Вместе с тем структура древесины определяет ее анизотропность, в результате значения предела прочности материала из древесины при действии нагрузки вдоль или поперек волокон весьма существенно отличаются.

Высокой считается прочность, если значения предела прочности достигают 100 МПа и более, удовлетворительной — если предел прочности составляет десятки МПа, низкой — менее 10 МПа.

Значения предела прочности при сжатии стали может быть 400 МПа и более, тяжелого бетона — 40, кирпича керамического — 15. Предел прочности при изгибе стали аналогичен пределу прочности при сжатии, но у бетона он в 10 раз меньше, у кирпича ~ 2 МПа.

Понятно, что любой материал должен обладать определенной

прочностью структуры, иначе его невозможно транспортировать, применять, эксплуатировать. Более высокая прочность часто позволяет снижать расход материала и получать технико-экономический эффект.

Твердость — способность материала сопротивляться внутренним напряжениям, возникающим при местном внедрении другого, более твердого тела.

В зависимости от вида материала применяют различные методы оценки твердости. Для металлов, некоторых материалов на основе полимеров, бетона, древесины и других определение твердости основано на вдавливании в образец малодеформирующихся тел в виде шарика, конуса или пирамиды. В этом случае единицы измерения рассматриваемого показателя — МПа.

При определении твердости природных каменных материалов поверхность испытываемого камня последовательно царапают минералами, входящими в шкалу твердости Мооса (рис. 10), начиная с самого мягкого — талька, до тех пор, пока один из них не оставит царапину. Показатель твердости испытываемого образца материала будет находиться между аналогичными показателями минералов, один из которых чертит образец, а другой сам чертится образцом материала.

Твердость материала в большей мере зависит от его плотности. Но это свойство не всегда находится

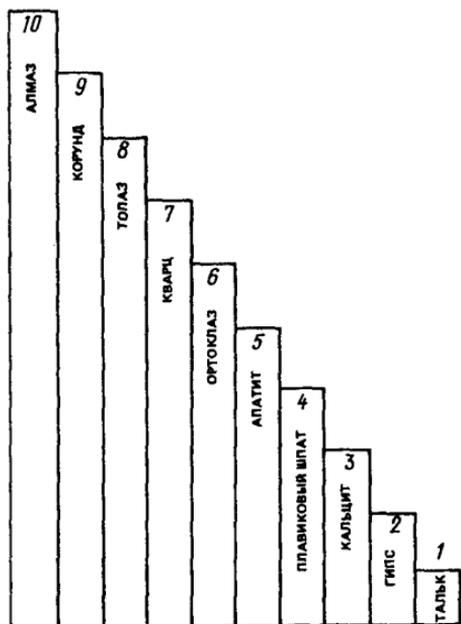


Рис. 10. Шкала твердости Мооса

в прямой зависимости от прочности, материалы с различными значениями предела прочности (например, сталь различной прочности) могут иметь одинаковую твердость.

Определенными показателями твердости должны обладать материалы, которые часто подвергаются действию значительных сосредоточенных нагрузок (например, материалы для полов).

Истираемость — способность материала уменьшаться в объеме и массе вследствие разрушения поверхностного слоя под действием истирающих усилий. Ее оценивают по потере массы после истирания, отнесенной к единице площади истирания, — г/см².

Испытания материалов на истирание проводят, например, с помощью специальных машин — кругов истирания. При этом для сравнительно мягких материалов абразивом может служить чистый песок, для твердых — наждак. Число оборотов круга назначают таким образом, чтобы путь истирания имел определенную длину.

Если при истирании теряется менее 0,5 г/см², истираемость считают низкой, более 5 г/см² — высокой.

Истираемость, как и твердость, в большой мере зависит от плотности материала. Истираемость имеет большое значение прежде всего для материалов, которые используют для покрытия полов, особенно в общественных и промышленных сооружениях, устройства дорог. Весьма стойки к истиранию, например, некоторые природные камни — кварциты, базальты, диабазы, диориты, граниты, сравнительно менее стойки мраморы.

К *деформативным свойствам* материалов относятся прежде всего упругость, пластичность, хрупкость.

Упругость — способность материала деформироваться под влиянием нагрузки и самопроизвольно восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешней среды. Упругая деформация полностью исчезает после прекращения действия нагрузки, поэтому ее принято называть обратимой.

Модуль упругости E (модуль Юнга) связывает упругую дефор-

мацию ε и одноосное напряжение σ соотношением, выражающим закон Гука: $\varepsilon = \sigma / E$.

Пластичность – способность материала изменять форму, размеры под действием внешних сил, не разрушаясь. После прекращения действия силы материал не может самопроизвольно восстановить форму и размеры. Остаточная деформация называется *пластической*.

Хрупкость – способность твердого материала разрушаться при механических воздействиях без сколько-нибудь значительной пластической деформации.

Для измерения различного рода деформаций используют оптические длинномеры, индикаторы, тензометры, дилатометры.

Оптические длинномеры могут быть вертикального или горизонтального типа (в зависимости от расположения специально подготовленных образцов). Ими можно измерять образцы длиной 120–250 мм с точностью до четвертого знака после запятой.

С помощью стрелочных индикаторов определяют усадку или набухание образцов любого размера в зависимости от габаритов прибора. Измерения могут проводиться с точностью до сотых и тысячных долей миллиметра.

Наличие термостатов в дилатометрах позволяет измерять деформации образцов материалов в широких диапазонах температуры (от -100°C до $+1100^\circ\text{C}$) и влажности. Современные дилатометры харак-

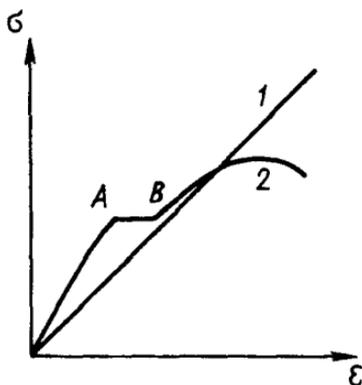


Рис. 11. Зависимость деформации ε от напряжения σ
1 – стекло; 2 – сталь

теризуются высокой чувствительностью.

Тензометры состоят из трех основных частей (устройств): воспринимающих деформации, передающих и увеличивающих эффект деформаций, для отсчета или регистрации показаний. В измерительной практике применяется множество различных конструкций механических, рычажных, рычажно-винтовых, рычажно-зеркальных и других тензометров. Тензометры с фотоупругими датчиками обеспечивают измерения с точностью до $4 \cdot 10^{-5}$ мм.

По характеру деформаций, зависящих от состава и строения, материалы можно условно разделить на *пластичные* и *хрупкие* (рис. 11). К пластичным относятся, например, металлические материалы (кроме чугунов). Способность материала пластически деформироваться

используют при его обработке. Хрупкие материалы – природный камень, бетон, стекло оконное – плохо сопротивляются растяжению, изгибу, удару.

При превышении заданных нагрузок каждый материал выходит из стадии упругой деформации. Проектируя конструкцию, необходимо назначать такие размеры и предусматривать применение таких материалов, которые работали бы только в пределах упругих деформаций.

Перечисленный ряд эксплуатационно-технических свойств характеризует материалы в жестко-вязком (твердом) состоянии. Однако некоторые материалы, прежде всего лакокрасочные, применяются в жидкотекучем состоянии. Бетонные, растворные смеси используют в пластично-вязком состоянии – промежуточном между собственно жидким и твердым. От такой смеси можно отделить часть (лопатой, кельмой), но вместе с тем она принимает форму соответствующей емкости. Некоторые свойства таких материалов рассмотрены в разделе 2.

2.2. Эстетические характеристики материалов

К рассматриваемым характеристикам относятся форма, цвет, фактура, рисунок (природный – текстура).

Форма материалов, лицевая поверхность (или поверхности) кото-

рых воспринимается визуально в процессе эксплуатации, непосредственно влияет на своеобразие фасада или интерьера здания. В современной архитектуре форма облицовочных материалов, как правило, лаконична – квадрат, прямоугольник.

Цвет материалов – зрительное ощущение, возникающее в результате воздействия на сетчатку глаза человека электромагнитных колебаний, отраженных от лицевой поверхности в результате действия света.

Все цвета материалов можно разделить на две группы – *ахроматические* (белые, черные и серые всех оттенков) и *хроматические* (красные, оранжевые, желтые, зеленые, голубые, синие, фиолетовые со всеми промежуточными оттенками). Человеческий глаз способен различать до трехсот оттенков ахроматических и десятки тысяч хроматических цветов.

Объективная оценка цвета базируется на установленном положении о том, что любой цвет можно получить при смешении трех определенных монохроматических колебаний. Таким образом, при количественной оценке цвета его выражают в выбранной системе измерения обычно через красный, зеленый и синий цвета, взятые в соответствующих пропорциях.

В качестве стандартной, утвержденной Международной осветительной комиссией (МОК), принята система координат, основными

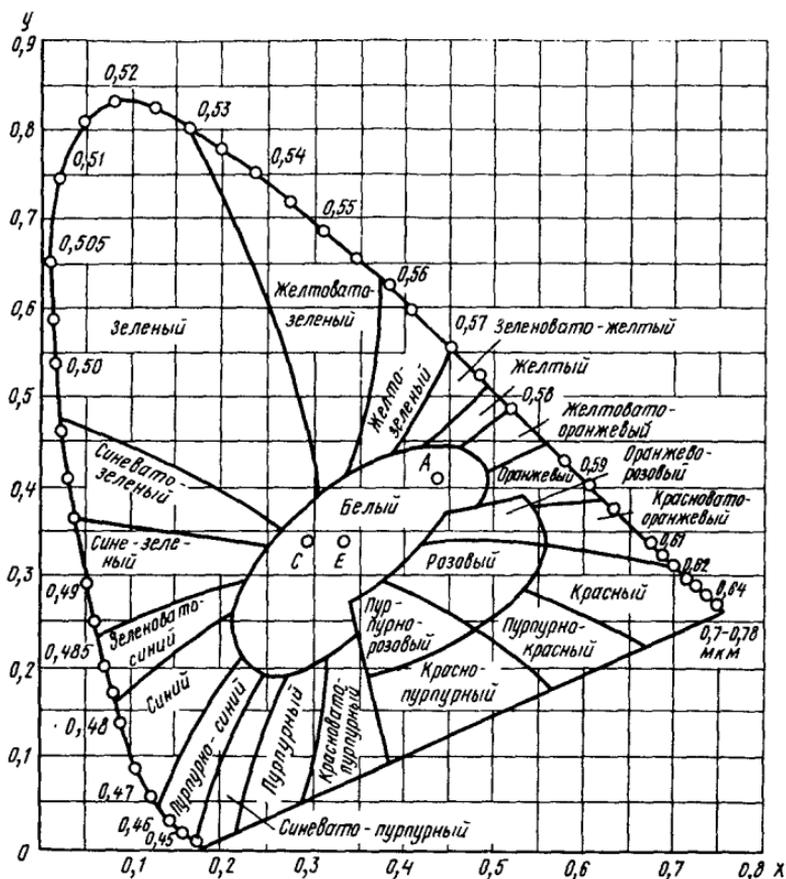


Рис. 12. Области различных цветов на цветовом графике МОК
 X , Y — координаты цветности; A , E , C — нормированные источники света

цветами которой служат три реально невозпроизводимых цвета, обозначаемые через X , Y , Z и выбранные так, чтобы реальные цвета находились внутри соответствующего цветового треугольника. Цвет, определяемый тремя координатами X , Y и Z , воспринимается как единое целое. Наряду с упомянутыми координатами определяют координаты цветности, представляющие отношение каждой из

координат цвета к их сумме. В результате характеристика цвета может быть представлена графически — на соответствующем графике положение любого цвета определяют координаты цветности. На рис. 12 показаны области различных цветов внутри замкнутой линии цветового графика МОК.

Координаты цвета получают расчетным путем, используя данные замеров с помощью специальных

приборов: спектрофотометров, компараторов, колориметров.

Спектрофотометры позволяют измерить спектральные коэффициенты отражения образца материала в видимой области спектра (400–750 нм) относительно стандартного образца белой поверхности и определить координаты цвета расчетным путем (при одном из стандартных источников света).

С помощью компараторов измеряют отношения координат цвета испытуемого образца цвета материала и образца с известными значениями упомянутых координат при стандартном источнике света. Координаты испытуемого образца цвета материала определяют затем расчетным путем. При этом отношения координат цвета сравниваемых образцов не должны превышать пределов измерений шкалы прибора.

Непосредственно измерять координаты цвета и цветности образцов материалов можно с помощью трехцветных колориметров или спектроколориметров. Указанные приборы обеспечивают измерения в автоматизированной форме.

Основные характеристики цвета — цветовая тональность, светлота и насыщенность.

Цветовая тональность показывает, к какому участку видимого спектра относится цвет материала. Количественно цветовые тона измеряются длинами волн.

Светлота характеризуется относительной яркостью поверхно-

сти материала, определяемой коэффициентом отражения, который представляет соответственно отношение отраженного светового потока к падающему.

Насыщенность цвета — степень отличия хроматического цвета от ахроматического той же светлоты.

Зрительный орган человека обладает высокой чувствительностью при определении различия по основным характеристикам цвета — цветовой тональности, светлоте, насыщенности. Поэтому рационально применять и визуальные методы определения цвета, т. е. его качественную оценку. При этом учитывается комплекс факторов: характер источника света (его спектральный состав), цвет и яркость фона, размеры образцов и расстояние между ними. Большое значение имеет также характер освещения образцов цвета материалов.

Применяя визуальные методы оценки цвета, используют атласы цвета, картотеку цветовых эталонов, образцы материалов-эталонов.

Цветовые атласы — альбомы или наборы большого числа ахроматических и хроматических красок, предварительно систематизированных.

Картотека цветовых эталонов — комплект карточек различных цветов, каждому из которых присвоен определенный номер. При этом каждая карточка имеет два гнезда, в которые вставляются глянцевая и матовая накраски одного цвета на триацетатной пленке размером

115×6 мм. Размер каждой карточки 130×180 мм. Цветовые характеристики карточек в каждой партии перед выпуском измеряются с помощью фотоэлектрического колориметра. Существуют определенные правила хранения карточек и пользования ими. Максимальный срок их эксплуатации 5 лет.

При оценке цвета по образцам-эталонам часто используют металлические пластины размером 90×120 или 30×100 мм с эталонной краской. Обычно цвет эталона утверждается в пределах «вилки» двух близких оттенков. Применяют также основной эталон и два допуска — более светлый и более темный. При старении цветковых покрытий образец-эталон подлежит замене.

Регулирование цвета материалов, как правило, осуществляется при использовании пигментов — цветных тонкоизмельченных неорганических и органических веществ. Пигменты используют для придания цвета краскам или в качестве компонента других материалов с искусственной структурой.

В современной лаконичной архитектуре цвет материалов, лицевая поверхность которых воспринимается визуально при эксплуатации, часто играет определяющую роль во внешнем облике зданий, сооружений и их интерьеров. Не случайны такие характеристики цвета при его восприятии, как тяжелый, легкий, возбуждающий, угнетающий, теплый, холодный. При проектировании наруж-

ной и внутренней цветовой отделки учитывается комплекс факторов. Например, при одинаковых условиях освещения интерьера пространство воспринимается большим при использовании для отделки основных поверхностей светлых материалов (в особенности холодных тонов); уменьшению воспринимаемой длины помещения способствует применение для отделки удаленных торцевых стен насыщенных теплых цветов, увеличению — холодных. На выразительность и своеобразие отделки влияют определенные цветовые сочетания, доминирующий (по площади или цветовому тону) цвет.

Фактура — видимое строение лицевой поверхности материала, характеризующее степень рельефа и блеска.

По степени рельефа выделяют *гладкие*, *шероховатые* (высота рельефа до 0,5 см) и *рельефные* (высота рельефа более 0,5 см) фактуры.

По степени блеска различают *блестящие* и *матовые* фактуры.

Как и цвет, фактуру определяют инструментальными или визуальными методами. Первый, представляющий количественную оценку, предполагает использование измерительных инструментов и приборов: металлических линеек, рулеток, угломеров, поверочных угольников, наборов шупов, индикаторных толщиномеров, микрометров, блескомеров. Принцип действия фотоэлектрического блескомера основан на измерении фототока, возникающего

под действием света, падающего на поверхность материала под углом 45° и отраженного от нее.

Визуальная или качественная оценка фактуры связана прежде всего с расстоянием, с которого она рассматривается. Максимальное расстояние, с которого различимы элементы фактуры, связано с их размерами и расстоянием между ними. Если материал с многоцветной лицевой поверхностью, то важна и степень цветового контраста (малая, средняя, большая) между элементами фактуры.

При выборе фактуры учитывается комплекс факторов, в том числе цвет материала. Фактура более отчетливо воспринимается на светлой поверхности.

При рельефной бугристой фактуре объем помещения воспринимается меньшим, чем при фактуре гладкой, горизонтальные рельефы способствуют зрительному сохранению высоты и удлинению помещения.

Современные архитекторы, дизайнеры предпочитают, как правило, матовые фактуры, считая, что блестящая фактура может искажать восприятие интерьера.

Рисунок – различные по форме, размерам, расположению, сочетанию, цвету линии, полосы, пятна и другие элементы на лицевой поверхности материала. Если упомянутые элементы создала природа, рисунок называют **текстурой** (например, текстура древесины, природного камня).

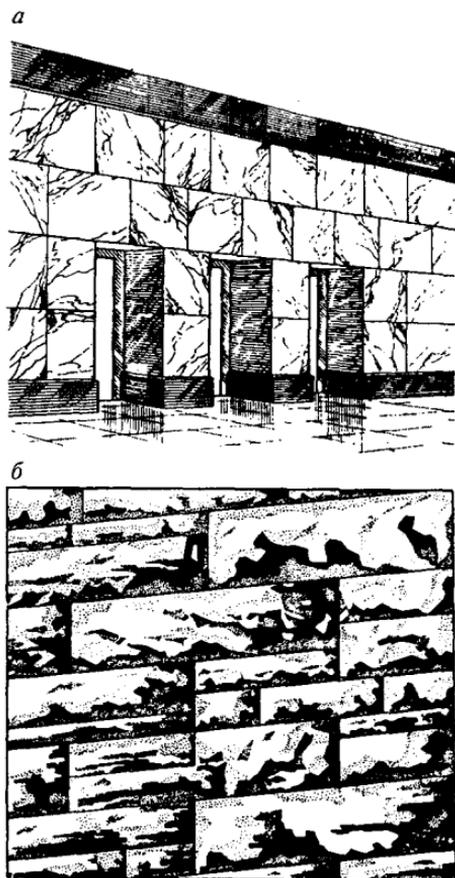


Рис. 13. Фрагменты облицовки стены плитами из природного камня с гладкой фактурой и явно выраженной текстурой (а) и с рельефной фактурой (б)

Известны рисунки, вызывающие функциональные аналоги (например, растительный орнамент), геометрические, слабо или явно (ярко) выраженные, крупно- или мелкомасштабные. Рисунок (текстура), как и другие эстетические характеристики, влияет на своеобразие наружной и внутренней отделки зданий и сооружений.

На рис. 13 даны примеры облицовки стен плитами из природного камня с гладкой фактурой и явно выраженной текстурой и фактурой рельефной.

Важно представлять, что все эстетические характеристики воспринимаются вместе и, например, определенные виды фактуры могут заметно менять цветовые параметры – насыщенность, светлоту.

2.3. Стандартизация и классификация материалов

Стандартизацией называется процесс установления и применения стандартов – комплекса нормативно-технических требований, норм и правил на продукцию массового применения, утвержденных в качестве обязательных для предприятий и организаций-изготовителей и потребителей указанной продукции.

В зависимости от среды действия и уровня утверждения стандарты в Российской Федерации подразделяют на различные категории.

В государственных стандартах (ГОСТах) приведены требования к свойствам материалов, методам их испытаний, правилам приемки, транспортирования и хранения. ГОСТы обязательны для применения на всей территории России, имеют соответствующие номера с указанием года утверждения (две цифры после тире), например ГОСТ 862.1–85 «Штучный паркет».

Технические условия (ТУ) или временные технические условия (ВТУ) содержат комплекс требований к показателям качества, методам испытаний, правилам приемки к определенным видам материалов, которые не стандартизированы или ограниченно применяются. ТУ действуют в пределах ведомства, министерства.

Кроме стандартов, в строительстве и производстве материалов действует система нормативных документов – строительные нормы и правила (СНиП) – свод нормативных документов по проектированию, строительству и материалам, обязательных для всех организаций и предприятий. Требования, нормы и правила, содержащиеся в СНиПах, основаны на передовом опыте и в основном соответствуют современному уровню архитектурно-строительной науки и техники.

Сопоставление СНиП и системы государственных стандартов показывает, что оба комплекса нормативных документов имеют ряд общих положений и различий. Например, ГОСТы разрабатываются преимущественно на материалы и изделия массового изготовления, СНиПы устанавливают требования ко всей строительной продукции. В СНиПах отсутствуют методы определения показателей свойств материалов, для этого имеются соответствующие ссылки на действующие стандарты. В СНиПах содержатся почти все нормы строительного проектирования, между тем

как стандартов на такие нормы нет. В результате оба комплекса нормативных документов по строительству — СНиП и ГОСТ — взаимно дополняют друг друга.

С 1 июля 2003 г. в России вступил в действие закон о техническом регулировании. Согласно этому закону ГОСТы могут упраздняться, а государство будет обеспечивать лишь безопасность продукции для потребления и среды посредством принятия системы технических регламентов. Стандарты качества будут предлагать сами предприятия.

К методам стандартизации относятся *унификация* и *типизация* материалов.

Под *унификацией* следует понимать приведение различных видов материалов к технически и экономически рациональному минимуму типоразмеров, марок, форм, свойств и т. п. При этом, как правило, объединяются технические требования к нескольким материалам одинакового функционального назначения таким образом, чтобы была возможна замена одного материала другим без ухудшения качества строительного объекта. Например, в гражданском и промышленном строительстве России большая часть сборного железобетона приходится на унифицированные изделия. При разработке учитывалось, что их выпуск должен осуществляться в заводских условиях по рациональной технологии и обеспечивать опре-

деленные массу изделий, их размеры, форму, сечение и т. д. Унификация типоразмеров ряда отделочных материалов для облицовки позволяет производить замену одного материала другим без изменения проектной документации.

Типизация предполагает разработку типовых материалов или конструкций на основе общих технических характеристик. С развитием индустриального строительства, когда основная часть материалов производится в заводских условиях, требования к их типизации весьма актуальны. Эти требования определяют выпуск материалов, размеры которых связываются с *модулем* — условной единицей измерения. Модуль применяется для координации размеров не только материалов, но и частей зданий, элементов оборудования. Единая модульная система в нашей стране была создана на базе основного модуля 100 мм. Установлен ряд произвольных укрупненных (3М, 6М, 12М, 15М, 30М, 60М) и дробных ($1/2$ М, $1/5$ М, $1/10$ М, $1/20$ М, $1/50$ М, $1/100$ М) модулей. Укрупненные и дробные модули ($1/2$ М и $1/5$ М) определяют в основном размеры элементов и материалов для несущих и ограждающих конструкций, а более мелкие дробные модули — толщину плитных и листовых материалов.

В процессе проектирования следует иметь в виду, что конструктивные размеры материалов должны приниматься с учетом величин

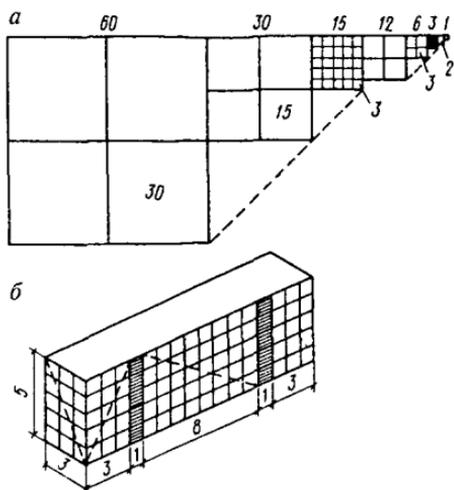


Рис. 14. Укрупненные модули и их пропорциональная взаимосвязь (а), структурный модуль крупнопанельного строительства (б)

швов и зазоров при их монтаже, а также различных видов примыкания и опирания, определяющих отклонения от осевых размеров в ту или другую сторону. Например, обычный керамический кирпич — один из основных стеновых материалов — имеет характерный размер $250 \times 120 \times 65$ мм, но с учетом швов толщиной 10 мм получается номинальный размер $260 \times 130 \times 75$ мм.

Типизация и унификация при массовом индустриальном строительстве регламентируют строительные параметры зданий, в том числе высотных. При согласовании архитектурной формы с размерами типовых строительных материалов и инженерного оборудования архитектор пользуется пространственной сеткой с модульны-

ми ячейками (рис. 14). Кратность основных членений обуславливает использование целночисленных отношений, что обогащает пропорциональный строй.

Важно понимать, что стандартизация непосредственно связана с процессом управления качеством материалов, а ее методы (унификация, типизация) не являются тормозом на творческом пути современного зодчего. Например, чем более жестки требования стандарта к количеству возможных дефектов внешнего вида отделочного материала, тем выше его качество. Большое значение унификации и типизации придавали зодчие еще в глубокой древности, создавая теоретические принципы античной модульной системы для каменных стоечно-балочных конструкций. Бесконечное разнообразие древнегреческого орнамента основано на использовании ограниченного количества типовых стандартных элементов. Неповторимые композиции и бесконечно многообразные формы храма Василия Блаженного в Москве связаны с применением только восемнадцати типоразмеров керамического кирпича (рис. 15). И в современном строительстве на разнообразные решения архитектурной формы не должно влиять ограниченное число типоразмеров применяемых материалов. Их унификация и типизация позволяют архитектору создавать разнообразные и оригинальные проекты отдельных зданий

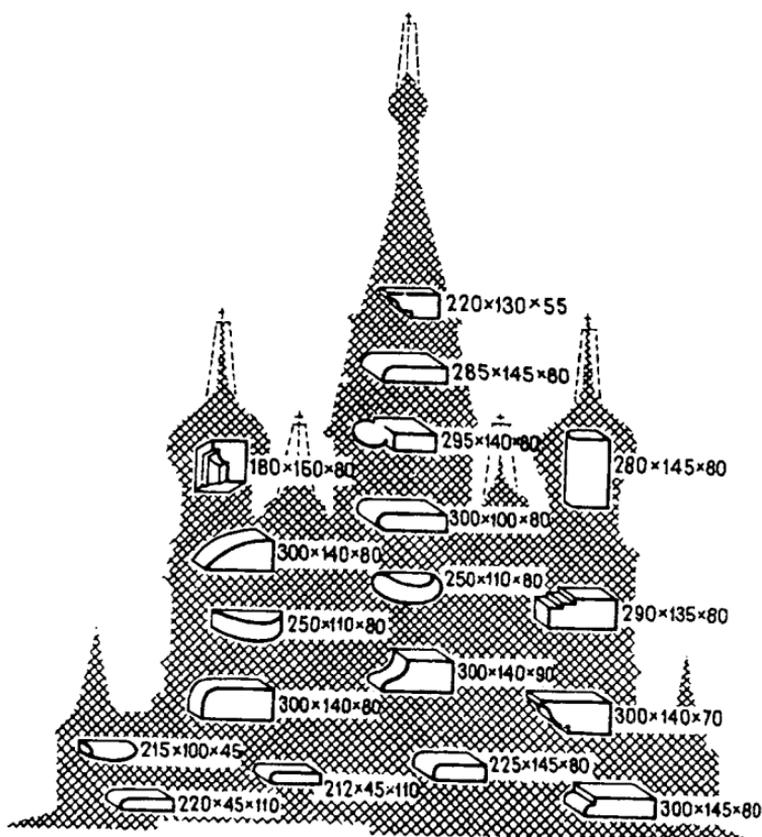


Рис. 15. Формы керамических кирпичей, использованных при строительстве храма Василия Блаженного в Москве

и целых ансамблей в условиях массового индустриального строительства.

Материальная палитра современных архитекторов, дизайнеров, реставраторов насчитывает сотни различных материалов и с каждым годом пополняется новыми. Для удобства изучения и применения материалы целесообразно разделить на определенные группы по единому классификационному признаку. Например, не рациональна клас-

сификация, в которой выделяются группа материалов на основе искусственных полимеров и группа теплоизоляционных материалов, так как номенклатура последних включает и материалы на основе искусственных полимеров.

Если считать единым классификационным признаком *основное сырье* для получения или производства материалов, можно выделить следующие основные группы: древесные, из природного

камня, керамические (на основе глины), из стеклянных и других минеральных (неметаллических) расплавов, из металлов и их сплавов, на основе минеральных вяжущих (например, на основе строительного гипса, цементов), на основе искусственных полимеров. Эти группы материалов применялись и применяются в архитектуре, дизайне, реставрации, а такая классификация, как правило, используется при изучении материаловедения.

Еще одна группа материалов — на основе промышленных или бытовых отходов — имеет четко выраженную специфику и требует отдельного специального рассмотрения.

При применении строительные материалы разделяют на группы в зависимости от назначения: конструкционные, конструкционно-отделочные и отделочные.

Конструкционные материалы обеспечивают защиту от различных физических воздействий (климатических факторов, шума и др.), а также прочность и долговечность зданий, сооружений. Эти материалы скрыты в «теле» конструкции, например кирпич керамический обыкновенный, теплоизоляционные материалы.

Конструкционно-отделочные материалы также обеспечивают определенные защиту, прочность, но одна или несколько их поверхностей, которые называют лицевыми, воспринимаются визуально в процессе эксплуатации, например кирпич керамический лицевой, линолеум.

Отделочные материалы, как и материалы предыдущей группы, влияют на восприятие среды жизнедеятельности человека. Функция защиты им также присуща (даже обои защищают другие материалы в конструкции), но их основная функция — визуальное восприятие (одной или нескольких лицевых поверхностей) и непосредственное влияние на эстетический облик фасада, интерьера здания, сооружения. К таким материалам относятся, например, плитки керамические для фасада или внутренней облицовки стен, те же обои и др.

В стандартах на конструкционно-отделочные и отделочные материалы, как правило, указывается, что их эстетические характеристики должны соответствовать контрольным образцам («эталонам»), согласованным с потребителем.

Раздел 2

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Глава 3. ДРЕВЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Определение и краткие исторические сведения

Древесные материалы получают путем обработки древесины различных пород деревьев, а также на основе отходов упомянутой обработки. Еще в первобытном обществе древесина после примитивной обработки играла в строительстве огромную роль. Постройки в эпоху неолита характеризовались четко выраженной геометричностью плана. В V в. до н. э. в Центральной и Восточной Европе возводились города из древесных материалов с крепостными стенами и храмами. Фахверковое строительство широко распространилось в Центральной Европе уже в I в. н. э. Весьма рациональные конструкции из древесных материалов, в том числе перекрытия общественных зданий, многопролетные арочные и балочные мосты, были построены в Древнем Риме. Древнее деревянное каркасное строительство характерно для стран Северной Европы. В Норвегии до нашего времени сохранились де-

ревянные церкви XII–XIII вв., как, например, Андреевская церковь в Боргунне.

Наиболее интересна история применения древесных материалов с точки зрения развития строительной техники. История освоения древесины лучше и нагляднее, чем история применения других материалов, позволяет проследить диалектический закон развития техники по спирали, в которой каждый виток открывает в материале новые возможности.

Использование древесины как строительного материала стало возможным с изобретением каменного рубила, а затем и каменного топора с рукояткой, который позволил рубить не только жерди, но и толстые бревна. Однако расцвет бревенчатой архитектуры начался после создания металлического топора и изобретения врубки — нового надежного способа соединения бревен. Сруб позволял деревянным строениям расти вверх, расширяться и сужаться шатром, он воспринял нагрузки от распоров при пологих конструкциях крыш.

Рубленая бревенчатая архитектура развивалась прежде всего в районах, богатых лесом, в том числе на Русском Севере. И сегодня нас восхищает облик старых сибирских домов, шатровых деревянных храмов (рис. 16). Жемчужиной не только русской, но и мировой деревянной архитектуры является Кижский погост, и прежде всего 22-главая Преображенская церковь (1714 г.). В этом памятнике русского деревянного зодчества наглядно показаны формообразующие возможности строительных материалов из древесины (рис. 17). При строительстве этого уникального сооружения использована только древесина.

В средней полосе России также сохранились сотни памятников русского деревянного зодчества.

Подлинной революцией в обработке древесины стало применение пилы, изобретенной еще в каменном веке, но получившей широкое распространение гораздо позже. Пиленый брус и доска становятся главными строительными материалами. Резко сократившиеся отходы при обработке бревна позволили применять древесину и там, где она была дефицитна.

Еще одной революцией в области производства древесных материалов в XX в. можно считать возможность склеивания прочными водо- и биостойкими полимерными клеями крупноразмерных пиломатериалов (досок) и получение элементов деревянных клееных

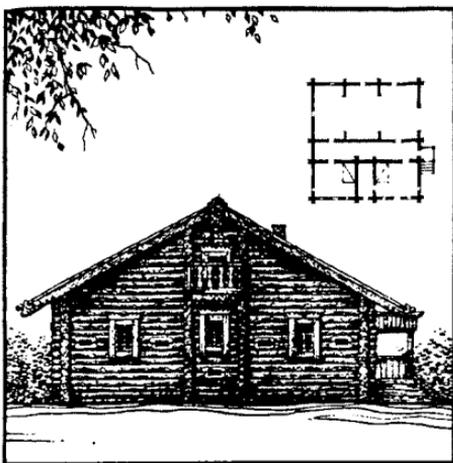


Рис. 16. Изба — шестистенок в Архангельской области



Рис. 17. Преображенская церковь Кижского погоста

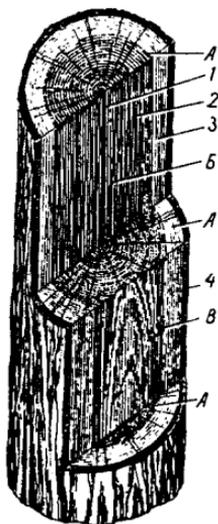


Рис. 18. Разрезы ствола дерева

A — торцевой (поперечный); *B* — радиальный; *B* — тангенциальный; 1 — сердцевина; 2 — ядро; 3 — заболонь; 4 — кора

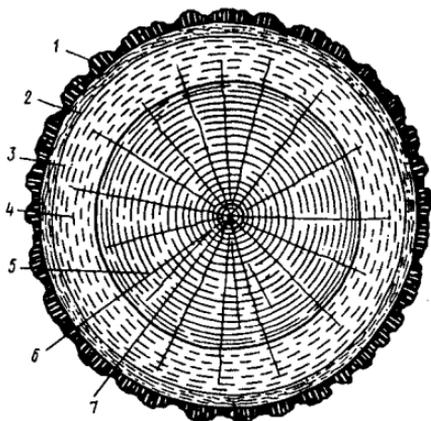


Рис. 19. Торцевой (поперечный) разрез ствола дерева

1 — пробковый слой коры; 2 — лубяной слой коры; 3 — камбий; 4 — заболонь; 5 — ядро; 6 — сердцевинная трубка; 7 — сердцевина

конструкций. Во многих случаях они эффективнее железобетонных или металлических.

3.2. Основы производства

Сырье. Растущее дерево состоит из корня, ствола и кроны. Древесину, используемую в качестве строительного материала, в основном дает ствол, который составляет до 90% объема дерева.

При соблюдении правил рубки и ухода за лесом запасы древесины практически неисчерпаемы.

Изучая строение древесины, различают макро- и микроструктуру. Достаточно полное представ-

ление о **макроструктуре** — строении, видимом невооруженным глазом или при небольшом увеличении, — получают, рассматривая разрезы ствола дерева по трем направлениям (рис. 18).

Основные части ствола дерева: сердцевина, сердцевинные лучи, ядро, заболонь, годовичные слои, сосуды или смоляные ходы (рис. 19).

Сердцевина представляет собой рыхлую ткань, состоящую из клеток с тонкими, слабо связанными друг с другом стенками. Размеры сердцевинной трубки (сердцевина и слой первого года жизни дерева) невелики: до 10 мм или чуть больше. У спеленного дерева эта самая слабая часть ствола нередко кро-

шится и легко загнивает. Поэтому недопустимо присутствие сердцевины в тонких досках и брусках, предназначенных для растянутых и изгибаемых элементов конструкций. Нежелательна сердцевина и в столярных изделиях, так как она постепенно выкрошивается.

У всех пород имеются *сердцевинные лучи* — светлые, часто отличающиеся блеском линии, которые направлены от сердцевины к коре. Сердцевинные лучи играют важную роль в создании текстуры древесины.

Ядро — внутренняя часть ствола, образующаяся по мере роста дерева. Когда внутренняя, наиболее старая часть древесины ствола отмирает, проводящая и запасающая системы перестают функционировать, а клетки уплотняются. Движение влаги по этим клеткам прекращается, поэтому древесина ядровой части отличается прочностью и стойкостью к загниванию. Некоторые древесные породы, например береза, клен, ядра не имеют.

Заболонь состоит из колец более молодой древесины, окружающих ядро. По живым клеткам заболони растущего дерева перемещается влага с растворенными в ней питательными веществами. Древесина заболони имеет большую влажность, легко загнивает, при последующей усушке усиливает коробление древесных материалов.

Образование *годовых слоев* связано с ежегодным приростом дре-

весины. Внутри каждого слоя, соответствующего одному году жизни дерева, различают раннюю (весеннюю) и позднюю (летнюю) зоны, называемые соответственно ранней и поздней древесиной. Годичные слои в большой мере определяют характер текстуры древесины.

Сосуды или *смоляные ходы* (в зависимости от породы древесины) представляют собой трубки, каналы различной величины. Понятно, что с этими образованиями древесины также связана ее текстура.

Микроструктуру древесины можно наблюдать при сильном увеличении. Под микроскопом видно, что древесина состоит из большого количества живых и отмерших клеток различных формы и размеров. По функциональному назначению живые клетки делят на проводящие, механические и запасающие. Клетка имеет оболочку, внутри нее находится растительный белок — протоплазма и ядро. Микроскопическое строение древесины различных пород весьма разнообразно.

Древесина может иметь *пороки* — недостатки ее отдельных участков, снижающие качество и ограничивающие возможности использования материала. Пороки механического происхождения, возникающие в древесине в процессе ее добычи и обработки, называют *дефектами*.

К характерным порокам относятся: различные сучки (сросшиеся и несросшиеся, роговые и т. д.);

трещины различного расположения и размеров (метиковые, морозные, усушки, отлупные); пороки строения (наклон волокон, тяговая древесина, свилеватость, завиток, глазки, смоляной кармашек, пасынок, сухобокость, прорость, рак, засмолок, ложное ядро, внутренняя заболонь, водослой, пятнистость), отклонения от нормальной формы ствола (сбежистость, закомелистость, нарост и кривизна); грибные поражения (ядровые пятна и полосы, ядровая гниль, плесень, заболонные грибные окраски, заболонная и наружная гниль); повреждение насекомыми (червоточина); дефекты, образующиеся в процессе обработки; инородные включения (камни, гвозди и т. д.); деформации (покоробленность, образующаяся при сушке, хранении, выпиливании).

На рис. 20 показаны некоторые пороки древесины. Студентам целесообразно ознакомиться с видами пороков на лабораторных занятиях.

Пороки древесины определяют в соответствии с требованиями ГОСТа с учетом вида, разновидности и размеров. При этом используются измерительные инструменты, наборы шупов.

Открытые сучки измеряют по их наименьшему диаметру. Табачные, гнилые и загнившие сучки перед измерением зондируют шупом. Заросшие сучки оценивают по высоте прикрывающих их вздутий (на хвойных породах) и по наибольшему диаметру раневого пят-

на или по усу бровки раневого пятна (на лиственных породах). Размеры таких сучков определяют по соответствующим таблицам ГОСТа. Круглые и овальные и не выходящие на ребро продолговатые и разветвленные сучки измеряют по расстоянию между касательными к их контуру, параллельными оси материала, и по наименьшему диаметру. Если продолговатые и разветвленные сучки выходят на ребро, то их определяют по наименьшему диаметру продольного сечения на той стороне материала, куда выходит поперечное сечение сучка. Аналогично измеряют сшивные сучки. Ребровые сучки измеряют по расстоянию между ребром и касательной к контуру сучка (параллельно ребру) и по протяженности сучка на ребре. Каждый из групповых сучков измеряют способом, соответствующим его разновидности, и вычисляют сумму размеров составляющих сучков, выходящих на одну сторону материала. Сучки, обросшие корой, измеряют вместе с ней.

Измерение трещин проводят после определения их разновидности с учетом характера предлагаемых образцов. Боковые трещины измеряют по длине и глубине. Если боковые трещины не имеют выхода на торцы, их глубину измеряют тонким шупом. Торцевые трещины усушки оценивают по глубине и длине на торце.

При оценке пороков строения древесины на предлагаемых образцах

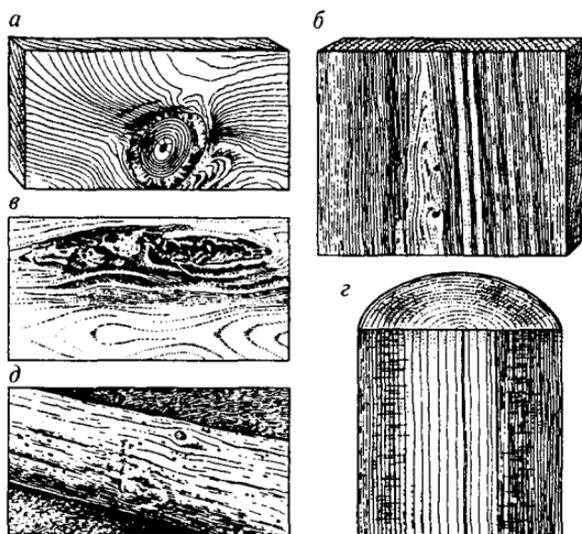
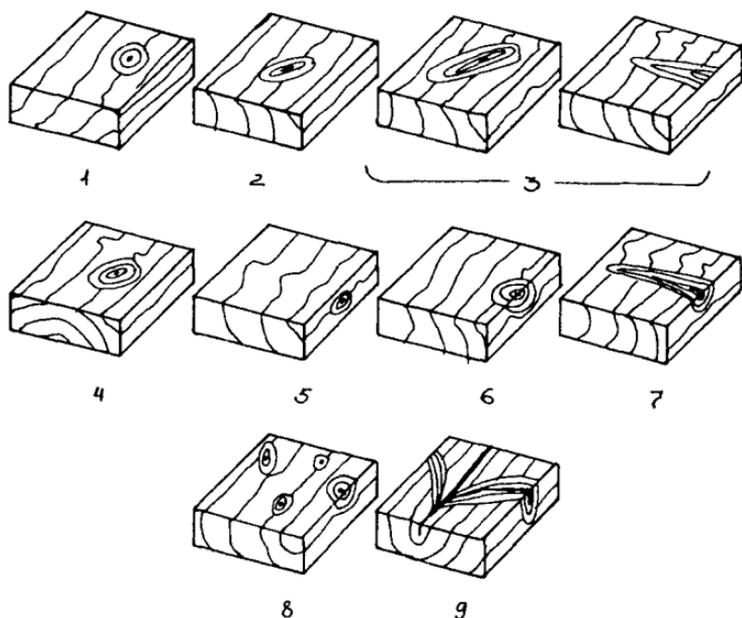


Рис. 20. Пороки древесины

a – поперечный распил рыхлого сучка в сосновой доске; *б* – крень в еловой доске; *в* – засмолок в сосновой доске; *г* – древесина с гнилью в третьей стадии; *д* – червоточины;

Разновидности сучков

1 – круглый; 2 – овальный; 3 – продолговатый; 4 – пластевой, 5 – кромочный; 6 – ребровый; 7 – сшивной; 8 – групповой; 9 – разветвленный



определяют их вид, разновидность и измеряют: величину отклонения волокон от линии, параллельной продольной оси материала (наклон волокон); ширину и длину зоны, занятой пороком (крень, тяговая древесина, свилеватость, групповые глазки, засмолок, пятнистость, водослой, внутренняя заболонь); глубину, ширину, длину (смоляной кармашек, прорость, сухобокость, ложное ядро, открытый рак).

Грибные поражения древесины также измеряют с учетом предлагаемых образцов. Определяют длину, ширину и глубину зоны поражения (грибные ядровые пятна и полосы, ядровая гниль, заболонная окраска, заболонная гниль); длину и ширину зоны поражения (плесень, побурение). Учитывают наличие наружной трухлявой гнили.

Оценивая характер повреждения древесины насекомыми, измеряют наименьший диаметр червоточины, количество повреждений.

Выделяют две **группы древесных пород**, встречающиеся в лесах нашей страны: *хвойные* и *лиственные*.

Породу растущего дерева сравнительно легко определить, оценивая внешний вид кроны, коры, листьев или хвои. Гораздо труднее распознать породу древесины после распиловки и других видов обработки. Породу древесины определяют по макроструктуре и, что более точно, по микроскопическим признакам. Для этого существуют

специальные определители пород древесины.

При изучении микроскопического строения *хвойной* породы на тонких срезах с торцевого и тангенциального разрезов отмечают ранние и поздние трахеиды (вытянутые клетки с косо срезанными концами), вертикальные и горизонтальные сердцевинные лучи на тангенциальном разрезе, смоляные ходы. На тонком срезе с радиального разреза отмечают трахеиды, поры на их оболочках, сердцевинные лучи.

Среди наиболее распространенных хвойных пород, используемых в России для производства строительных материалов, — сосна, ель, лиственница, пихта, кедр.

Сосна — ядровая порода, мягкая и прочная, легко обрабатывается.

Ель отличается спелой древесиной, менее смолистой и более легкой, чем у сосны. По совокупности свойств ель уступает сосне. Ель труднее обрабатывается из-за большого количества твердых сучков. Эта порода сравнительно быстро загнивает, но деформация (коробление) древесины не высока.

Лиственница имеет древесину весьма плотную, твердую и прочную, менее подверженную гниению, чем у сосны и ели, она почти не коробится и не подвержена гниению. Материалы из лиственницы с успехом применяют в гидротехническом и других специальных видах строительства.

Древесина *пихты* во многом аналогична древесине ели, но у нее нет смоляных ходов. Материалы из пихты сравнительно легко загнивают, поэтому их не применяют во влажных условиях эксплуатации.

У *кедра* легкая и мягкая древесина, прочностные характеристики которой уступают сосне.

Лиственные породы, в зависимости от расположения сосудов в годичных слоях, бывают кольцесосудистые и рассеянно-сосудистые. Лиственные породы делят на мягкие и твердые, причем все кольцесосудистые относят к твердым породам, а рассеянно-сосудистые могут быть и твердые, и мягкие.

Микроструктура лиственных кольцесосудистых пород, например дуба, характеризуется наличием крупных сосудов в ранней древесине и мелких сосудов в поздней древесине годичного слоя. В рассеянно-сосудистых породах, например березе, все сосуды мелкие и рассеяны по годичному слою. На тонких срезах с торцевого, радиального и тангенциального разрезов лиственных пород выделяют волокна либриформа (механическая опорная ткань), сердцевинные лучи и древесную паренхиму (клетки для отложения питательных веществ, имеющие вид многогранной призмы).

Самые распространенные лиственные породы — дуб, бук, ясень, береза, осина, ольха, липа, клен.

Дуб отличается плотной, прочной и твердой древесиной, которую применяют для строительства гидротехнических сооружений, мостов, изготовления паркета, столярных изделий, фанеры.

Бук имеет тяжелую твердую древесину, которая легко раскалывается и склонна к загниванию. Из нее получают фанеру и паркет.

У *ясеня* весьма плотная, гибкая, но менее прочная, чем у дуба, древесина, используемая при столярно-отделочных работах, в производстве мебели. Порода весьма чувствительна к изменениям влажности и при ее повышении легко подвергается червоточине.

У *березы* плотная заболонная древесина, которая сравнительно легко загнивает при повышенной влажности и отсутствии тока воздуха. Из древесины березы производят фанеру, столярные изделия, отделочные материалы. Она хорошо подвергается различной обработке, но сильно трескается и коробится, сравнительно медленно загнивает, но подвергается червоточине. Древесина березы предпочтительна в возрасте 40–50 лет, затем ее эксплуатационно-технические характеристики ухудшаются.

Осина — заболонная порода, сравнительно легкая, мягкая. Склонна к загниванию на корню, используется для производства фанеры, древесных плит. Сухая и выдержанная древесина осины стойка к загниванию даже при высокой влажности среды. Именно из нее

делали лемехи для кровли куполов деревянных церквей. При этом лицевая поверхность изделий со временем приобретала оригинальный серебристый оттенок.

У *ольхи* сравнительно мягкая заболонная древесина, склонная к загниванию и червоточине, применяется в основном для сухой среды, но при повышенной влажности и под водой достаточно прочная и стойкая. Легко подвергается различной обработке.

Липа — сравнительно мягкая порода, хорошо обрабатывается, мало трескается и коробится, применяется для изготовления фанеры. Древесина липы отличается сравнительно высокой непроницаемостью для жидкостей, но подвержена червоточине.

У *клена* плотная древесина, которая сравнительно мало коробится и стойка к загниванию, хорошо подвергается различной обработке.

Основы технологии. К основным технологическим операциям при производстве древесных материалов относятся добыча и обработка.

Добыча древесины предполагает валку, раскряжевку и окорку деревьев. *Раскряжевка* — процесс поперечного деления хлыстов — стволов поваленного дерева, опиленных от корневой части и очищенных от сучьев. При этом выделяют деловую и дровяную части ствола дерева.

Древесные материалы производят, как правило, на деревообрабатывающих предприятиях пу-

тем следующих основных технологических переделов.

Распиловка — групповой или индивидуальный раскрой бревен. При индивидуальной распиловке получают доски радиальные и тангенциальные, выпиливаемые параллельно образующей.

Строгание, лущение — снятие специальными ножами тонких срезов древесины, лущение — резание по спирали.

Фрезерование — резание специальными ножами и получение требуемого профиля древесных материалов.

Сборка полуфабрикатов (соединение заготовок), полученных после упомянутых видов механической обработки, — это их склеивание. Применение современных полимерных клеевых составов позволяет склеивать доски и получать крупноразмерные элементы деревянных клееных конструкций. Клеевая сборка характерна и для других изделий.

Обработка отходов предусматривает их сортировку, перемешивание со связующим и формование (часто прессование под давлением). Различают отходы мягкие (опилки, стружка, волокна) и кусковые (куски веток, коры, сучьев).

Сушка повышает прочность древесины и значительно удлиняет сроки ее эксплуатации. При высушивании древесины создаются условия для быстрого передвижения и испарения влаги с поверхности материала. Естественная сушка про-

исходит на складах древесных материалов, искусственная — в специальных сушилках, горячих жидкостях (петролатуме) или в потоках высокой частоты. Искусственная сушка происходит гораздо быстрее и позволяет получать материал с влажностью не более 6–10%.

Принципиальное значение имеет *защитная обработка* древесины. Эффективные способы защиты материала — антисептирование и антипирирование. При этом используют способность древесины хорошо впитывать различные жидкости.

Антисептики — вещества, ядовитые для грибков, являющихся основной причиной загнивания древесины. Поверхностное антисептирование производят путем опрыскивания или промазывания растворами медного купороса, фтористого и кремнефтористого натрия. Масляные антисептики (горючие, с резким запахом каменноугольные дегти, масла, торфяной креозот и др.) пригодны для обмазок конструкций, находящихся в грунте или в воде. Для этой же цели применяют битумные антисептические пасты. Силикатными пастами обмазывают древесину в элементах конструкций, защищенных от воды. Глубокую пропитку древесины антисептиками осуществляют в высокотемпературных ваннах или в специальных котлах под давлением.

Антипирены представляют собой огнезащитные составы. Обработка материала антипиренами мо-

жет быть поверхностная и объемная (метод глубокой пропитки). При глубокой пропитке огнестойкость древесины повышается более существенно.

Действие антипиренов основано на образовании в результате действия температуры на поверхности материала пленки, преграждающей доступ кислорода; выделении при термическом разложении инертных газов и паров; повышенном углеобразовании пропитанного материала. Пропитанное антипиреном дерево не воспламеняется при высокой температуре, а тлеет. Поскольку такая обработка не создает на поверхности древесины никакого слоя, антипирированные материалы можно подвергать механической обработке и склеивать. Составы растворов для антипирирования древесины разнообразны. Хорошими защитными свойствами обладают растворы на основе сульфата аммония, диамионийфосфата, борных и фосфатных соединений. Например, для пропитки древесины под давлением часто применяют антипирены, состоящие из фосфорнокислого и сернокислого аммония, фтористого натрия и воды в разных соотношениях. Большинство антипиренов обладает одновременно и антисептическим действием.

Формирование эстетических характеристик древесных материалов связано прежде всего с характером *отделки их лицевой поверхности*.

Прозрачная отделка поверхности древесных материалов позволяет сохранить или еще более проявить текстуру древесины. Основные этапы такой отделки включают подготовку поверхности древесины, создание покрытия и его облагораживание.

В ходе столярной подготовки поверхности устраняют ряд дефектов — заделывают трещины, высверливают и заделывают сучки, выравнивают и зачищают поверхность, циклюют и шлифуют. Затем материал проходит цикл отделочной подготовки поверхности, который может состоять из следующих операций: удаление ворса, обессмоливание, отбеливание, крашение, грунтование, порозаполнение.

В производственных условиях нанесение основного отделочного слоя производится на конвейерных, автоматических и полуавтоматических линиях, в составе которых имеются станки для нанесения отделочных покрытий, установки для сушки и стабилизации покрытий, механизмы загрузки и выгрузки изделий, транспортные средства. При ремонтных работах можно применять ручные методы отделки.

Облагораживание основного отделочного покрытия производят шлифованием или разравниванием (разглаживание тампоном, смоченным растворителем), а также полированием. Шлифуют поверхность шкурками на бумажной или стек-

лолаковой основе. Политуры наносят вручную тампоном или на полировальных станках. Эти составы позволяют получить равномерный зеркальный блеск поверхности и сгладить неровности лакового покрытия.

При *непрозрачной отделке* учитывают, что цвет и текстура древесины скрываются. Такую отделку применяют, как правило, для материалов и изделий из некоторых хвойных и недорогих лиственных пород, для древесностружечных и древесноволокнистых плит и других материалов, не отличающихся выразительными эстетическими характеристиками. Вместе с тем непрозрачные отделочные покрытия хорошо защищают поверхность древесины от физико-механических воздействий (рис. 21).

Основные этапы технологии непрозрачной отделки в основном те же, что и при прозрачной отделке, однако процесс отделочной подготовки в данном случае включает операции обессмоливания, подмазывания, грунтования, сплошного и местного шпатлевания поверхности.

Отделочное покрытие состоит, как правило, из нескольких слоев краски. После нанесения каждого слоя поверхность сушат и шлифуют. Окраску производят вручную кистями, обливом, пневматическим распылением.

Известен метод раздела слоя масляной краски для имитации текстуры твердолиственных и ценных

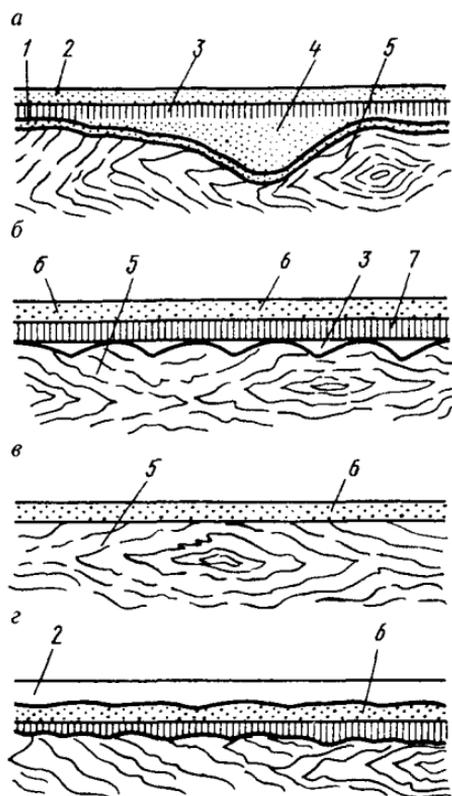


Рис. 21. Характерное строение покрытия древесины при непрозрачной отделке

а — лакокрасочное покрытие; *б, в* — пленочное; *г* — комбинированное; 1 — слой грунтовки; 2 — краска; 3 — сплошная шпатлевка; 4 — местная шпатлевка; 5 — древесина; 6 — непрозрачная пленка; 7 — клей

пород древесины или создания оригинального рисунка. При этом верхний слой масляной краски (сразу после нанесения) частично снимают гребешками или кистями, создавая определенный рисунок. Например, для разделки под дуб вначале наносят два слоя краски из светлой охры с неболь-

шим количеством белил, а затем слой масляной краски на основе жженой умбры. Поверхность разравнивают кистью, гребешками и кисточками, наносят рисунок, подкрашивают отдельные участки.

Облагораживание поверхности основного отделочного покрытия производят путем его разравнивания, шлифования и полирования. Остатки полировочного материала удаляют. При непрозрачной отделке древесины для оконных блоков, контейнеров и других конструкций облагораживание не производят.

Непрозрачную отделку древесины производят также с помощью пленочных и листовых материалов. Пленочные материалы на основе бумаги, пропитанной фенолформальдегидной, мочевиномеламиноформальдегидной, меламиновой, карбамидной, диаллилфталатной смолами, напрессовываются на поверхность древесины. При этом материалы, не обладающие адгезией к древесине, напрессовываются с использованием клея. Из пленок на основе полимеров чаще применяют поливинилхлоридные, которые могут дублироваться с бумагой, тканями, фольгой, готовым клеевым слоем.

К листовым материалам для непрозрачной отделки относятся декоративный бумажно-слоистый пластик (ДБСП) и декоративная фанера (ДФ). ДБСП получают горячим прессованием нескольких слоев бумаги, пропитанных смолами. Бумага

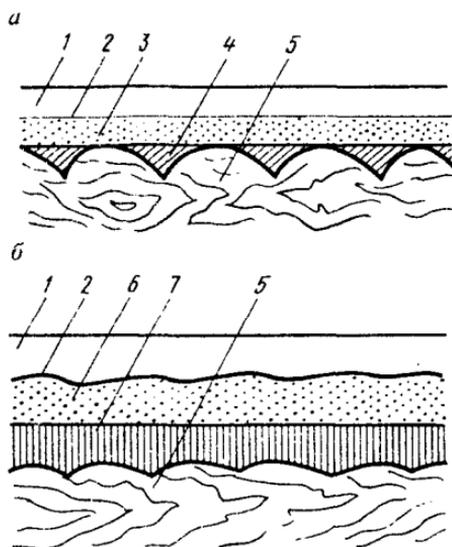


Рис. 22. Характерное строение покрытия древесины при имитационной отделке

a — покрытие по фоновому грунту;
б — пленочное; 1 — слой лака; 2 — рисунок; 3 — фоновая краска (грунт); 4 — шпатлевка; 5 — древесина; 6 — текстурированная бумага; 7 — клей

для лицевого слоя ДБСП может иметь разнообразные эстетические характеристики (цвет, рисунок). ДФ изготавливают горячим прессованием шпона, текстурной и кроющей бумаги, отделочной прозрачной пленки на основе бумаги. Лицевая поверхность ДФ может быть блестящей или матовой.

При имитационной отделке материалам из древесины обычных пород, не отличающимся выразительными эстетическими характеристиками, придается внешний вид древесины более ценных и редких пород (красное дерево, орех, полисандр, лимонное дерево, ясень

и др.) или других материалов. Имитационной отделке подвергают древесностружечные и древесноволокнистые плиты, фанеру, лущеный шпон, строганный шпон из древесины ольхи, бука, лиственницы. Основные виды имитационной отделки — крашение, нанесение рисунка текстуры ценных пород непосредственно на поверхность древесных материалов и изделий, облицовка древесных материалов текстурированной бумагой (рис. 22).

Крашение древесины производят различными способами. При поверхностном крашении, когда древесина окрашивается на глубину до 0,5 мм, водные растворы красителей наносят вручную, окутанием, обливом, пневматическим распылением, вальцеванием. При глубоком крашении раствор красителя проникает внутрь древесины на значительную глубину, обеспечивая более равномерное окрашивание. При этом древесину намачивают в горяче-холодных ваннах или при повышенных давлениях и температуре в автоклаве. Процесс глубокого крашения проходит более эффективно при использовании пород с крупными и проницаемыми для жидкостей полостями клеток: березы, бука, липы, клена, ольхи. Для глубокого крашения обычно используют смесь красителей и протравы. Применяя смесь красителей различной дисперсности, можно окрасить толщу древесины в один

цвет, а внутренние полости сосудов в другой.

При имитационной отделке путем нанесения рисунка непосредственно на поверхность древесных материалов и изделий применяют, в частности, аэрографию — нанесение краски распылением с помощью сжатого воздуха. Перед нанесением рисунка краскораспылителем проводят фоновое крашение — создают цвет поверхности, соответствующий цвету имитируемой породы.

Текстура имитируемой породы может также создаваться с помощью печатных форм — фотошаблонов или печатных форм — клише. Печатание — наиболее совершенный, производительный метод, он позволяет получать одноцветные и многоцветные рисунки сравнительно высокого качества. Для создания рисунка используют специальные фоновые грунты и печатные краски.

К оригинальным, но трудоемким видам отделки из древесины следует отнести *мозаику* (орнаментальное или сюжетное изображение, выполненное из однородных или различных по материалу частиц) и *резьбу*.

Наиболее распространенные виды мозаики по древесине — инкрустация, интарсия, маркетри, блочная мозаика. При *инкрустации* на одном уровне с поверхностью изделия врезаются пластинки определенной формы из материалов, отличающихся по структуре и цве-

ту от древесины (металл, слоновая кость, перламутр и др.). Процесс инкрустации сложен и трудоемок.

Инкрустация древесиной по древесине называется *интарсией*. При этом на поверхности отделяемого изделия режущим инструментом устраивают углубление, куда вкладывают пластинки из древесины, плотно склеенные друг с другом. Лицевую сторону пластинок шлифуют и полируют.

Мозаичный набор из кусочков шпона различных пород древесины называется *маркетри* (рис. 23). Выполняя работы в технике маркетри, выбирают шпон, который служит фоном, врезают элементы мозаики, закрепляют их бумагой, смазанной клеем, и вместе с фоном наклеивают на поверхность изделия.

Основы технологии *блочной мозаики* сводятся к склеиванию блоков по заданному рисунку из разноцветных брусочков или пластинок древесины. Затем блоки разрезают поперек на множество тонких пластинок с одинаковым рисунком (рис. 24). Пластины вставляют в соответствующие углубления или наклеивают на поверхность материалов из древесины.

Весьма разнообразны виды *резьбы по дереву* (рис. 25). При углубленной резьбе фоном является плоская поверхность изделия, а рисунок образует углубления различной формы; верхние точки рельефного рисунка находятся на уровне поверхности изделия. Плос-

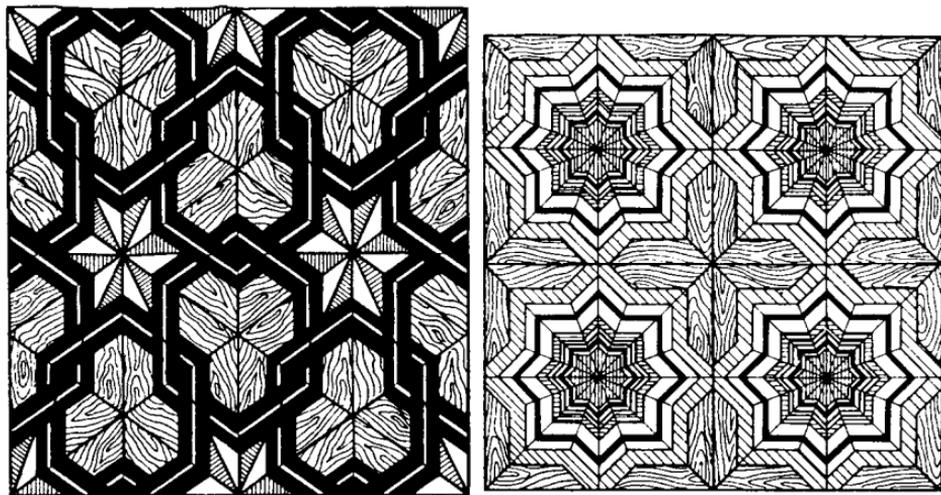


Рис. 23. Маркетри. Примеры мозаичных узоров

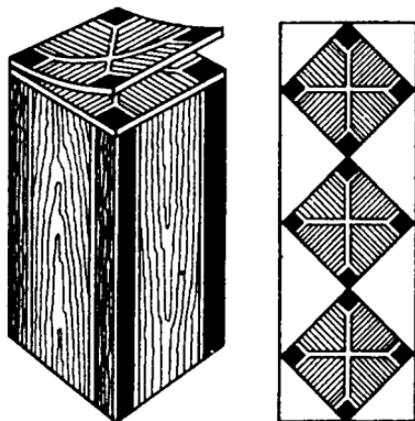


Рис. 24. Блочная мозаика



Рис. 25. Рельефная накладная резьба по дереву

корельефная резьба отличается невысоким условным рельефом, расположенным в одной плоскости. Рельефная резьба почти не имеет плоской поверхности, ее выполняют путем подрезки орнамента, который оставляют на углубленном фоне. Формы рисунка выявляются рельефом разной высоты. При прорезной резьбе фон удаляется. Скульптурная, или объемная, резьба отличается рельефным изображением, которое частично или полностью отделяется от фона, превращаясь в скульптуру. Крупномасштабная домовая резьба выполняется с помощью топора, пилы, долот и применяется для украшения деревянных построек. Современная технология получения резьбы — это автоматизированный процесс на станках с компьютерным управлением.

3.3. Номенклатура

Основная номенклатура древесных материалов включает круглые лесоматериалы, пиломатериалы, шпон, фрезерованные, в том числе погонажные, изделия, изделия из склеенных полуфабрикатов (заготовок), из отходов, обои бумажные, древесные пластики. В указанной основной номенклатуре выделяют материалы специального назначения: фрезерованные кровельные плитки, гонт, из отходов — теплоизоляционные (разновидности

древесно-стружечных и волокнистых плит и др.).

Круглые лесоматериалы — отрезки стволов деревьев. В зависимости от толщины (диаметра) бревна в узкой части (верхнем отрубе) их могут подразделять на мелкие, с толщиной для хвойных пород 6—13 см, для лиственных 8—13 см, средние, толщиной 14—24 см для всех пород и крупные, толщиной 26 см и более.

Пиломатериалы получают при продольном раскрое пиловочных бревен. В зависимости от направления раскроя различают пиломатериалы радиальной, тангенциальной и смешанной распиловки. Материалы с опиленными кромками называют *обрезными*, с неопиленными — *необрезными*. Пиломатериалы, у которых с одной из двух боковых кромок не снята круглая поверхность бревна — обзол, называют полуобрезными. Некоторые пиломатериалы, используемые как в целом виде, так и для выработки заготовок материалов, показаны на рис. 26.

По размерам пиломатериалы общего назначения разделяются на сравнительно тонкие, толщиной до 32 мм включительно, и толстые — толщиной 35 мм и более (лиственные), 40 мм и более (хвойные). По длине лиственные пиломатериалы делятся на короткие — 0,5—0,9 м; средние — 1—1,9 м; длинные — 2—6,5 м.

Длина хвойных пиломатериалов может быть 1—6,5 м с градацией 0,25 м.

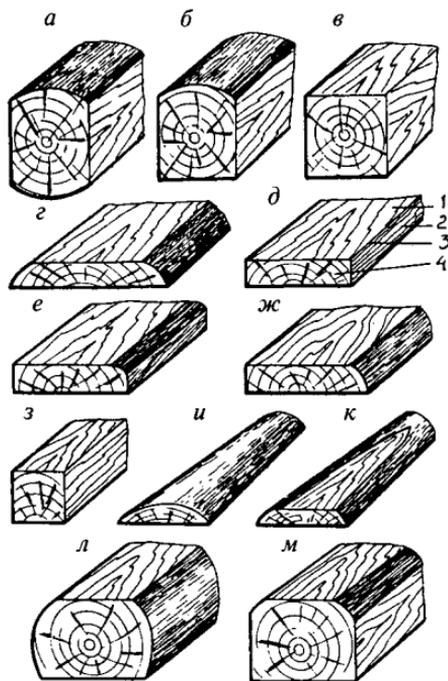


Рис. 26. Виды пиломатериалов

a — двухканный брус; *б* — трехканный брус; *в* — четырехканный брус; *г* — доска необрезная; *д* — чистообрезная доска; *е* — обрезная доска с тупым обзолом; *ж* — обрезная доска с острым обзолом; *з* — брус; *и* — облапол горбыльный; *к* — облапол дошатый; *л* — шпала необрезная; *м* — шпала обрезная; 1 — пласть доски; 2 — кромка; 3 — ребро; 4 — торец

Шпон — тонкие срезы древесины заданной толщины (0,35—4 мм). В зависимости от технологии получения различают шпон строганный и лущеный (рис. 27). Строганный шпон отличается более оригинальной и разнообразной текстурой.

На тангенциальном разрезе годовичные слои, образующие конусы

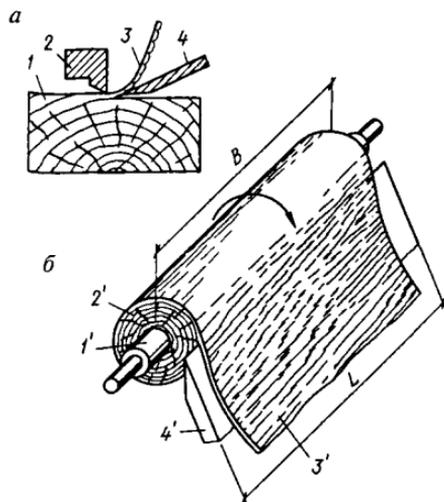


Рис. 27. Схемы получения строганого (*a*) и лущеного (*б*) шпона

1 — брус; 2 — прижимная рейка; 3 — лист строганого шпона; 4 — нож; *B* — длина чурака; *L* — длина ножа; 1' — кулачок; 2' — чурак; 3' — лист лущеного шпона; 4' — нож

нарастания, имеют вид углов или кривых линий, а сердцевинные лучи — продольных или наклонных штрихов или линий. Более своеобразной получается текстура на радиальном разрезе, где годовичные слои имеют вид прямых параллельных линий, расположенных по всей поверхности листа, а сердцевинные лучи располагаются в виде полос, захватывающих не менее $\frac{3}{4}$ площади листа.

В полурадиальном шпоне сердцевинные лучи образуют наклонные или продольные полосы, расположенные не менее чем на половине площади листа, а годовичные слои в виде прямых параллельных

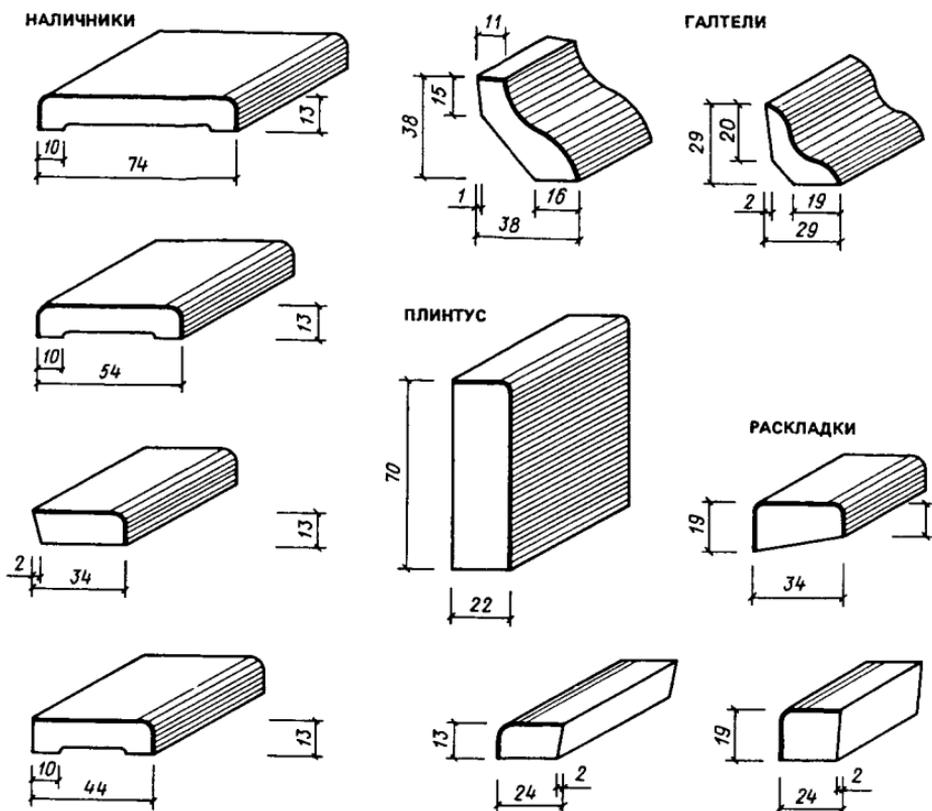


Рис. 28. Виды фрезерованных погонажных материалов из древесины

линий расположены не менее чем на $\frac{3}{4}$ площади листа.

В тангенциальном торцевом шпоне годовичные слои образуют замкнутые перепутанные линии, а сердцевинные лучи — кривые линии, штрихи.

К фрезерованным, в том числе погонажным, материалам относятся различные профильные: поручни, плинтусы, наличники, доски для облицовки, кровельные плитки, паркет штучный (рис. 28).

Плинтусы служат для оформления углов между полом и стенами, наличники применяют для оформления дверных и оконных коробок, поручни — для перил лестниц.

К материалам из склеенных полуфабрикатов (заготовок) относятся прежде всего элементы деревянных клееных конструкций (ДКК), паркетные доски, паркет щитовой, оконные и дверные блоки, щиты, фанера.

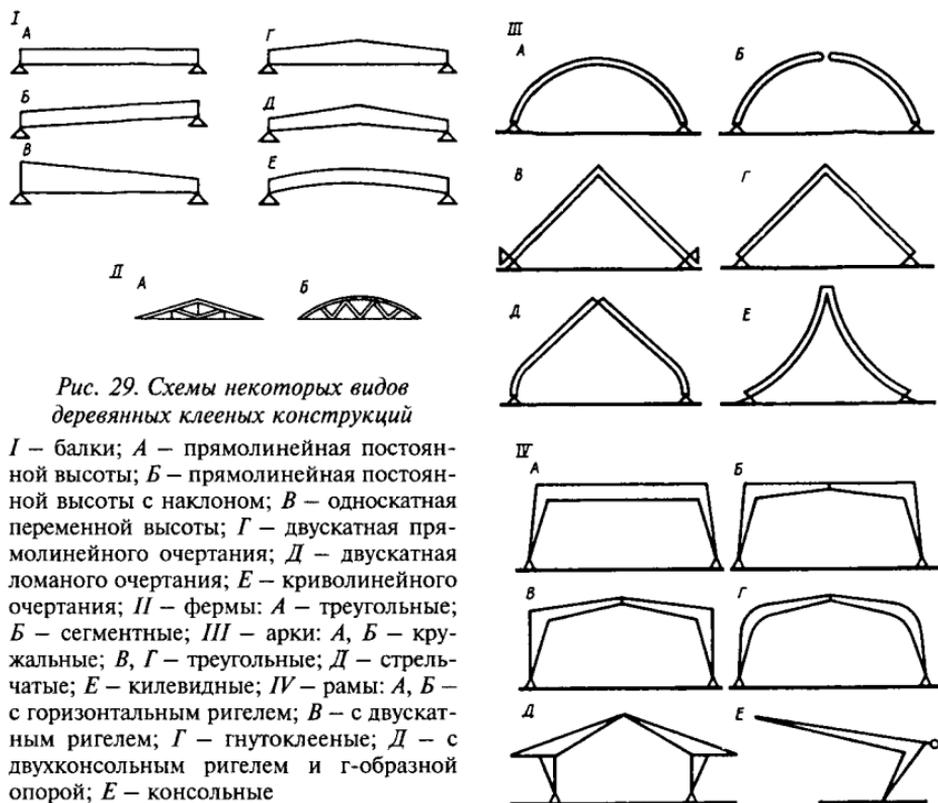


Рис. 29. Схемы некоторых видов деревянных клееных конструкций

I – балки; А – прямолинейная постоянной высоты; Б – прямолинейная постоянной высоты с наклоном; В – односкатная переменной высоты; Г – двускатная прямолинейного очертания; Д – двускатная ломаного очертания; Е – криволинейного очертания; II – фермы: А – треугольные; Б – сегментные; III – арки: А, Б – круглые; В, Г – треугольные; Д – стрельчатые; Е – килевидные; IV – рамы: А, Б – с горизонтальным ригелем; В – с двускатным ригелем; Г – гнутоклееные; Д – с двухконсольным ригелем и г-образной опорой; Е – консольные

Элементы ДКК – балки, рамы, арки, фермы. Пролеты таких конструкций до 100 м и более (рис. 29).

Паркетные доски могут состоять из тонких лицевых планок твердых древесных пород, наклеенных на реечное основание из низкосортной древесины хвойных пород. Разнообразные конструкции досок делят на два типа: двухслойные и многослойные. Поставляются они полной заводской готовности с покрытой лаком лицевой поверхностью разнообразных размеров (рис. 30). Кромки и торцы имеют паз и гребень для

сборки, а рейки основания – продольные пропилы для исключения коробления.

Паркетные щиты, или щитовой паркет, изготавливают различной конструкции и размеров (рис. 31). Щиты состоят из лицевых планок, наклеенных на основание. Лицевой слой такой же, как у паркетных досок, а основание может быть из низкосортных реек хвойных пород, строительной фанеры, древесностружечной плиты и др. Для предотвращения коробления применяют компенсирующие нижние слои шпона или армирующие рейки,

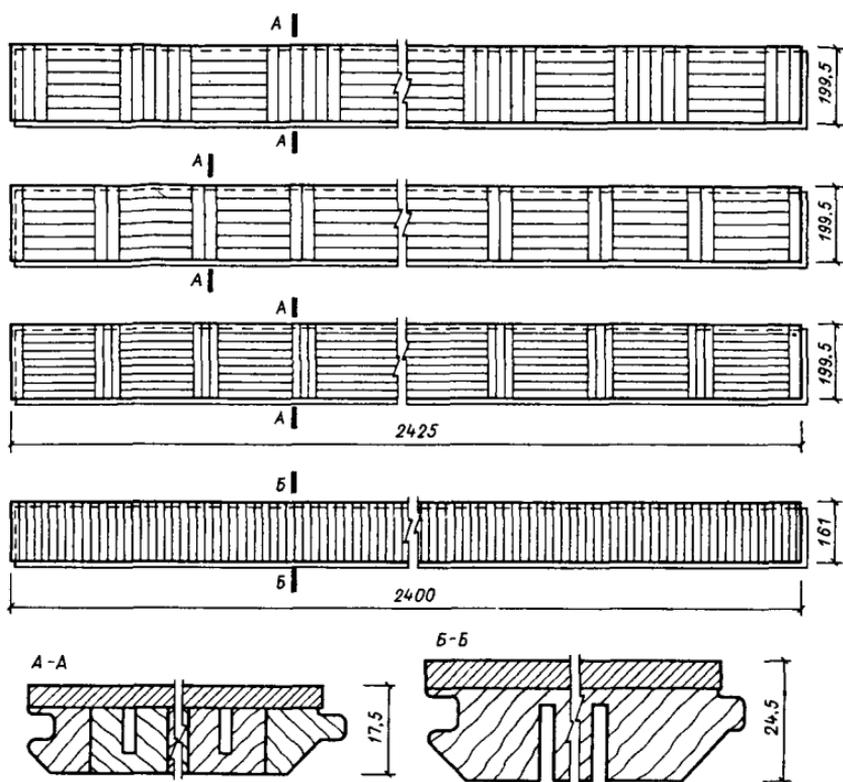


Рис. 30. Паркетные доски — возможные конструкции и размеры

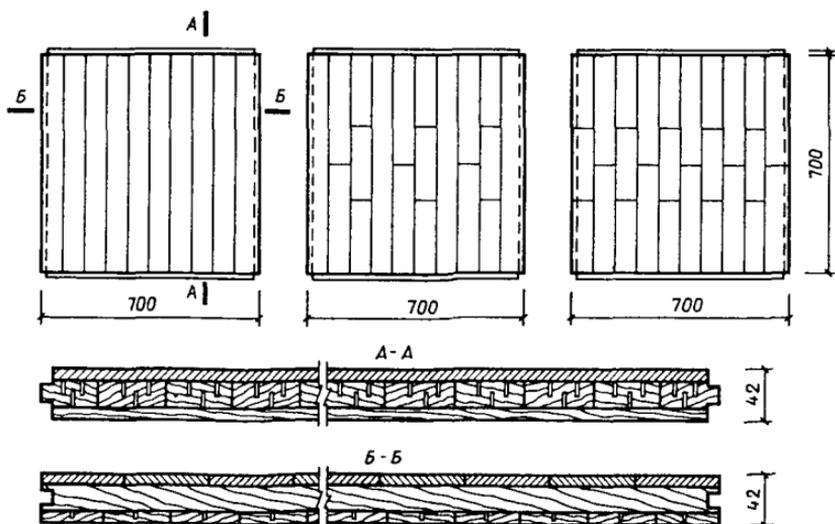


Рис. 31. Паркетные щиты — возможные конструкции и размеры

закладываемые в основание. Основание может быть и в виде рамной обвязки с брусковым заполнением из низкосортной древесины и отходов. При сборке полов щиты соединяют друг с другом фанерными или иными шпонками, вставляемыми в пазы с четырех кромок щита.

К щитовому относится и художественный мозаичный паркет, его выполняют по специальным чертежам в заводских условиях.

Дверные блоки для различных типов зданий разделяют по назначению на наружные и внутренние, а также по многочисленным типам конструкций дверных полотен, в том числе на щитовые. При устройстве щитовых деревянных дверей деревянный брусковый каркас облицовывают с обеих сторон сверхтвердыми или твердыми древесноволокнистыми плитами, фанерой, листовыми полимерными материалами. Заполнение дверных полотен может быть реечным (сплошным и решетчатым), из различных материалов.

Фанера — слоистый материал, состоящий из трех и более листов лущеного шпона, иногда в композиции с другими материалами. По числу слоев шпона различают трехслойную, пятислойную и многослойную (в т. ч. в виде плит) фанеру толщиной до 18 мм и более. Размер листа фанеры до 2400×1525 мм.

Бакелизированную фанеру получают из березового лущеного шпона, пропитанного и склеенного фе-

нолформальдегидными клеями. Бакелизированная фанера имеет высокие конструктивные качества: ее предел прочности при растяжении 60–80 МПа, при этом она почти так же легка, как и древесина. Эта фанера обладает повышенной водостойкостью, атмосферостойкостью и прочностью.

Декоративную клееную фанеру изготавливают из березового, ольхового или липового шпона и облицовывают с одной или двух сторон строганым шпоном из ценных пород дерева, например дуба или груши, с красивой текстурой либо полимерными пленками.

Древесные материалы **на основе отходов** — плиты древесно-стружечные (ДСП), древесно-волоконистые (ДВП) и другие, в том числе специального назначения.

ДСП по конструкции классифицируют на одно-, трех- и многослойные плоского прессования, а также на сплошные и с внутренними каналами экструзионные однослойные.

В трех- и многослойных плитах наружные слои изготавливают из более тонких стружек и с повышенным содержанием связующего. Для повышения прочности, улучшения других свойств и внешнего вида плиты облицовывают шпоном или различными листовыми и рулонными материалами.

Выделяют ДСП на полимерном (чаще фенольном) и минеральном (цементном) связующих.

При использовании цемента плиты (ЦСП) являются экологически чистыми.

ДВП бывают сверхтвердые толщиной 3 и 4 мм, твердые — 3–5, полутвердые — 4–8, теплоизоляционные — 8–25 мм.

Фибролит — плитный материал, получаемый в результате твердения неорганического вяжущего с наполнителем из спрессованной массы древесной «шерсти» (тонких длинных стружек). Древесную «шерсть» производят в виде лент шириной 4–7 и толщиной 0,25–0,5 мм из отходов хвойных и лиственных пород. Фибролит выпускают в виде крупноразмерных плит длиной до 3 м, шириной до 1, 2 м, толщиной 30, 50, 75, 100 мм.

Арболит изготавливают из цемента и древесных опилок, дробленой стружки или щепы.

Обои бумажные получают путем нанесения рисунка на обойную бумагу (негрунтованные) или на цветной фон (грунт), предварительно наносимый на бумагу (грунтованные). Негрунтованные обои выпускают на белой и цветной бумаге с рельефным печатным рисунком. Грунтованные обои — материал с более разнообразными эстетическими характеристиками. Длина обоев в рулоне (куске) обычно до 12 м, ширина 50, 60, 75 см и др.

Древесные пластики — пиломатериалы, например доски, брусья, обработанные при высоком давлении

и температуре, или крупно-размерные листы и плиты, получаемые при горячем прессовании листов лушеного шпона, пропитанных полимерным раствором. В последнем случае листы и плиты отличаются от фанеры большими плотностью и прочностью.

3.4. Свойства

К положительным **эксплуатационно-техническим** свойствам уникальной природной структуры древесины относится сравнительно низкая средняя плотность при прочности, обеспечивающей функциональную надежность разнообразных конструкций жилых, общественных, промышленных зданий (табл. 2). Соответствующие усредненные показатели $\rho_{\text{ср}} \sim 575 \text{ кг/м}^3$, $R_{\text{сж}} \sim 45 \text{ МПа}$, $R_{\text{р}} \sim 120 \text{ МПа}$. В результате коэффициент конструктивного качества (отношение предела прочности к средней плотности) у материалов из массивной (натуральной) древесины $\sim 0,8$, из стали $\sim 0,5$, у кирпича керамического $\sim 0,05$.

Показатели прочности древесины различных пород определяют разрушающими методами на универсальной испытательной машине. Для испытаний используют малые чистые образцы (без пороков). Так, для определения предела прочности при сжатии вдоль волокон испытывают образцы без видимых пороков в форме прямоугольной призмы размером $20 \times 20 \times 30 \text{ мм}$. Предел

Таблица 2

**Характерные значения средней плотности и прочности
различных пород древесины**

| Порода древесины | Средняя плотность, кг/м ³ | Предел прочности вдоль волокон, МПа | | |
|---------------------|--|-------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| | | при сжатии | при растяжении | при статическом изгибе |
| Лиственница | 660 | 65 | 125 | 110 |
| Сосна | 500 | 48 | 100 | 85 |
| Ель | 450 | 45 | 100 | 80 |
| Дуб | 690 | 58 | 125 | 105 |
| Береза | 630 | 55 | 165 | 110 |
| Осина | 495 | 40 | 125 | 75 |

прочности при статическом изгибе определяется при испытании бруска размером 20×20×300 мм.

Полученные показатели, характеризующие механические свойства различных пород древесины, пересчитывают на стандартную влажность (12%).

Оценку механических свойств ДСП, ДВП, фанеры проводят с учетом прочности материала. При этом важным критерием является предел прочности при статическом изгибе (для ДСП, ДВП, фанеры) и предел прочности при растяжении (для ДСП, фанеры). При оценке качества фанеры и ряда других материалов (оконные и дверные коробки, паркет) определяют прочность клеевых соединений. Механические свойства фанеры характеризует также предел прочности при скалывании по клеевому слою. В табл. 3 приведены показатели предела прочности при изгибе и растяжении фанеры общего назна-

чения. Предел прочности при изгибе ДСП (марок П-А, П-Б, толщиной от 8 до 30 мм) не менее 12–18 МПа, при растяжении 0,25–0,35 МПа.

Для определения предела прочности при статическом изгибе образцы ДСП изготавливают в виде прямоугольного бруска, ДВП – в виде пластин. Длина образцов ДСП должна быть равна 10-кратной толщине плиты, но не менее 250 мм, длина образцов ДВП – 15-кратной толщине (для полутвердых, твердых и сверхтвердых). Припуск для образцов 50 мм. Длина образцов фанеры должна быть равна 15-кратной толщине материала, но не менее 150 мм, ширина 50 мм. Для определения предела прочности при растяжении образцы фанеры должны иметь длину 225 и ширину 15 мм.

К отрицательным характеристикам древесины относят возможность образования пороков (см. выше), сравнительно высокие гиг-

Таблица 3

**Прочностные показатели фанеры общего назначения
(при влажности 5–10%)**

| Показатель | Толщина, мм | Марка | Фанера с внутренними слоями из шпона древесины | | | |
|--|-------------|-------|--|---------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | | | березы | ольхи, бука, клена, ильма | сосны, лиственницы, пихты, кедра | липы, осины, тополя |
| Предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон наружных слоев, Мпа, не менее: | 9–30 | ФСФ | 60 | 50 | 40 | 30 |
| | | ФК | 55 | 45 | 35 | 25 |
| Предел прочности при растяжении вдоль волокон, Мпа, не менее: | 3–6,5 | ФСФ | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | | ФК | 30 | 30 | 30 | 30 |

роскопичность и водопоглощение, низкую биостойкость, в том числе возможность загнивания. Так, при увеличении влажности от 8–12 до 30% прочность древесного материала снижается в 1,5–2 раза, заметно повышается теплопроводность.

При изменении влажности также происходит усадка или набухание древесины. При этом они различны в тангенциальном и радиальном направлениях, высыхание происходит неравномерно. В результате внутренние напряжения в материале могут вызвать коробление или растрескивание (рис. 32). Наличие в древесине определенного количества влаги (обычно более 18–20%), изменение ее количества и перемена температуры создают условия для развития дереворазрушающих грибков. В соответствии

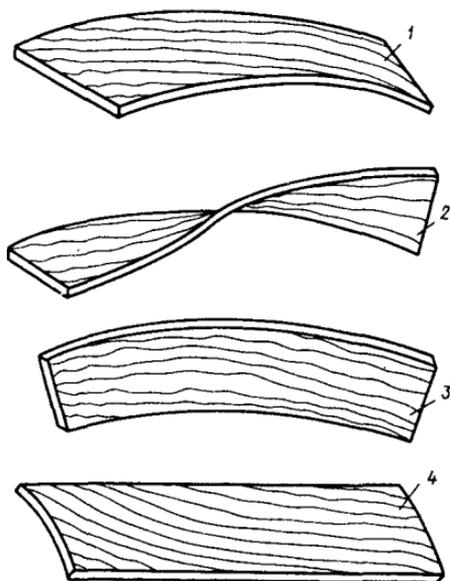


Рис. 32. Деформации досок из древесины

1 – продольная по пласти; 2 – крыловатость; 3 – продольная по кромке; 4 – поперечная

с требованиями ГОСТа, влажность конкретных древесных материалов должна находиться в определенных пределах. Так, например, влажность древесины деталей дверей и окон должна быть 12 ± 3 (наружные, тамбурные двери, коробки окон) или $9 \pm 3\%$ (внутренние двери, створки, фрамуги, форточки). Древесина штучного паркета должна иметь влажность $9 \pm 3\%$, паркетных досок и щитов — $8 \pm 2\%$. Доски для покрытия пола, плинтусы, наличники, поручни, обшивки, в соответствии с ГОСТом, должны обладать влажностью в пределах $12 \pm 3\%$; фанера общего назначения — в пределах 5–10%, ДСП марок П-А, П-Б — 5–12%, ДВП — 3–12%.

Влажность древесных строительных материалов, в соответствии с требованиями ГОСТа, определяют путем высушивания образцов в специальных сушильных шкафах и взвешивания образцов до и после высушивания. Для ускорения испытаний рационально использовать современные нейтронные, электро- и электромагнитные влагомеры.

В ряде случаев необходимо принимать во внимание анизотропность свойств древесины — различное сопротивление физико-механическим воздействиям вдоль и поперек волокон материала. Теплопроводность, прочность при сжатии и растяжении вдоль волокон древесины заметно превышают аналогичные показатели поперек волокон.

Оценивая эксплуатационно-технические свойства древесных материалов, архитектор должен учитывать, что сравнительно крупные элементы конструкций из древесины, например клееные балки, арки, фермы, рамы, могут достаточно длительное время сохранять прочность в условиях пожара. Так, при периодическом действии огня и температуре 750°C конструкции из стали могут деформироваться через 15 мин, но конструкции из крупных деревянных элементов в аналогичных условиях потеряют необходимую прочность через 45 мин.

Современная специальная обработка древесины, в том числе антисептирование, антипирирование, позволяет получать долговечные негорючие материалы, объемы применения которых в отечественном строительстве должны увеличиваться.

Эстетические характеристики многих материалов связаны с цветом, блеском и текстурой соответствующей породы дерева. Указанные эстетические свойства зависят от комплекса различных факторов, среди которых следует выделить климат и место роста дерева, его возраст, время и условия хранения древесины. Более яркая окраска характерна для древесных пород, которые растут в южных районах. Цвет свежего разреза или раскола большинства пород древесины постепенно под влиянием воздуха и света изменяется — становится менее ярким,

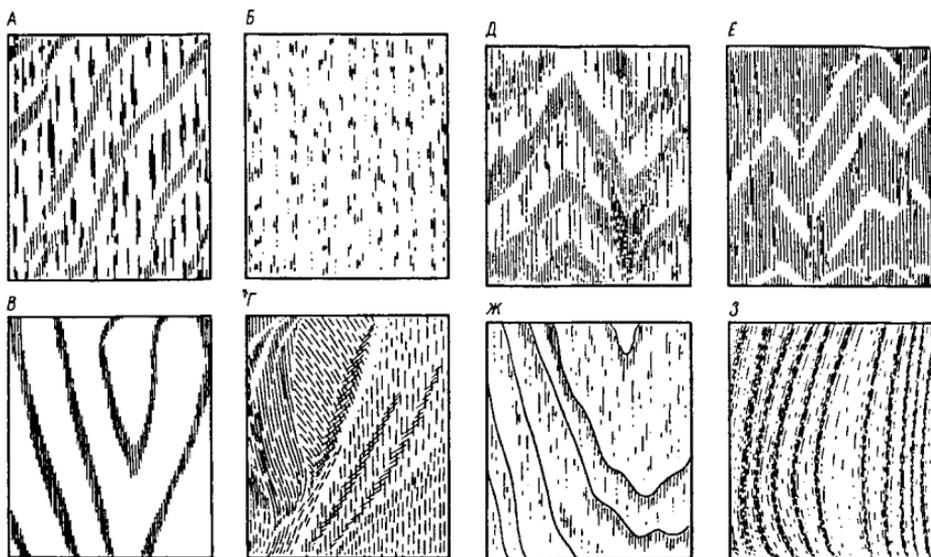


Рис. 33. Текстура различных пород древесины

А – дуб; Б – бук; В – береза; Г – орех; Д – сосна; Е – кедр; Ж – клен; З – карагач

приобретает более темный оттенок. Блеск различных пород древесины связан с их плотностью и видом разреза или раскола (сердцевинные лучи направленно отражают световой поток).

Текстура древесины целиком определяется характером макроструктуры на конкретном разрезе, а также различием в цвете определенных его участков (рис. 33). Следует подчеркнуть более разнообразную текстуру лиственных пород по сравнению с хвойными.

Текстура хвойных пород характеризуется прежде всего хорошо различимыми на всех разрезах годичными слоями и заметными переходами по цвету от поздней к ранней древесине. Сердцевинные

лучи многочисленны, но очень узкие и почти не видны. В древесине сосны, лиственницы, ели, кедр имеют смоляные ходы, которые располагаются в поздней части годичных слоев. В древесине пихты смоляных ходов нет. Выразительный рисунок из конусообразных линий годичных слоев получается на тангенциальном разрезе. Разнообразие текстуры лиственных пород достигается наличием хорошо заметных сосудов – крупных или мелких (в зависимости от конкретной породы), разнообразными по размерам и характеру сердцевинными лучами у свилеватой древесины, например карельской березы, у древесины дуба на радиальном разрезе.

Таблица 4

Эстетические характеристики различных пород древесины

| Порода древесины | Цвет | Текстура |
|---|---|---|
| Хвойные породы | | |
| Сосна | Желтоватый или красноватый (ядро – розовое, красноватое, заболонь – желтоватая) | Годичные слои различаются на всех разрезах; резкие переходы по цвету от поздней (красновато-бурая) к ранней древесине (желтовато-белая) |
| Лиственница | Бурый оттенок (ядро – красновато-бурое, заболонь – буровато-белая) | Годичные слои различаются на всех разрезах; резкие переходы по цвету от поздней (темно-бурая) к ранней древесине (светло-бурая) |
| Кедр | Розоватый оттенок (ядро – от светло-розового до красноватого с желтым оттенком, заболонь – желтовато-белая) | Годичные слои различаются на всех разрезах; постепенный переход по цвету от поздней (желтовато-розовая) к ранней древесине |
| Ель | Белый с желтоватым оттенком (ядра нет) | Годичные слои различаются на всех разрезах; постепенный переход по цвету от поздней (светло-бурая) к ранней древесине |
| Пихта | Белый со слабым буроватым оттенком (ядра нет) | Годичные слои различаются на всех разрезах; постепенный переход по цвету от поздней (слабый буроватый оттенок) к ранней древесине |
| Лиственные породы | | |
| <i>А. Кольцесосудистые</i> | | |
| Дуб | Желтовато-коричневый оттенок (ядро – желтовато-коричневое или темно-бурое, заболонь – светло-желтая). Характерный блеск от сердцевинных лучей | Годичные слои хорошо видны на торцевом разрезе; сердцевинные лучи хорошо развиты и видны на всех разрезах; сосуды мелкие, располагаются радиальными рядами в поздней части годичного слоя |
| Ясень | Желтоватый оттенок (ядро – светло-бурое; заболонь – желтовато-белая) | Годичные слои хорошо видны; сердцевинные лучи на торцевом разрезе почти не видны; на радиальном разрезе заметны в виде коротких черточек; сосуды мелкие |
| <i>Б. Рассеянно-сосудистые (ядра нет)</i> | | |
| Береза | Белый с красноватым или желтоватым оттенком | Годичные слои и сосуды различаются плохо, сердцевинные лучи различаются только на радиальном разрезе |
| Липа | Белый со слабым розоватым оттенком | Годичные слои и сосуды различаются плохо, сердцевинные лучи различаются на радиальном и поперечном разрезах |
| Осина | Белый со слабым зеленоватым оттенком | Годичные слои, сосуды и сердцевинные лучи различаются плохо |
| Бук | Красновато-белый | Годичные слои ясно различаются, сосуды мелкие и малозаметные, широкие сердцевинные лучи на всех разрезах |

Сведения о цвете и текстуре ряда основных пород древесины, используемых в отечественном строительстве, приведены в табл. 4.

Цвет древесины различных пород определяют на свежих разрезах или расколах, пользуясь атласом цветов или опорной шкалой цветов. Визуально оценивают текстуру и блеск древесины.

При оценке эстетических характеристик конкретных материалов из древесины обращают внимание на возможные пороки и дефекты на лицевой поверхности. Например, на лицевой поверхности штучного паркета не допускаются прорость, червоточина, кармашки, засмолки, трещины, заболонные грибковые окраски и другие пороки, а также дефекты обработки — отщепы, сколы, вырывы, задиры, выщербины.

К характерным дефектам материалов из древесины относится шероховатость поверхности, которая образуется в результате ее неровностей, наличия ворсистости отдельных волокон и мшистости. Шероховатость определяется среднеарифметическими максимальными высотами неровностей — от вершины гребня до дна впадины и визуальной оценкой ворсистости и мшистости. Установлено 12 классов шероховатости поверхности древесных материалов и изделий (первая цифра обозначает № класса, после тире дана среднеарифметическая величина высот неровностей, мкм, не более): 1 — 1600, 2 — 1200, 3 — 800, 4 — 500, 5 — 320, 6 — 200,

7 — 100, 8 — 60, 9 — 32, 10 — 16, 11 — 8, 12 — 4. Например, шероховатость поверхности пиломатериалов должна быть не более 1200 мкм (2 класс).

Шероховатость поверхности определяют индикаторными глубиномерами, для более точных измерений пользуются микроскопами и другими приборами. Способ отделки, внешний вид и размеры древесных строительных материалов оценивают визуально и с помощью металлических линеек, рулеток, набора щупов, угломеров, поверочных угольников, индикаторных толщиномеров, микрометров.

3.5. Области применения

Древесные материалы применяют в современной архитектуре как конструкционные, но чаще как конструкционно-отделочные и отделочные.

Весьма популярны малоэтажные жилые дома из бревен или бруса. Бревенчатые дома (рис. 34) строят в средней полосе, на севере России, в Скандинавских (в основном в Финляндии) и других странах. Чаще в современной деревянной архитектуре применяют пиломатериалы (брус, доски). В заводских условиях из них изготавливают сборные элементы (панели) различных размеров. Сравнительно низкая теплопроводность ограждающих панелей обеспечивается древесно-волокнистыми, минераловатными или



*Рис. 34. Современный бревенчатый дом.
Архит. П. Н. Денисов*

пенопластовыми плитами. Например, из панелей построены в конце 70-х гг. XX в. жилые дома в пос. Сельская Новь Кунцевского района Подмосковья. Размер сборных элементов 120×120 см, небольшие фермы перекрытия позволяли легко менять планировку комнат. Из восьми панелей, жестко скрепленных болтами, были собраны домики легкого типа площадью 16 м^2 в спортивно-оздоровительном лагере Московского архитектурного института под Москвой (рис. 35).

Пиломатериалы для производства сборных элементов малоэтажных зданий в больших объемах применяют в Финляндии, Швеции, Норвегии, США, Канаде, а также

в странах с ограниченными запасами сырья — Германии, Англии, Франции и даже Японии. Так, в Финляндии положительная оценка опыта малоэтажного деревянного строительства с эксплуатационно-технической, эстетической и экологической точек зрения не вызывает сомнений. Характерен пример использования пиломатериалов для панелей 227×260 см из каркасов в виде обвязки, жестко скрепленной досками по вертикали и горизонтали. Эти сборные элементы, а также плиты покрытий и перекрытий размером 240×480 см применены при строительстве жилых домов на рельефном участке Олари около Тапиолы. Разнообразная отделка

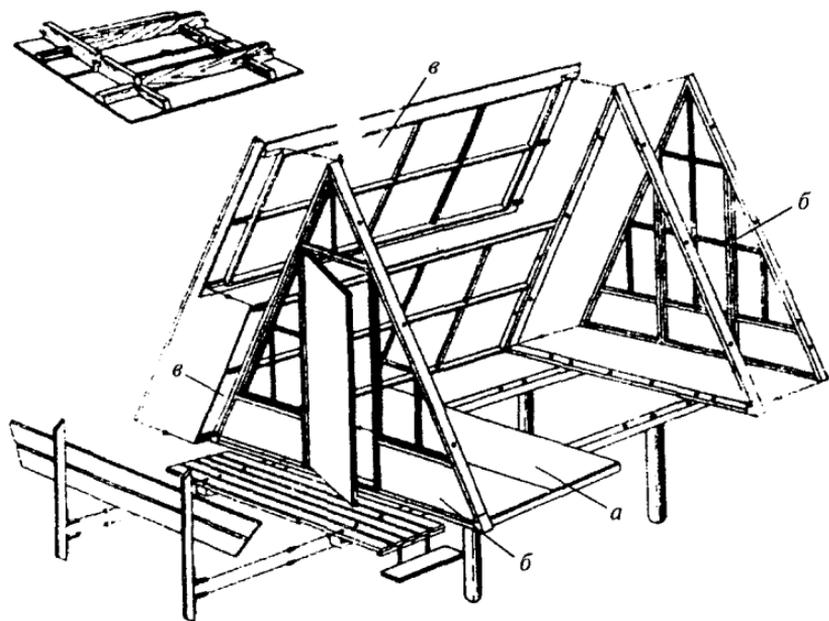


Рис. 35. Монтажная схема домика легкого типа. Архит. Л. Лисенко
Панели: а — пола (2 шт.); б — боковых стен (2 шт.); в — крыши (4 шт.)

лицевой поверхности панелей (обшивка тесом в вертикальном и горизонтальном направлениях, облицовка плитами) обеспечила оригинальный внешний вид зданий и жилого массива в целом.

Брус для каркасов сборных элементов малоэтажных зданий, древесно-волокнистые, цементно-стружечные плиты, фанеру и тонкие листы из стали, алюминия, меди для обшивки использовали в Скандинавских странах, США, Венгрии.

Пиломатериалы применяют и для возведения каркасов малоэтажных зданий, где соединения вертикально и горизонтально расположенных балок, стен и перекрытий (заполнение каркаса) обеспечивают

необходимую прочность и жесткость конструкции. В отечественном деревянном городском и сельском строительстве можно выделить два типа конструкций: стоечно-балочная система с обшивкой и заполнением пустот теплоизоляционным материалом и соединенные каркаса со щитами определенных размеров (рис. 36).

Деревянный каркас четырех основных типов — штутгартский, лейпцигский, фрайбургский и «решетчатый» — преобладающая конструкция соответствующих зданий в Германии. Многочисленные разновидности каркасных конструкций популярны в европейских странах и США.

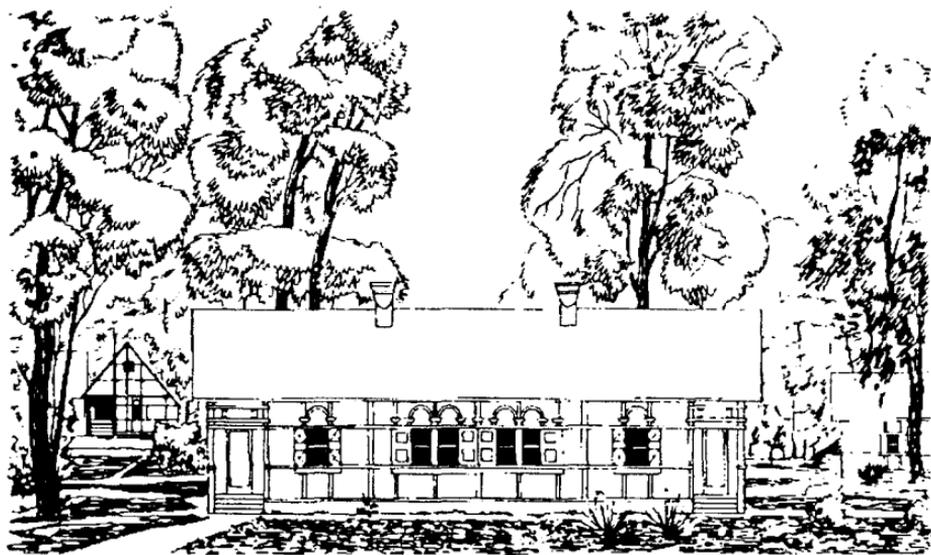


Рис. 36. Жилой дом каркасно-щитовой конструкции. Архит. Г. П. Гольц

Известны примеры изготовления и применения сборных элементов жилых зданий из материалов на основе отходов деревообработки. В российской архитектурно-строительной практике применяли панели из арболита — смеси минерального вяжущего (портландцемента), различных древесных и растительных частиц (опилок, стружек, дробленки, костры льна и др.). Для отделки лицевой поверхности панелей использовали различные способы.

Значительной технико-экономической эффективностью обладает производство и применение элементов деревянных клееных конструкций (ДКК) — балок, рам, арок, ферм, пространственных структур. В настоящее время во многих стра-

нах соответствующее производство представляет самостоятельную отрасль промышленности, включающую научные центры, проектные мастерские, специализированные заводы.

В практике строительства выделяют прямолинейные и пространственные типы конструкций из индустриальных деревянных клееных изделий.

Для перекрытий в зданиях промышленного и общественного назначения применяют балки с прямоугольной, тавровой и коробчатой формой сечения. Их изготавливают склеивая доски или клефанерными (с брусчатой обвязкой). Форма и вид балок, как и их расположение, непосредственно влияют на эстетические характеристики соору-

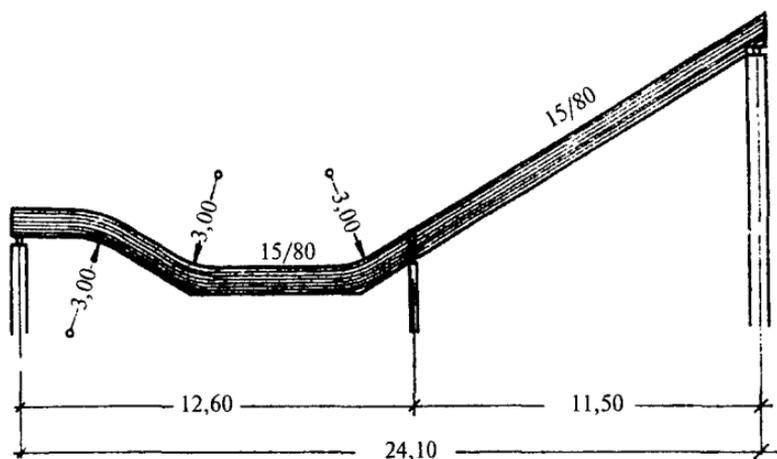


Рис. 37. Профиль балки ломаного очертания для здания ратуши в Нюртингене, Германия

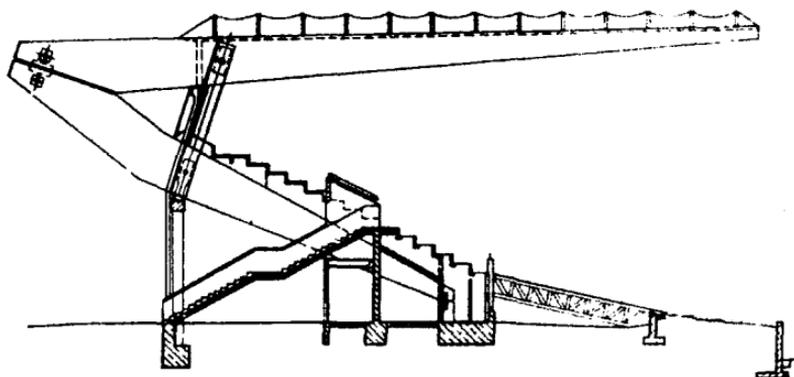


Рис. 38. Г-образная рама трибун велотрека в Мюнхене, Германия. Архит. Байер, Дамс и др.

жения. Своеобразна пластика здания при использовании перекрытия из неразрезных ломаных балок, например в здании ратуши в Нюртингене, Германия (рис. 37).

При жестком соединении балок, расположенных горизонтально, вертикально или с наклоном, получают рамные конструкции. Их форма, в том числе с прямыми и ло-

маными ригелями, влияет на восприятие эстетики здания и интерьера. Г-образная форма рамы использована при строительстве трибун велотрека в Мюнхене (Германия). При высоте консольного перекрытия 37 м по контуру сооружения (110×150 м) расположены 56 таких рам (рис. 38). Не менее оригинальны гнутые рамы и ригели пла-

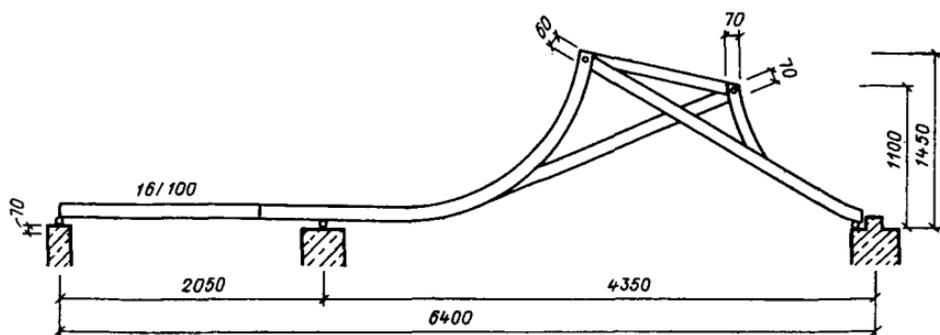


Рис. 39. Поперечный разрез конструкций плавательного бассейна в Берке, Франция

вательного бассейна в г. Берке, Франция (рис. 39).

Большими формообразующими возможностями обладают деревянные арки разнообразной конфигурации, перекрывающие пространство до 100 м и более. При строительстве катка в Архангельске применялись трехшарнирные арки пролетом 63 м, в Ржеве рынок перекрыт треугольными арками пролетом 47 м. Арки определенных типов использованы для покрытия плавательного бассейна в Крезе, Франция (рис. 40), спортивной арены в Турку, Финляндия, для моста через реку Неккар в Ротенбурге, Германия.

Фермы производят с не менее разнообразными конструкциями. Например, треугольная открытая во внутреннее пространство ферма с нижней затяжкой перекрывает 53-метровый пролет стадиона в г. Лаппеэнранта, Финляндия; фермы пролетом 56,1 м разнообразной формы перекрывают каток в Нюрнберге, Германия (рис. 41).

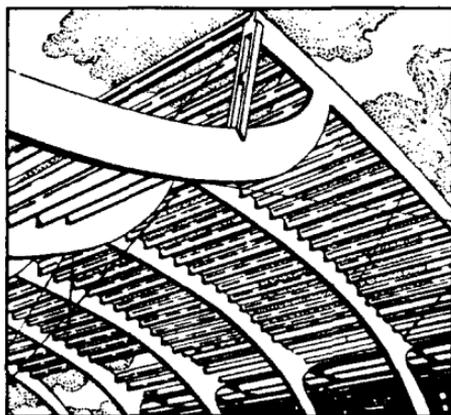


Рис. 40. Арки покрытия плавательного бассейна в Крезе, Франция (по Л. Лисенко)

Формообразующие возможности элементов ДКК хорошо проявились при создании пространственных покрытий: различных типов оболочек, кружально-сетчатых сводов, складчатых элементов, куполов.

Волнистая оболочка использована при устройстве покрытия бассейна «Чайка» в Москве. Оболочки гипара применены для пе-

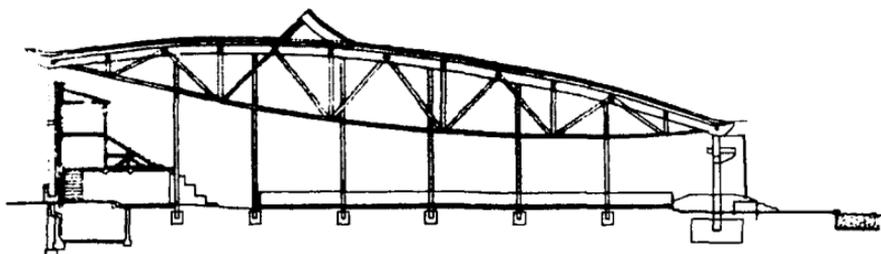


Рис. 41. Поперечный разрез рыбообразной фермы крытого катка в Нюрнберге, Германия. Архит. Т. Ворлейн

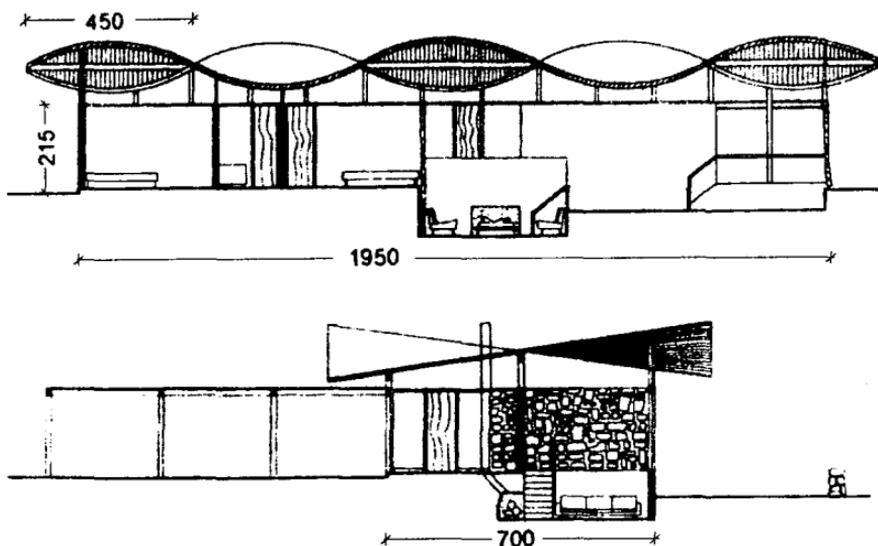


Рис. 42. Конноидальные оболочки Дома архитектора в Ламбертвилле, штат Нью-Джерси, США. Архит. Ю. Грегори

рекрытия коттеджа в г. Хегенхейме, Франция, павильона информации на центральной площади Брюсселя, Бельгия. Пять оболочек конноидов использованы в Доме архитектора в Ламбертвилле, США (рис. 42).

Кружально-сетчатые своды изготовляли, как правило, из от-

дельных цельных косяков пролетом до 100 м.

Перекрытия с разнообразными формами получали при использовании складчатых элементов в виде ромба, согнутого по большей диагонали.

Весьма разнообразны планы зданий, покрытых по контуру куполами

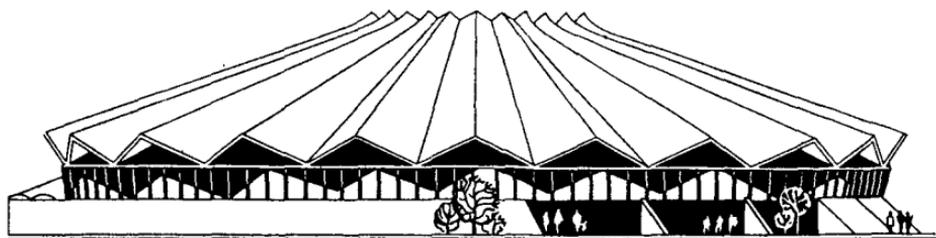


Рис. 43. Ребристый купол выставочного дворца в Авиньоне, Франция.
Архит. Ш. Андре, Е. Дексхаймер



Рис. 44. Косая, вертикальная и горизонтальная обшивки на фасадах зданий детского сада в Сандвикене, Швеция (по Л. Лисенко)

из элементов ДКК: квадратные, круглые, овальные, многогранные. Выставочный дворец на городской ярмарке в Авиньоне, Франция, покрыт ребристым куполом пролетом 102 м (рис. 43). Ребристый конический купол диаметром 47,7 м построен для цирка в Мюнхене, Германия.

Современные зодчие, используя древесные материалы для наружной отделки, уделяют внимание членению фасада на отдельные объемы или плоскости, простенки и проемы, балконы, лоджии, выделению элементов конструкции. Они предусматривают, например,

расположение обшивки из пиломатериалов в разных направлениях на фасаде детского сада в Сандвикене, Швеция (рис. 44). Своеобразен фасад церкви в г. Лафайетте, США, где для отделки использован гонт (рис. 45).

Часто при создании образа интерьера общественного или жилого здания композиционный акцент связан с открытыми элементами конструкций из древесных материалов. Например, эстетика интерьера ресторана «Мерепинга» около Таллинна в большой мере определяется легкими стропилами и ригелями, интерьера культового зда-

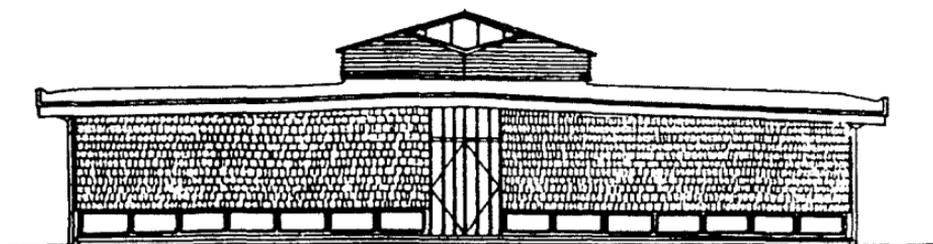


Рис. 45. Фасад церкви, обшитый гонтом, в Лафайетте, США
(по Л. Лисенко)

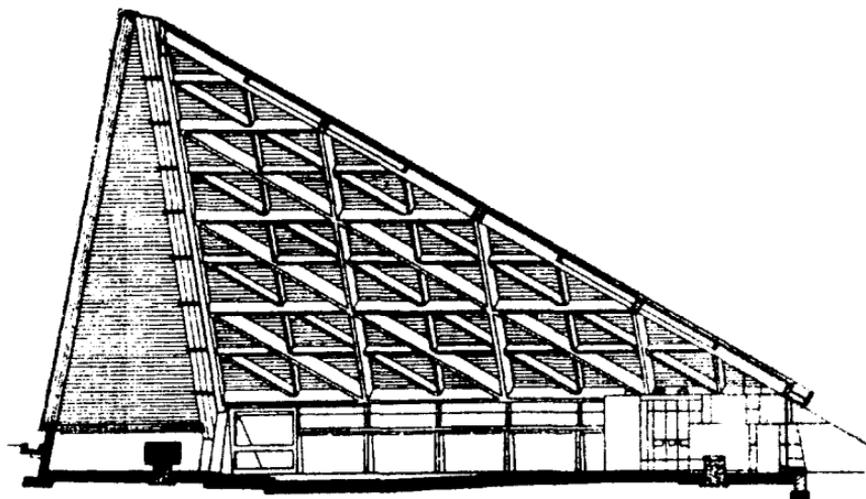


Рис. 46. Конструкции в интерьере здания в Либрамоне, Бельгия.
Архит. М. и П. Миньо

ния в г. Либрамон, Бельгия, — ритмичной раскладкой конструктивных элементов (рис. 46). В плавательном бассейне в г. Корбей-Эссон, Франция, открытые элементы ДКК сочетаются с контрфорсами из бетона. Не случайно в современных коттеджах, загородных домах, в интерьерах жилых комнат часто предусматривают устройство фальшбалок из клеенных досок (как правило, с имита-

ционной отделкой лицевой поверхности) на длину или ширину потолка.

Традиционный характер отечественного жилища, формировавшийся на протяжении многих веков, предполагает широкое применение материалов из древесины для покрытий полов. Использование этих материалов заметно увеличивается и в зарубежных странах, особенно в Скандинавских,

где древесина издавна, как и на Руси, применялась для покрытий полов.

Нередко в отечественной практике используют дощатый настил из массивной древесины. Однако его высокая материалоемкость (доски делают толщиной 28 и даже 36 мм), необходимость обязательной постройки доводки и окраски, возможность коробления досок и расстройств стыков между ними, не позволяет считать его перспективным.

Большой популярностью в современной архитектурно-строительной практике для покрытий полов в жилых и общественных зданиях пользуются паркетные щиты и доски. Многочисленные фирмы выпускают разнообразные виды этих промышленных изделий.

Вместе с тем для покрытий полов применяют материалы на основе древесных отходов — ДСП, ДВП и экологически чистые ЦСП. Из них устраивают сборные стяжки под рулонные покрытия, но их можно использовать и непо-

средственно для лицевого покрытия пола с последующей окраской или с заводским отделочным слоем.

Однако среди всех современных древесных материалов с эстетической и экологической точек зрения выделяются прежде всего те, которые получают из натуральной (массивной) древесины, — бревна, брус, шпон, пиломатериалы, разновидности паркета, фрезерованные изделия. Природные цвет и рисунок древесных пород вызывают ощущение теплоты, комфорта и положительные эмоции, а природные составляющие уникальной структуры древесины оказывают положительное влияние на физическое состояние человека. Поэтому особое внимание следует уделять прозрачной отделке древесных материалов и элементов деревянных клееных конструкций. Кроме того, стадии производства, применения и утилизации древесных материалов экологически безопасны.

Глава 4. МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

4.1. Определение, краткие исторические сведения

Материалы из природного камня получают путем добычи и обработки горных пород.

Наиболее древние сооружения, сохранившиеся до наших дней, построены из природного камня. Мегалитические культовые сооружения — менгиры, состоящие, как правило, из одного блока; дольме-

ны и кромлехи – явились первыми зданиями, имеющими внутреннее пространство, масштаб, ритм. Знаменитый кромлех Стоунхендж в Великобритании у г. Солсбери построен от 1900 до 1400 г. до н. э. и включает три сооружения (рис. 47). Чаще всего для известных мегалитических построек использовали примитивно обработанные блоки из известняка или песчаника.

На протяжении тысяч лет основными зданиями из природных каменных материалов были монументальные культовые сооружения, где масса преобладала над внутренним пространством (рис. 48).

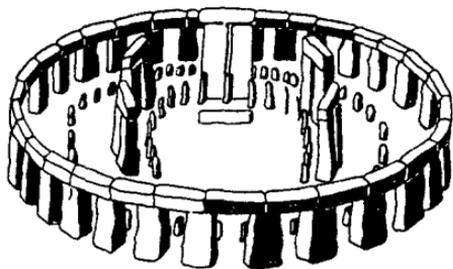


Рис. 47. Кромлех Стоунхендж, Великобритания

В Древнем Египте каменоломни находились по всей Нильской долине. В них добывали гранит, диорит, базальт, порфиры, известняк, песчаник, которые использовали

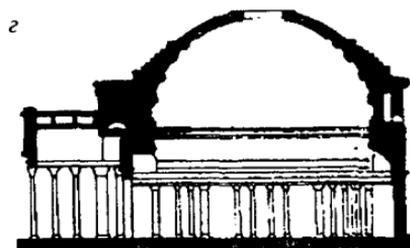
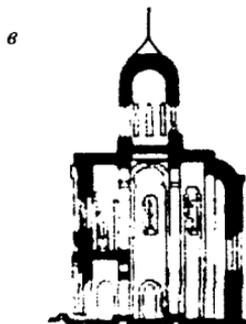
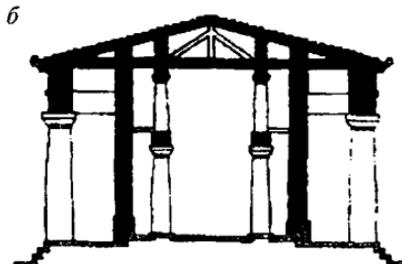
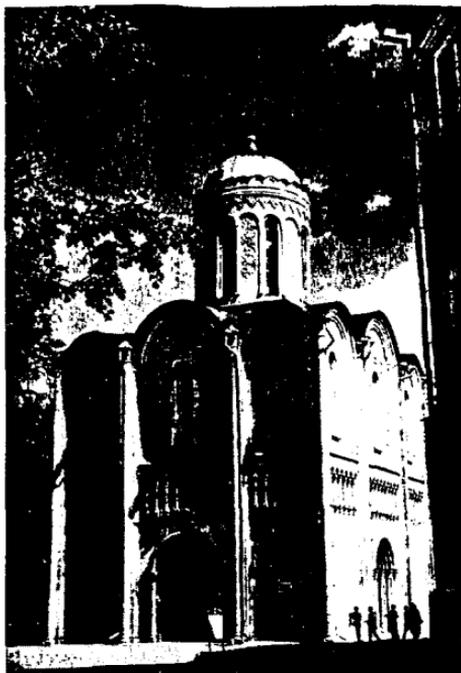


Рис. 48. Схемы древних сооружений из природного камня, где масса материала преобладает над внутренним пространством (а, б, в), и здания из искусственного камня – бетона со сравнительно большим внутренним пространством (г)

а – храм Амона в Карнаке, Египет; б – храм Зевса в Олимпии, Греция; в – Храм Покрова Богородицы на Нерли; г – Пантеон в Риме, Италия



*Рис. 49. Дмитриевский собор
во Владимире*

для строительства. И интерьер, и внешний облик египетских храмов и гробниц предельно лаконичны, массивны и монументальны.

Массивные культовые каменные сооружения (ступы, храмы) Древней Индии, древних майя (пирамиды, дворцы) украшены разнообразной резьбой.

В каменной архитектуре Древней Греции храмы господствуют над окружающим пространством, они имеют четкое разделение несущих и несомых элементов. Размеры и пропорции ордера связывались со свойствами природного камня. Древние греки разработали архитектуру каменной стены, рас-

членив ее на блоки и подчеркивая швы. Размеры блоков из природного камня зависели от размеров сооружения и места их размещения (более крупные блоки укладывали в основание стен). Стоечно-балочные конструкции античной Греции нашли применение в архитектуре последующих столетий.

В Древнем Риме строили монументальные общественные здания — термы, амфитеатры, базилики. Решая задачу перекрытия больших пространств, древнеримские зодчие стали применять искусственный камень — бетон, а природный камень использовали как отделочный облицовочный материал.

Среди отдельных ярких мазков на огромной картине древней мировой архитектуры из природного камня отметим творения мастеров Византии, Сирии, Армении, Грузии и, конечно, Руси. Дмитриевский собор в г. Владимире — яркий пример самобытного русского каменного храма с великолепной резьбой (рис. 49).

Многие специалисты в области архитектуры считают готику вершиной зодчества из природного камня. Желание средневековых зодчих преодолеть недостатки природного камня как конструкционного материала привело к созданию очень сложных конструкций и объемных решений. Так, вертикальная направленность готических соборов явилась не только отражением религиозного стремления к небу, но и требованием учитывать свойства

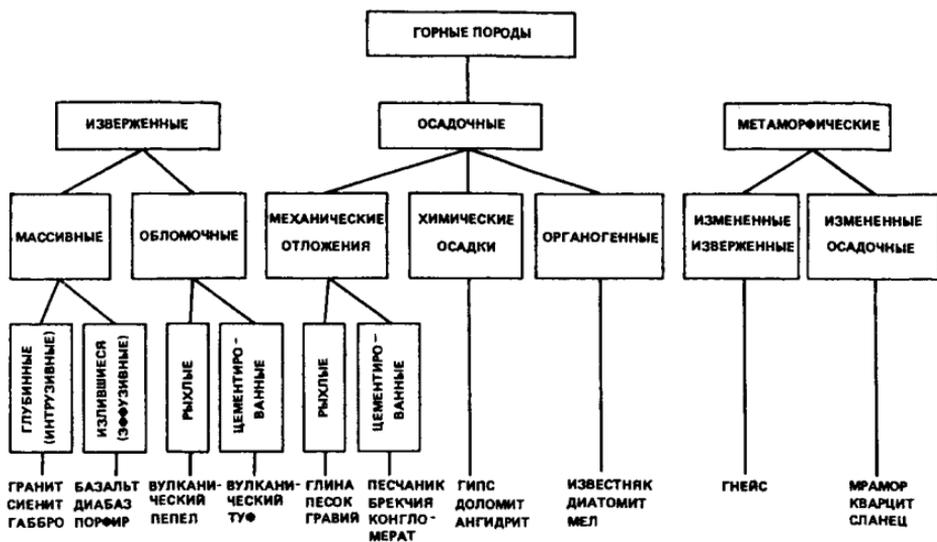


Рис. 50. Генетическая классификация и примеры горных пород

материала, причем строительство этих соборов длилось многие годы. Дальнейшее развитие архитектуры из природного камня, в том числе в эпоху Ренессанса, связано с переходом к более простым формам.

4.2. Основы производства

Сырье. Для производства материалов из природного камня используют горные породы, состоящие из одного природного минерала (вещества, примерно однородного по химическому составу и свойствам) — мономинеральные или, как правило, включающие в свой состав несколько минералов — полиминеральные. Классификация горных пород, в зависимости от

условий образования (генетическая), представлена на рис. 50.

Приведем краткую характеристику некоторых горных пород, используемых для производства материалов.

Изверженные породы весьма разнообразны по физико-механическим показателям. Если магма застывает на глубине и ее составные части успевают закристаллизоваться, то при этом образуются так называемые глубинные (интрузивные) породы, для которых характерна полнокристаллическая структура. Если в результате вулканической деятельности магма вырывается на поверхность, в зону значительно более низких температур, ее компоненты не имеют времени для кристаллизации и, застывая,

образуют породы со скрыто- и мелкокристаллическими структурами (эффузивные).

Многие природные камни рассматриваемой группы отличаются высокими плотностью, теплопроводностью, прочностью и используются исключительно в качестве конструкционно-отделочных и отделочных материалов.

Среди интрузивных пород более всего распространены граниты, среди эффузивных — базальты. Большинство изверженных пород отличается высокой стойкостью по отношению к атмосферному воздействию, и поэтому их часто используют для наружной отделки зданий и в качестве материалов для памятников и скульптур, устанавливаемых на открытом воздухе.

Вместе с тем достаточно широко распространены и обломочные (рыхлые и цементированные) изверженные породы, отличающиеся сравнительно высокой пористостью, — пемза, вулканический туф.

Осадочные породы сформировались в результате преобразования продуктов разрушения изверженных пород, морских и континентальных осадков в виде отдельных пластов и слоев на земной поверхности и вблизи нее при относительно низких температурах и давлении. *Механические отложения* образовались в результате осаждения или накопления рыхлых продуктов распада ранее существовавших пород, часть которых в дальнейшем подверглась цемен-

тированию, образуя конгломераты, брекчии и песчаники. *Химические осадки* образовались в результате осаждения из водных растворов минеральных веществ с последующим их уплотнением и цементацией. *Органогенные образования* — результат непосредственного осаждения, уплотнения и цементации остатков водорослей, организмов и продуктов их жизнедеятельности.

Наиболее распространенный вид осадочных пород механического образования — песчаник, представляющий собой чаще всего зерна кварца, сцементированные в природе кремнистым или известковистым цементом. Песчаники широко используют в строительстве, так как они хорошо обрабатываются и обеспечивают требуемую долговечность.

Среди осадочных пород химического образования наиболее распространен гипсовый камень. Его основное применение — отделка внутренних помещений. Для наружной отделки он непригоден, так как недостаточно стоек.

Сравнительно широко используется в качестве отделочного материала травертин — карбонатная порода, образующаяся в результате выпадения осадков из горячих вод. Травертин имеет характерную ноздреватую макроструктуру, придающую изделиям из него своеобразную фактуру, и применяется для внутренней и наружной отделки.

Очень редким отделочным (а также поделочным) камнем является полупрозрачный мраморный оникс, запасы которого ограничены.

Доломит — разновидность осадочных пород, которую называют известковым доломитом при содержании его в карбонатной породе от 50 до 90%, а при содержании менее 50% — доломитовым известняком. Доломит имеет разновидности своеобразной декоративности; используется как для наружной, так и для внутренней отделки.

Породы органического образования широко распространены в природе и имеют большое значение для строительных целей. Основная органическая порода — известняк, используемый в качестве стенового (пористые, известняки-ракушечники) и облицовочного (плотные) материала. Известняк — продукт жизнедеятельности животных и растительных организмов, состоит в основном из минерала кальцита. Известняки-ракушечники состоят из раковин моллюсков; шламовые известняки образованы из раздробленных органических осадков, рифовые — сложены преимущественно из остатков водорослей и кораллов.

Известняки могут быть и химического происхождения — в результате осаждения кальцита из растворов. Представителями таких известняков являются известковые туфы, распространенные значительно меньше.

Видоизмененные (метаморфические) породы образуются в толще земной коры в результате более или менее глубокого преобразования изверженных или осадочных горных пород при действии высоких температур и давления, а также возможных химических реакций. Метаморфические породы отличаются от исходных структурой и свойствами. По структуре их разделяют на массивные, или зернистые (мрамор, кварцит), и сланцеватые (гнейсы, сланцы).

Мрамор — наиболее распространенная метаморфическая порода, широко используемая в строительстве. Это название объединяет плотные карбонатные породы, часто весьма заметно отличающиеся по свойствам. Основная область применения мрамора — внутренняя отделка. При этом учитывают, что многие разновидности мрамора имеют сравнительно высокую истираемость, что ограничивает их применение для покрытия пола.

Основы технологии. Блоки камня, полученные на карьере, поступают на камнеобрабатывающие предприятия для переработки. Процесс, в результате которого камню придают требуемую форму, размер и фактуру лицевой поверхности, включает ряд операций, выполняемых в строгой последовательности разнообразными камнеобрабатывающими станками. На современных предприятиях камень обрабатывают механизированным способом. В зависимости от характера

используемого инструмента различают три основных вида обработки: резание, шлифование и скалывание. Каждый из этих видов, в свою очередь, делится на две стадии: придание камню формы и размеров выпускаемого изделия и обработку фактурную. Для этого лицевой поверхности изделия придают заданную степень рельефа.

Обработка *резанием* — наиболее современный процесс обработки камня: этот способ высокопроизводителен, дает меньше отходов и в наибольшей степени допускает автоматизацию производства. В зависимости от твердости камня используют стальные и твердосплавные резцы (для камней мягкой и средней твердости) или алмазный и карборундовый инструменты (для пород средней твердости и твердых) специальной конструкции.

Обработка *скалыванием* — также широко используемый способ, однако в большинстве случаев он сопряжен с постоянным участием оператора и поэтому более трудоемок. Ударная обработка камня механизирована и автоматизирована не полностью.

Придание камню требуемой формы, независимо от принятого способа обработки, выполняют в две стадии: сначала изделию придают форму, грубо приближающуюся к заданной, и лишь затем изделие получает окончательную форму в соответствии с проектом. Такое разделение операции повы-

шает производительность оборудования, дифференцируя его работу: каждая операция выполняется на специализированных станках.

При получении требуемой фактуры абразивную обработку производят, как правило, на шлифовально-полировальных станках.

Шлифование поверхности камня позволяет достичь высокой степени ее гладкости, вплоть до зеркального блеска (для этого используют войлочный круг, под который подают полировальный порошок). Процесс шлифования останавливают при получении поверхности с заданной степенью шероховатости. В практике фактурной обработки шлифованную фактуру с рельефом 0,2–0,5 мм получают при распиловке природного камня алмазными инструментами.

Фактура камня, обрабатываемого с помощью скалывающих инструментов, может характеризоваться наличием глубокого (до 50 мм и более) рельефа, создающего четкую светотень, повышающую декоративный эффект. Наиболее выразительный вид рельефа облицовочного камня — чередующиеся бугры и впадины. Более сложна фактура неглубокого рельефа, которая достигается последовательной обработкой поверхности специальными инструментами.

К достижениям камнеобрабатывающей промышленности относится получение тонкопиленых плит природного камня для облицовки, толщиной не более 10 мм, внедре-

ние ультразвуковой, плазменной, лазерной обработки материала, что позволяет увеличить выпуск материалов при одновременном снижении их себестоимости и повышении качества.

4.3. Номенклатура

Номенклатура материалов из природного камня включает блоки, камни, плиты, архитектурно-строительные изделия (плоскостные и профильные), в том числе специального назначения: для гидротехнических сооружений (морских и речных), подземных сооружений и мостов (тоннелей, подводных и надводных частей мостов), для дорожного строительства (рис. 51).

Блоки объемом не менее $0,1 \text{ м}^3$ для кладки фундаментов и стен, в зависимости от технологии обработки, выпускают колотые, тесаные, пиленые.

Камни размерами $390 \times 190 \times 188$, $490 \times 240 \times 188$, $390 \times 190 \times 288$ мм и др. аналогичны по назначению блокам.

Плиты шириной до 1200 мм, длиной, как правило, не менее ширины и толщиной от 5 до 40 мм используют для наружной и внутренней облицовки.

Архитектурно-строительные изделия служат для наружной и внутренней облицовки, устройства лестниц, парапетов площадок, ограждений. К этой группе изделий относятся плиты цокольные пиленые

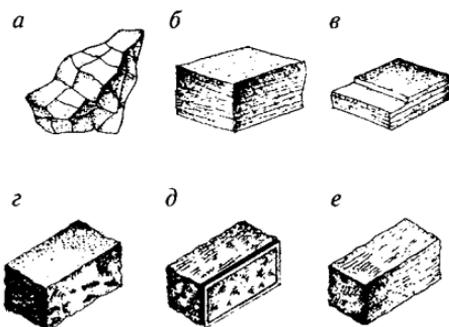
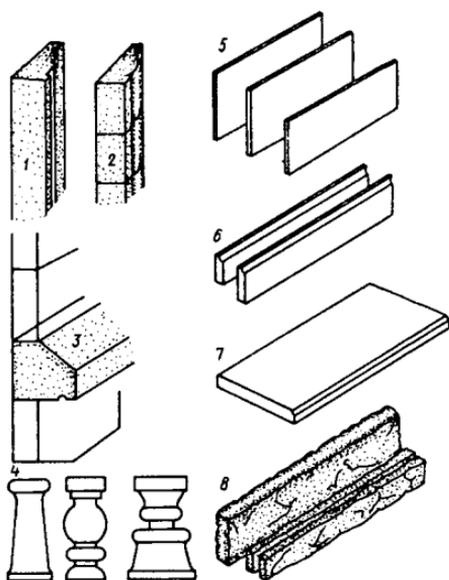


Рис. 51. Некоторые виды материалов из природного камня

1, 2 — фрагменты соответственно сплошного и составного портала; 3 — пояс междуэтажный; 4 — балясины; 5 — плиты; 6 — плинтусы; 7 — ступени; 8 — плиты колотые; виды бутового камня: а — рваный; б — постелистый; в — лешадный; блоки: г — колотый; д — тесаный; е — пиленый

ные и колотые, накрывочные пиленые и колотые, подоконные пиленые, ступени цельные пиленые и колотые, проступи пиленые,

парапеты прямоугольные и криволинейные, колонны, балясины, порталы, детали карниза, пояса, камень кордонный, шары декоративные.

Балясина — сравнительно невысокий фигурный столбик в форме тела вращения. Это элемент ограждения лестниц, террас, балконов, верхняя часть которого покрыта перилами. Изготавливают балясины в основном из мрамора.

Порталы — профильные изделия для обрамления дверных проемов, выполняемые, как правило, из гранита, габбро, лабрадорита и других изверженных пород.

Деталь карниза — профильное изделие в виде декоративного выступа на верхней части наружной облицовки поля стены, защищающего ее от стекающей с кровли воды. Получают при соответствующей обработке изверженных прочных горных пород.

Деталь пояса — горизонтальный выступающий элемент наружной облицовки, отделяющий цокольную часть от вышележащей стены. Для изготовления используют достаточно плотные и прочные горные породы.

Камень кордонный — профильное изделие верхней части массивного цоколя из плотных и прочных пород.

Декоративный шар — профильное изделие сферической формы. Шары (цельные, но чаще составные) используют при оформлении фасадов зданий, фонтанов, набе-

режных, в ландшафтной архитектуре. Изготавливают их обычно из гранита.

К материалам *специального назначения* относят бутовый камень (куски неправильной формы не более 50 мм по наибольшему измерению), щебень (куски до 150 мм из дробленого бута), плиты для гидротехнических сооружений, изготавливаемые из изверженных и осадочных горных пород; брусчатку в форме бруска, слегка суживающегося книзу, из однородных мелко- и среднезернистых изверженных пород, используют для мощения дорог; бортовые камни высотой до 400 мм из плотных изверженных пород для отделения дороги от тротуара; плиты для тротуаров (часто из гнейса) толщиной не менее 40 мм.

4.4. Свойства

Представления о свойствах природных каменных материалов связано, как правило, с высокой прочностью и долговечностью. Однако природный камень — материал весьма разнообразный по структуре, часто сложенный из различных минералов, нередко подвергающийся в процессе образования и последующего залегания в земной коре воздействию значительных напряжений. Влияние на свойства природных каменных материалов оказывают также способы его добычи и обработки.

Эксплуатационно-технические свойства природных каменных материалов (как и эстетические) определяются *структурой* горной породы. При ее оценке учитывают непосредственную связь с составом и свойствами породообразующих минералов, отличающихся разнообразными характеристиками (табл. 5).

Учитывая характеристики минералов, их количество и характер расположения, а также вид и расположение цементирующего вещества, выделяют кристаллические, пегматитовые, стекловатые, порфиоровые и другие структуры горных пород.

При определении характера кристаллической структуры горной породы устанавливают, в частности,

крупность зерен. В зависимости от их размеров у твердых горных пород (гранит и др.) выделяют крупнозернистые структуры — более 40 мм; среднезернистые — от 2 до 10; мелкозернистые — до 2 мм. У природных камней средней твердости (мрамор и др.) структура с размером зерен более 1 мм считается крупнозернистой; от 25 до 1 мм — среднезернистой; до 0,25 мм — мелкозернистой.

Образцы для оценки структуры и других физико-механических испытаний получают из природного камня, добываемого из массива на этапах геологической разведки. При оценке структуры природного камня отбирают куски возможно боль-

Таблица 5

Характеристика некоторых породообразующих минералов

| Минерал | Природный камень, в состав которого входит минерал | Плотность минерала, г/см ³ | Твердость минерала по шкале Мооса |
|---|---|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Кварц | Гранит, гнейс | 2,65 | 7 |
| Полевые шпаты: | | | |
| ортоклаз, микроклин (калиевый полевой шпат) | То же | 2,56 | 6 |
| плагиоклаз (натриевый полевой шпат) | Гранит, гнейс, диорит, габбро и др | 2,68 | 6 |
| Слюды: | | | |
| мусковит | Большинство изверженных природных камней, кроме карбонатных | 2,9 | 2 |
| биотит | То же | 3 | 2–3 |
| Пироксены: | | | |
| авгит | Гранит, габбро, диабаз, базальт, андезит, трахит и др. | 3,3 | 5–6 |
| роговая обманка | То же | 3,35 | 7 |

ших размеров с характерным для данной горной породы расколом. Учитывают размеры, форму образцов, характер раскола, фактуру поверхности раскола, стойкость минералов (способность при ударе раскалываться по определенным плоскостям), трещины, включения, секрети, а также звук от удара молотком.

Способы добычи и обработки природного камня, его рациональное применение в строительстве связывают прежде всего с *твердостью* материала.

При определении твердости природных камней пользуются шкалой Мооса, сравнивая их твердость с

твердостью определенных минералов, расположенных в характерном порядке по мере нарастания твердости: тальк, гипс, кальцит, плавиковый шпат, апатит, ортоклаз, кварц, топаз, корунд, алмаз. Более точные данные о показателе рассматриваемого свойства получают, определяя микротвердость горной породы с помощью специального прибора (ПМТ-3), принцип действия которого основан на вдавливании в образец алмазной пирамиды (табл. 6).

В зависимости от твердости природные камни делятся на три группы (табл. 7).

В состав твердых природных камней входят минералы, имеющие твер-

Таблица 6

Соотношение между твердостью минералов по шкале Мооса и твердостью, определяемой на приборе ПМТ-3

| Минерал | Структура | Твердость по шкале Мооса | Твердость по ПМТ-3, МПа |
|-----------------|---|--------------------------|-------------------------|
| Тальк | Чешуйчато-кристаллическая, совершенная спайность в одной плоскости | 1 | 24 |
| Гипс | Зернисто- или волокнисто-кристаллическая, совершенная спайность в одной плоскости | 2 | 360 |
| Кальцит | Кристаллическая, совершенная спайность в трех плоскостях | 3 | 1090 |
| Плавиковый шпат | Зернисто-кристаллическая, совершенная спайность в трех плоскостях | 4 | 1890 |
| Апатит | Зернисто-кристаллическая, совершенная спайность | 5 | 5360 |
| Ортоклаз | Призматическая, совершенная спайность в двух плоскостях | 6 | 7950 |
| Кварц | Кристаллическая, спайность отсутствует | 7 | 11 200 |
| Топаз | Кристаллическая, совершенная спайность в одной плоскости | 8 | 14 270 |
| Корунд | Мелкокристаллическая, спайность отсутствует | 9 | 20 600 |
| Алмаз | Кристаллическая, спайность по граням октаэдра | 10 | 106 000 |

Таблица 7

Классификация природных каменных материалов по твердости

| Твердые | Средней твердости | Мягкие |
|---|--|---------------------|
| Гранит, гнейс, диорит, сиенит, габбро, лабрадорит, тешенит, диабаз, кварцевый порфир, базальт | Мрамор (ахроматический и хроматический), конгломерат, брекчия, известняк, песчаник, вулканический туф, известковый туф, сланцы | Гипсовый, тальковый |

дость по шкале Мооса 6–7. Аналогичный показатель у камней средней твердости 3–5, у мягких 1–2.

Твердые природные камни обладают более высокой монолитностью структуры по сравнению с материалами средней твердости и мягкими.

Средняя плотность природных каменных материалов, в зависимости от их вида, обычно находится в пределах 800–3100 кг/м³.

Характерная средняя плотность природных камней, кг/м³

Твердые породы

| | |
|------------------------|-----------|
| Габбро | 3000–3100 |
| Диабаз | 2900–3000 |
| Базальт | 2900–3000 |
| Лабрадорит | 2700–2800 |
| Тешенит | 2700–2800 |
| Кварцевый порфир | 2600–2700 |
| Гранит | 2600–2800 |
| Диорит и сиенит | 2600–2700 |
| Гнейс | 2500–2600 |

Породы средней твердости

| | |
|-------------------------|-----------|
| Мрамор | 2700–2800 |
| Брекчия | 2400–2500 |
| Песчаник | 2400–2500 |
| Известковый туф | 2100–2300 |
| Сланцы | 2200–2400 |
| Известняк | 1100–2300 |
| Вулканический туф | 800–1100 |

Действие воды, замораживания-оттаивания, а также механических нагрузок на свойства природных каменных материалов в большей мере зависит от пористости, которая меняется в весьма широких пределах (табл. 8).

Водопоглощение твердых природных камней, как правило, находится в пределах 0,01–5%: у гранита, диорита и сиенита – 0,1–1; габбро – 0,1–0,2; лабрадорита и тешенита – 0,2–1; диабаз – 0,01–0,2; кварце-

Таблица 8

Пористость природных камней

| Группа природных камней | Природный камень | Пористость |
|-------------------------|------------------|------------|
| Твердые | Гранит | 0,45–1,5 |
| | Диорит | 1,4–1,5 |
| | Габбро | Менее 0,22 |
| | Диабаз | 0,1–0,2 |
| | Кварцевый порфир | 1,47–3,68 |
| | Базальт | 0,4–1,5 |
| Средней твердости | Мрамор | 0,59–1 |
| | Известняк | 0,36–27 |
| | Песчаник | 2,8–3 |
| | Туф | 4,72–13,22 |

вого порфира — 0,1–5; базальта — 1–5. Водопоглощение у природных камней средней твердости 0,1–40%, в том числе мрамора — 0,1–0,7; известняка — 0,5–40; песчаника — 0,2–2,5; туфов — 4–40%.

Коэффициент размягчения указанных природных каменных материалов средней твердости, как правило, не менее 0,6.

Морозостойкость каменных материалов сравнительно высока. Твердые природные камни (гранит, диорит, сиенит, габбро) выдерживают 300 и более циклов лабораторных испытаний; диабаз, базальт — 50 и более. Природные камни средней твердости — более 25 циклов, мягкие — 15 циклов и более.

Предел прочности при сжатии природных каменных материалов в зависимости от их твердости приведен в табл. 9.

Для определения предела прочности при сжатии обычно испытывают образцы в виде куба или цилиндра, выпиленные или высверленные из целого изделия. Для испытания сравнительно крупных блоков, высота которых более чем в 1,5 раза превышает толщину, готовят (выпиливают, высверливают) два образца: со стороны верхней и со стороны нижней грани.

Истираемость имеет большое значение прежде всего для природных каменных материалов, которые используют для покрытий полов в различных общественных сооружениях. Весьма мала истираемость у твердых материалов —

Таблица 9

Предел прочности при сжатии различных природных камней

| Группа природных камней | Природный камень | Предел прочности при сжатии, МПа |
|-------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Твердые | Гранит | 90–250 |
| | Гнейс | 100–300 |
| | Диорит | 190–200 |
| | Сиенит | 190–200 |
| | Габбро | 200–300 |
| | Лабрадорит | 90–100 |
| | Тешенит | 100–130 |
| | Диабаз | 200–400 |
| | Кварцевый порфир | 112–340 |
| | Базальт | 50–300 |
| Средней твердости | Мрамор | 60–200 |
| | Известняк | 0,4–100 |
| | Песчаник | 30–100 |
| | Вулканический туф | 15–60 |
| | Известковый туф | 20–40 |
| Мягкие | Гипсовый | 15–30 |

не более 0,5 г/см². У большинства природных камней средней твердости истираемость в пределах 1–5 г/см².

Долговечность природных камней, как правило, связана с их твердостью. К весьма долговечным природным камням относятся мелкозернистые граниты. Первые признаки их разрушения при наружной облицовке зданий в городах средней полосы России могут наблюдаться только через 500 лет. Долговечны крупнозернистый гранит,

сиенит, габбро, лабрадорит. Первые признаки разрушения у этих природных камней нередко обнаруживаются лишь через 200 лет. Относительно долговечен песчаник (100 лет). Сравнительно недолговечны мрамор, пористый известняк, гипсовый камень — первые признаки их разрушения в упомянутых условиях эксплуатации нередко наблюдаются через 25 лет и менее.

Долговечность природных каменных материалов в условиях внутренней облицовки практически неограниченна. Для сохранения их декоративно-художественных характеристик требуется лишь систематический уход. Некоторые разновидности природного камня, имеющие сравнительно крупные поры (пористые известняки, туфы), целесообразно предохранять от загрязнения путем нанесения гидрофобных покрытий.

Эстетические характеристики природного камня высоко оцениваются специалистами.

Богатство расцветок природных каменных материалов исключительно велико. В большей мере это объясняется тем, что 85% минералов окрашено природой. Так, 40% минералов зеленые, 20% — желтые, 10% — красные и коричневые, 7% — черные, 5% — синие, 3% — фиолетовые и пурпурные. Трудно назвать какой-либо участок цветового спектра, который не был бы повторен в природном камне. Это обстоятельство часто

заставляет при оценке *цвета* природного камня прибегать к усложненным определениям. Например, желая подчеркнуть колористические особенности полупрозрачного белого мрамора, его называют «опалово-белым». Уточняя оттенок цвета рассматриваемых материалов, часто применяют двойную характеристику цвета — кирпично-красный, лимонно-желтый и т. д.

Объективная колористическая оценка природного камня связана с определением известных параметров цвета. Прежде всего, целесообразно природные камни разделить на одноцветные (или равномерно окрашенные), например песчаник или белый мрамор, и многоцветные — из различно окрашенных порообразующих минералов.

Для многоцветных природных камней важен «средний» преобладающий цвет. Четкость восприятия этого «среднего» цвета зависит от степени зернистости породы и контрастности расцветки входящих в нее минералов. Например, в мелкозернистых породах расцветка сливается в свой «средний» цвет уже на расстоянии 2—3 м.

Одноцветные и многоцветные природные камни разделяются на ахроматические и хроматические.

Для ахроматических природных каменных материалов один из основных критериев декоративности — светлота, которая может меняться от 3,5 до 89%. Наиболее декоративны природные камни со светлотой не

менее 56% (белые известняки и мрамор) или не более 6% (черные габбро и лабрадорит).

Хроматические твердые природные камни более декоративны, чем ахроматические, но встречаются в природе гораздо реже. Например, из многих месторождений гранита около 75% относятся к серым и лишь 25% — к красным и красноватым.

При оценке цвета природных каменных материалов следует также учитывать блеск минералов. Различают тусклый, жирный, перламутровый и яркий блеск. Некоторые разновидности минералов, например лабрадор, обладают свойством ирризации (отблеск в изломе или на полированной поверхности обычно синего, зеленоватосинего цвета).

Объективная колористическая характеристика природного камня связана с определением известных параметров цвета и количественным определением блеска с помощью фотоэлектрического блескомера.

При оценке цвета светлых пород со сравнительно высокой пористостью, например известняков, учитывают, что при эксплуатации они могут изменять цвет под влиянием атмосферных и других воздействий, в том числе запыления.

Оценку цвета конкретного материала из природного камня производят также визуально по принятому заказчиком образцу-эталону с полированной поверхностью.

По характеру обработки фактуры природного камня делят на две основные группы: абразивные (пиленая, грубо- и тонкошлифованная, лощеная, полированная) и ударные («скала», крупно- и мелкобугристая, крупно- и мелкорифленая, бороздчатая, точечная или кованая). Кроме того, выделяют вскрытую (очищенную) фактуру и получаемую после обработки поверхности природного камня высокой температурой — термообработанную.

Пиленая фактура характеризуется сравнительно ровной с тонкими штрихами поверхностью и высотой рельефа до 3 мм.

Грубошлифованная фактура отличается высотой рельефа 0,2–0,5 мм, повышенным светорассеянием, имеет следы обрабатывающего инструмента.

Тонкошлифованная фактура — гладкая бархатистая.

Лощеная фактура представляет собой последнюю грань шлифования и имеет слабый блеск.

Полированная фактура получается на конечной стадии абразивной обработки и характеризуется зеркальным блеском. При этом предельно выявляются цветовой тон и текстура камня.

Качество полировки можно оценивать по интенсивности отражения света, определяя соответствующий показатель β , %:

$$\beta = a \cdot 100 / b,$$

где a и b — интенсивность отражения света в единицах шкалы блескомера соответственно обработанной и эталонной поверхности.

Вскрытая (очищенная) фактура характеризуется матовой поверхностью с хорошо выявленной текстурой, получается после ультразвуковой обработки природного камня в водной среде.

Термообработанная фактура отличается шероховатостью, следами шелушения. Для ее получения лицевою поверхность природного камня обрабатывают высокотемпературной струей, выходящей из реактивной горелки термоинструмента. При этом от породы отделяются мелкие чешуйчатые частицы.

При оценке абразивных фактур учитывают, что они наиболее явно обнаруживают все дефекты природного камня. Большая часть природных дефектов неустранима. Но каверны, местные сколы и трещины можно заполнить специальной мастикой (горячей или холодной).

У фактуры «скала» грубый рельеф высотой 50 мм и более, который получают с помощью заковника или колочного станка. Такую фактуру рекомендуют в основном для твердых природных камней (гранита, габбро, лабрадорита), но она допустима и для плотных камней средней твердости.

Бугристые фактуры характеризуются наличием на поверхности равномерно распределенных бугров и впадин. Выполняют их скалывающими инструментами (шпунтами, узкой скампелью), которыми наносят удары под углом в 45–60° к обрабатываемой поверхности. Высота рельефа для мелкобугристых

фактур 3–6 мм, для крупнобугристых — 7–15 мм. Бугристую фактуру рекомендуют для гранита, ряда пород средней твердости, например песчаников или плотных известняков.

Рифленные фактуры отличаются наличием непрерывных параллельных борозд, располагаемых без строгой прямолинейности и получаемых с помощью строгальных станков или ручного инструмента (тройки). У крупнорифленных фактур высота рельефа 1–2 мм, у мелкорифленных — 0,5–0,7 мм. Эти фактуры рекомендуются для пород средней твердости.

Бороздчатая фактура имеет прерывистые параллельные борозды, получаемые пластинчатой бучардой или катушей фрезой. Высота рельефа до 3 мм. Обычно эта фактура применяется на граните, габбро, лабрадорите.

Точечная, или коваяная, фактура представляет собой незначительные углубления, равномерно распределенные на предварительно выровненной поверхности. Обработку поверхности производят бучардой с различным количеством зубьев. Удары наносят перпендикулярно к обрабатываемой поверхности. Высота рельефа 0,5–2 мм. Коваяная фактура рекомендуется только для твердых природных камней.

При оценке ударных фактур учитывают, что при наружной облицовке под влиянием атмосферных воздействий материалы и изделия

из темноокрашенных горных пород с рассматриваемой фактурой (например, из гранита, габбро) запяляются, несколько теряют насыщенность цветового тона и осветляются.

Выбор той или иной фактуры может значительно изменить характер облицовки, так как при этом весьма резко меняются цветовые характеристики материала. Насыщенность цветового тона особенно заметно выделяется при полированной фактуре, но существенно снижается при лощеной или шлифованной. Светлота хроматического природного камня может меняться, в зависимости от принятой фактуры, от 5 до 42%, т. е. в 8 раз. Светлота поверхности увеличивается при переходе от зеркальной к ковanej фактуре, но снижается при переходе от ковanej к фактуре «скалы».

Соответствие поверхности материалов из природного камня заданной фактуре устанавливают сопоставлением с образцом-эталоном размером не менее 250×400 мм, изготовленным камнеобрабатывающим предприятием и согласованным с заказчиком.

Текстура природных каменных материалов связана с неоднородностью их структуры, которая, в свою очередь, определяется условиями образования горной породы.

Разновидности рисунка твердых природных камней из изверженных глубинных горных пород, например гранита, ограничены. Не-

редко такие природные камни имеют пятнистый рисунок, характеризующийся различным расположением на поверхности хроматических или хроматических пятен, отличающихся от основного фона поверхности. Иногда такие пятна группируются, образуя линейно-полосчатый или струйно-полосчатый рисунок.

Гораздо богаче текстура у изверженных излившихся, метаморфических и некоторых осадочных пород, обладающих средней твердостью. Характер рисунка таких природных каменных материалов может быть облачным или подчеркнуто контурным. В облачном рисунке основной цвет природного камня остается, меняются лишь оттенки. Контурный рисунок образуется после заполнения трещин в горных породах материалом, отличающимся по цвету от общей массы. Следует учитывать, что чем богаче, разнообразнее текстура природного камня, тем он менее долговечен.

Эстетические характеристики природных каменных материалов позволяют архитектору найти практически любое декоративное решение. Природный камень может быть и фоном, на котором должны выделяться другие архитектурные или скульптурные элементы. В этом случае предпочтительна матовая фактура материала.

Эстетические свойства природных каменных материалов связаны также с оценкой их размеров

и возможных дефектов внешнего вида. Грани облицовочных плит из природного камня не должны отклоняться от прямого угла (просвет под угольником) более 1 мм на 1 м длины плиты. Отклонения от номинальных размеров плит не должны превышать, мм: по длине и ширине ± 1 для плит до 600 мм и ± 2 для плит свыше 600 мм; по толщине ± 1 для плит от 8 до 15 мм, ± 2 для плит из мрамора свыше 15 мм и ± 3 для плит из других горных пород. Плиты с полированной, лощенной и тонкошлифованной фактурой в зависимости от качества лицевой поверхности разделяют на два класса. Плиты 1-го класса не должны иметь на лицевой поверхности видимых повреждений. У плит 2-го класса допускаются повреждения углов длиной по ребру не более 5 мм — не более 2 шт., сколы длиной не более 5 мм по ребрам периметра — не более 3 шт. для плит из твердых пород и не более 2 шт. для плит из пород средней твердости. Трещины не допускаются (на плитах из цветного мрамора может быть одна несквозная трещина тектонического происхождения шириной не более 0,05 мм и длиной $\frac{1}{3}$ ширины плит).

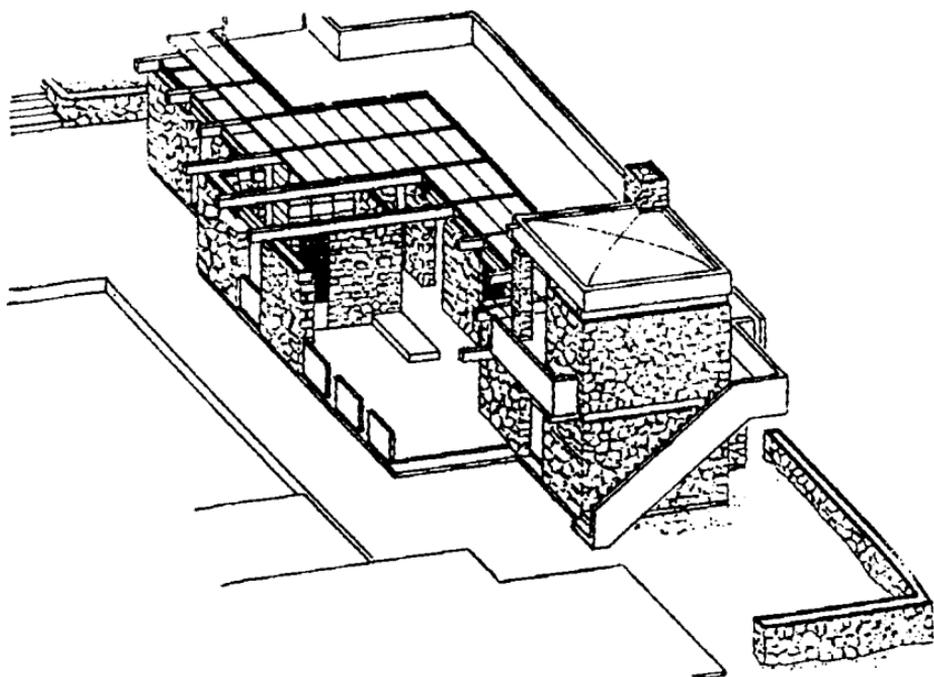
Размеры, форму и дефекты внешнего вида материалов из природного камня контролируют с помощью металлических измерительных инструментов (линеек, угольников). Для профильных изделий используют шаблоны.

4.5. Области применения

В архитектурно-строительной практике природные каменные материалы используют как конструкционные (блоки для фундаментов, стен), конструкционно-отделочные (плиты для пола, лестниц), отделочные (плиты, профильные изделия для наружной и внутренней облицовки).

Блоки из природного камня для фундаментов и кладки наружных стен применяются, как правило, как местный строительный материал для двух-, трех- и пятиэтажных жилых, общественных и промышленных зданий. Например, из известняковых блоков построен дом отдыха в г. Судак в Крыму, из туфа — многочисленные здания в Ереване. Из природного камня возведены в США провинциальные школы, ратуши, машиностроительный завод в г. Литлтоне и др. В Греции, Италии, Турции и других странах для кладки стен применяются каменные блоки правильной формы, рваный бут (рис. 52).

Блоки для кладки стен из песчаника светло-коричневые, желтые, красные; из известняка — серые, светло-серые, желтые, розовые; из туфа — красные, фиолетовые, светло-коричневые, розовые, оранжевые. Эти цвета, причем различных оттенков, оказывают большое влияние на эстетическую выразительность зданий и сооружений.

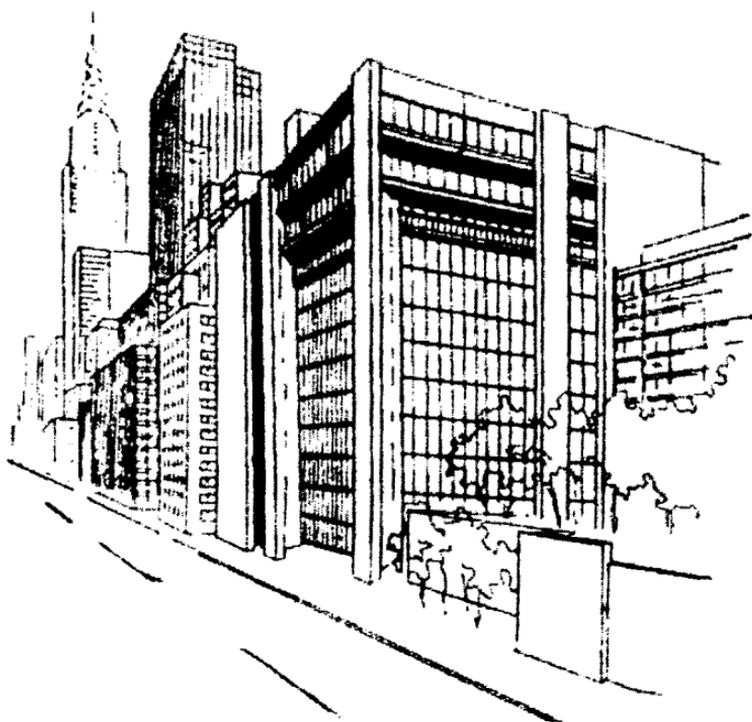


*Рис. 52. Здание детского поселка в Нью-Дели, Индия.
Архит. А. Швайгхофер*

Внедрение более универсальных (с точки зрения эксплуатационно-технических свойств) материалов (бетон, железобетон) привело к заметному ограничению объема применения природного камня для кладки фундаментов и стен.

Отделочные материалы из природного камня для наружной и внутренней облицовки отличаются прежде всего более высокой долговечностью по сравнению с другими материалами аналогичного назначения. Это подтверждается многолетней эксплуатацией многочисленных зданий различного функ-

ционального назначения в нашей стране и за рубежом. Так, в России XX в. ведущим потребителем облицовочных материалов из природного камня являлась Москва. Многие жилые, общественные и административные здания, набережные р. Москвы, мосты облицованы материалами из гранита (месторождения Украины), мрамора (месторождения Урала, Грузии) и других горных пород различных месторождений. Музей изобразительных искусств имени А. С. Пушкина, главный корпус гуманитарных факультетов МГУ, хореогра-



*Рис. 53. Здание Фонда Форда в Нью-Йорке, США.
Архит. К. Рош, Дж. Динкелу*

фическое училище ГАБТ, библиотека Академии медицинских наук, жилые дома на Люсиновской улице, здание Государственной думы, гостиница «Россия», здание ЦУМа, Дом Правительства на Краснопресненской набережной — лишь отдельные примеры применения наружной облицовки из природных каменных материалов в столице России.

И в зарубежной архитектурно-строительной практике материалы из природного камня применяются в значительных количествах для наружной облицовки общест-

венных и административных зданий. Весь огромный фасад здания Фонда Форда в Нью-Йорке облицован плитами из гранита с полированной фактурой (рис. 53). Белый мрамор и детали из темного гранита украшают фасад Дома концертов и конгрессов «Финляндия» в Хельсинки. Плитами из песчаника со шлифованной фактурой и из полированного гранита облицовано здание банка «Сога» в г. Фукуока в Японии, а здание Верховного суда в Токио — горизонтальными плитами (полосами) из светлого гранита с бугристой

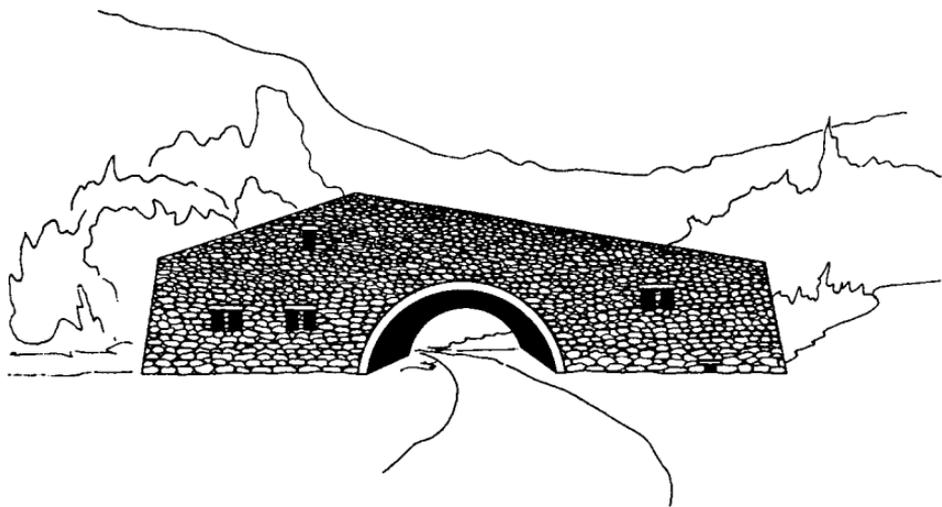
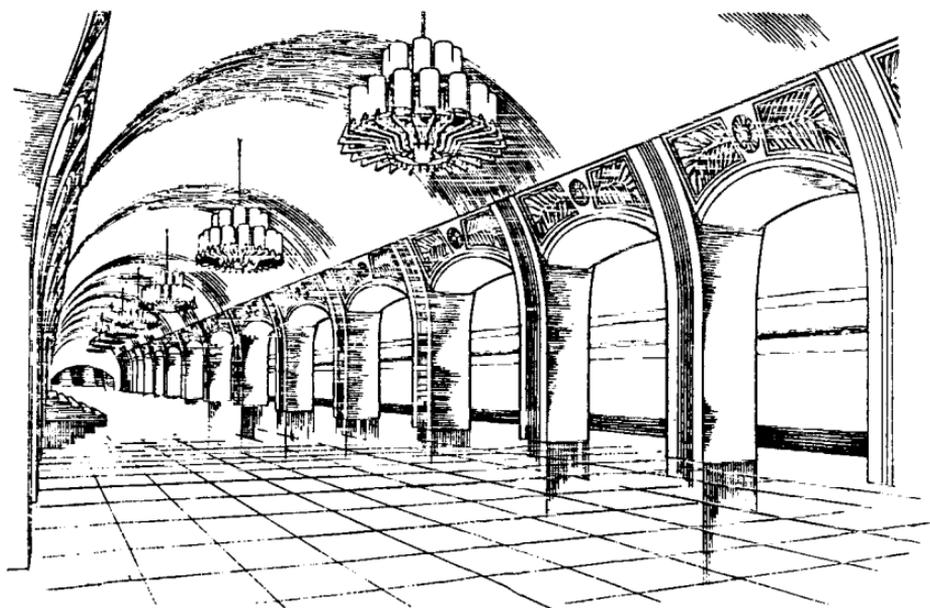


Рис. 54. Здание Молодежного центра в Ямаве, Япония



*Рис. 55. Интерьер станции «Пушкинская»
Московского метрополитена*

фактурой. Вид фактуры, как уже было сказано, в значительной мере определяет эстетическую выразительность отделки. Отметим, что в современной японской архитектуре для облицовки зданий используют также гальку, булыжник, рваный камень, валуны (рис. 54).

Гораздо более значительны объемы применения в зарубежной практике, по сравнению с отечественной, природных каменных материалов для отделки интерьеров. До 90-х гг. XX в. материалы из природного камня в России использовали в основном для отделки интерьеров уникальных общественных, административных и некоторых промышленных зданий. Так, на отделку станций Московского метрополитена были израсходованы сотни тысяч квадратных метров мрамора, лабрадорита, известняка, кварцита и других горных пород (рис. 55). В облицовке интерьеров Дворца съездов в Кремле использован природный камень

из 18 месторождений Урала, Украины, Армении и др. Интерьеры высотных зданий и олимпийских объектов в Москве, театров в столице и других городах, Братской и Саратовской гидроэлектростанций — далеко не полный перечень примеров применения природных каменных материалов. В настоящее время все ограничения на использование материалов из природного камня в интерьерах зданий и сооружений в нашей стране отменены.

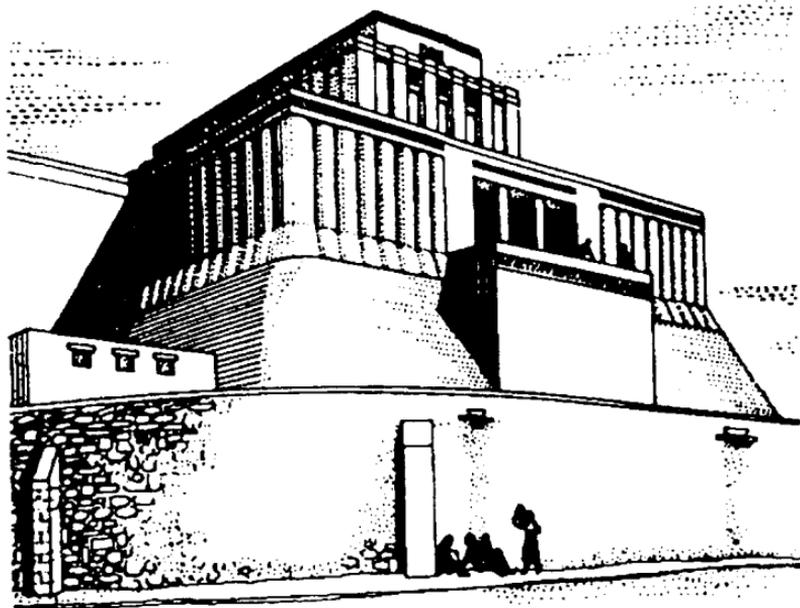
Обычно восприятие природных каменных материалов в интерьере связывают с ощущением торжественности, чистоты и даже холода (при лощеной и полированной фактурах). С экологической точки зрения горные породы, и прежде всего твердые (гранит и др.), требуют предварительных исследований, позволяющих определить количество природных газообразных радионуклидов (радон), большая концентрация которых небезопасна для здоровья человека.

Глава 5. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

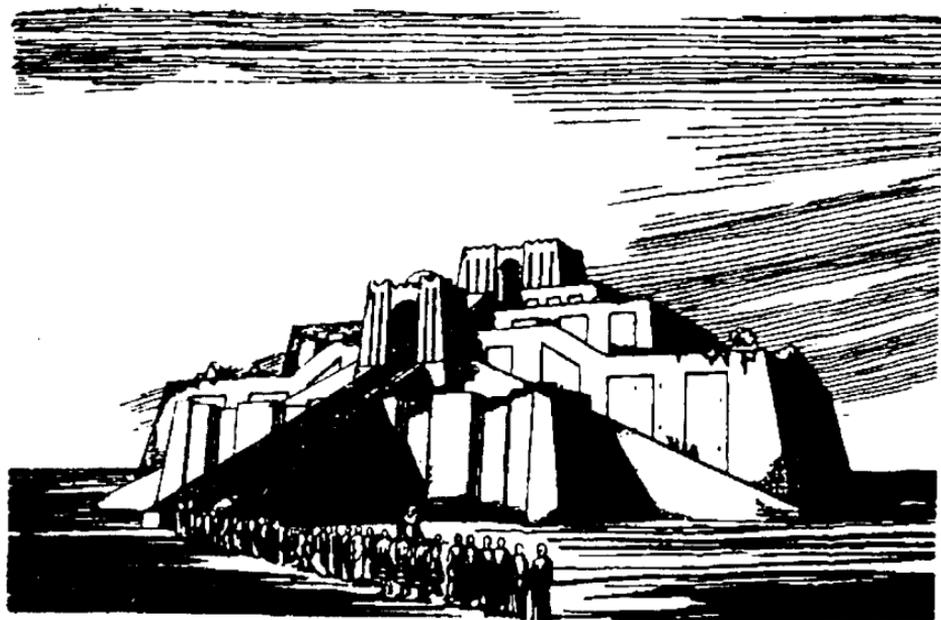
5.1. Определение, краткие исторические сведения

Керамические материалы обладают поликристаллической структурой, их получают в результате формования и тепловой обработки глины с добавками.

Наряду с древесиной и природным камнем, керамические материалы применялись еще в глубокой древности. Известно, что за 12 тыс. лет до н. э. в Древнем Египте возводились глинобитные сооружения из сырцового кирпича (без специальной тепловой обработки,



*Рис. 56. Храм в Эриде. Месопотамия, до III тыс. до н. э.
Вид после реконструкции*



*Рис. 57. Зиккурат в Уре. Месопотамия, XXII–XXI вв. до н. э.
Вид после реконструкции*

чему способствовал сухой климат) и изготовлялись керамические изделия для облицовки (XXVIII в. до н. э.).

В Месопотамии, в долине рек Тигра и Евфрата, самым распространенным материалом в архитектуре был керамический кирпич, который широко использовался при строительстве дворцов, каналов, мостов и культовых сооружений – зиккуратов (рис. 56, 57). Так, на строительство знаменитой Вавилонской башни высотой 90 м было израсходовано не менее 40 млн шт. кирпича. Приемы украшения фасадов зданий керамическим кирпичом с глазурованной лицевой поверхностью и другими керамическими изделиями (XXII–XXI вв. до н. э.) оказали впоследствии большое влияние на искусство зодчих Востока.

В Древней Индии также широко применялись керамические материалы. Археологические раскопки в Пенджабе показали, что за 3 тыс. лет до н. э. строились двух- и трехэтажные здания из керамического кирпича.

Еще в период неолита в Древнем Китае изготовлялись керамические изделия. К шедеврам древней культуры (4–3-е тыс. лет до н. э.) относятся найденные в раскопках расписные керамические сосуды. Всемирно известным памятником середины 1-го тысячелетия до н. э. является Великая Китайская стена, построенная из керамического кирпича и камня с засыпкой

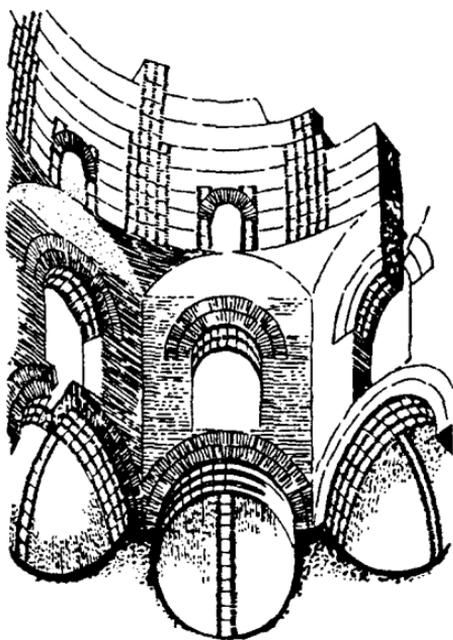


Рис. 58. Своды храма Минервы в Риме, Италия

землей. Длина стены со всеми ответвлениями 4247 км, высота до 10 м, ширина от 5 до 8 м. Облицовка некоторых секций состоит из трех-четырёх плотных слоев кирпича.

Зодчие Древней Греции высоко ценили керамические изделия, в том числе терракотовые (VI–III вв. до н. э.).

Достижения архитектуры Древнего Рима во многом связаны и с керамическими материалами. Изобретение и широкое применение искусственного камня – бетона не привело к отказу от использования керамического кирпича, например, при строительстве Колизея, Пантеона и других известных сооружений (рис. 58).

Архитектура зданий из керамического кирпича, созданная на основе античных традиций, приобрела ведущую роль в Византии — наследнице Восточной Римской империи (образовалась в 395 г.).

Известные памятники архитектуры Среднего Востока, в том числе эпохи правления Тимура (XIV—XV вв.), возведены из керамических материалов. Монументальные культовые сооружения Самарканда, Бухары и других городов (мечеть Биби-Ханым, ансамбль Шахи-Зинда, мавзолей Туман-Ака, усыпальница Гур-Эмир и др.) до сих пор поражают воображение богатством цветового орнамента.

Ведущее место керамические кирпич и черепица заняли в строительстве эпохи Возрождения, их использовали при возведении стен, сводов, сферических куполов большинства флорентийских и сиенских дворцов.

На протяжении многих сотен лет керамические материалы широко применяли и в Древней Руси. В то время, когда в странах Западной Европы изготавливали лишь двухцветные керамические плитки, в великокняжеских мастерских Киева уже с X в. получали многоцветные плитки для облицовки стен и пола. В одном из выдающихся памятников древнерусского зодчества — соборе в центре Новгородского Кремля (1045 г.) — из керамического кирпича выложены арки, порталы, оконные проемы.

Полоцкие и смоленские мастера с X в. использовали керамиче-

ский кирпич для возведения цилиндрических сводов в церквях.

При строительстве многочисленных церквей на Севере и во Владимире, Духовской церкви (1476—1477 гг.) в Троице-Сергиевском монастыре, Благовещенского храма в Московском Кремле (1484—1489 гг.), церкви Вознесения в Коломенском под Москвой (1532 г.), церкви Иоанна Предтечи в с. Дьякове (1547 г.) и многих других выдающихся памятников архитектуры русские зодчие широко и умело применяли керамические материалы. Бесконечное разнообразие форм Покровского собора (храма Василия Блаженного, 1555—1560 гг.) на Красной площади в Москве связано с применением 18 типоразмеров керамических кирпичей, в том числе лицевых профильных (см. рис. 15). В русской каменной архитектуре такой кирпич применялся с XV в. не только в уникальных сооружениях, но и во многих жилых зданиях Москвы и Ярославля, а также в Белозерском монастыре под Вологдой, который отличается удивительной старорусской узорно-рельефной кирпичной кладкой. Профили кирпича редко были образованы правильными кривыми, они либо очерчивались трехцентральной кривой, либо имели центр, находящийся за пределами самого кирпича. Изготавливали профили или теской обычного кирпича, или в специальных формах. Мастерство русских зодчих позволяло минималь-

ным количеством типов профильного кирпича достигать большой выразительности отдельных элементов и целых кирпичных фасадов.

Не меньшую значимость, в том числе с точки зрения эстетики и воплощения народных представлений о красоте, имело применение керамических изразцов – изделий разнообразной формы, часто с покрытием лицевой поверхности многоцветными глазурями.

5.2. Основы производства

Сырье. Основным сырьевым компонентом керамических строительных материалов является *глина* – осадочная горная порода, состоящая из природных водных алюмосиликатов с различными примесями.

Глина, замешанная с определенным количеством воды, образует глиняное тесто, обладающее связностью и пластичностью, способное в процессе обжига образовывать прочный искусственный камень.

При смачивании сухой глины ощущаются характерный запах увлажняемой земли и выделение теплоты. Молекулы воды (диполи) втягиваются между чешуйчатыми частицами каолинита и расклинивают их, вызывая набухание глины. Тонкие слои воды между пластинчатыми частицами глинистых минералов обуславливают характерные свойства глиняного теста. С одной стороны, они способствуют связыванию глиняной массы в еди-

ное целое, с другой – служат как бы смазкой, облегчая движение глиняных частиц при механическом воздействии. Нечто подобное происходит, когда между стеклянными пластинами, плотно прижатыми друг к другу, находится тонкий слой воды. Разъединить пластины весьма трудно, но они легко скользят при сдвиге.

Технология производства керамических материалов в большей мере связана с характеристиками используемых глин (огнеупорность; содержание Al_2O_3 и красящих оксидов в прокаленном состоянии, водорастворимых солей, преобладающего глинообразующего минерала, тонкодисперсных фракций, включений размером более 0,5 мм; размер включений; пластичность; температура спекания; степень спекания; содержание свободного кремнезема; механическая прочность). Например, перед началом производства архитектурной терракоты (архитектурно-художественные изделия с различным рельефом на лицевой поверхности) особое внимание уделяют пластичности глины, усадке, содержанию растворимых солей. Для изготовления таких изделий используют пластичные глины – их минимальное сопротивление разрыву в пластическом состоянии должно быть не менее 0,01 МПа. Желательно использовать глины после их вылеживания в течение года после добычи – процессы, происходящие в глиняной массе при вылеживании, оказывают положительное

влияние на агрегативное состояние (повышаются дисперсность, пластичность) и связность системы. Воздушная линейная усадка глин для производства архитектурной терракоты не должна превышать 5%, общая — 8,5%, содержание растворимых солей не должно быть выше 1,2%.

Глиняные массы содержат кроме глины различные добавки, оказывающие влияние на свойства керамического материала.

Отошающие добавки вводятся в состав керамической массы для понижения пластичности и уменьшения воздушной и огневой усадки глин. В качестве отошающих добавок используют шамот, дегидратированную глину, песок, золу, гранулированный шлак.

Порообразующие добавки вводят в сырьевую массу для получения легких керамических изделий с повышенной пористостью и пониженной теплопроводностью. Для этого используют вещества, которые при обжиге диссоциируют с выделением газа, например CO_2 (молотые мел, доломит), или выгорают. Так, древесные опилки, измельченный бурый уголь, отходы углеобогатительных фабрик, золы ТЭС не только повышают пористость стеновых керамических изделий, но также способствуют равномерному спеканию керамического черепка.

В процессе производства используют также добавки для повышения дисперсности, пластичности и связ-

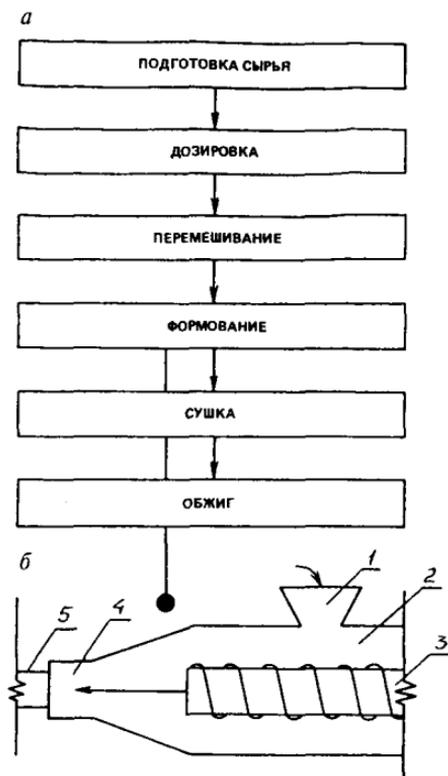


Рис. 59. Основные технологические операции при производстве керамических материалов (а) и характерная схема пластического формования (б)

1 — бункер для загрузки сырьевой керамической массы; 2 — ленточный пресс; 3 — шнек; 4 — формующее устройство (мундштук); 5 — глиняный брусок

ности глиняных масс, так как осуществлять «вылеживание» глин в современных условиях (высокие температуры, ограниченные производственные площади) весьма сложно.

Основы технологии. Основные технологические переделы при получении керамических материалов представлены на рис. 59, а.

Механическая обработка глины производится для выделения или измельчения каменистых примесей и получения однородной массы, обладающей необходимыми формовочными свойствами. Добавочные компоненты подвергают дроблению.

Выделяют три способа *формования* керамических масс: пластический, полусухой, литье.

Характерная схема пластического формования показана на рис. 59, б. При этом керамическая масса должна обладать определенной влажностью, например 18–25%. Керамические материалы для кладки стен (кирпичи и др.) формуют на ленточных шнековых прессах, где с помощью шнека керамическая масса перемещается к сужающейся переходной головке и мундштуку. На этом этапе материалу придается необходимая форма.

Способ полусухого формования предполагает использование керамических пресс-порошков с влажностью 8–10%, которые уплотняются при давлении 15–40 МПа в специальных формах.

Способ литья применяют обычно при получении сравнительно тонких керамических материалов (мозаичных плиток толщиной 2 мм и др.). Жидкая керамическая масса (шликер) поступает в специальные поддоны на автоматизированной конвейерной линии.

Цель процесса *сушки* — снизить усадочные деформации и предотвратить возможное растрескивание материала при последующем

обжиге. При сушке керамических изделий несколько уменьшается их объем за счет уменьшения толщины гидратных оболочек глинистых частиц, повышается прочность сырца. Наиболее распространены конвективный и радиационный способы сушки. При конвективной сушке теплоноситель (дымовые газы, горячий воздух) омывает изделия и передает им теплоту, при радиационной — изделия воспринимают теплоту от нагретых поверхностей. На заводах для сушки изделий используют туннельные и камерные сушилки.

В процессе *обжига* образуется структура керамического материала, определяющая его свойства, в том числе прочность. Возможные дефекты при обжиге необратимы. Например, при отклонении от оптимальной для данного материала температуры обжига может быть пережог, при этом происходят потеря формы, оплавление поверхности. При недожоге ухудшаются основные показатели эксплуатационно-технических свойств.

Обработка лицевой поверхности керамических материалов связана с их видом и проводится различными технологическими способами, среди которых выделяют: механическую обработку, ангобирование, глазурирование, сериографию, шелкографию.

Механическая обработка предполагает использование специальных приспособлений, позволяющих получать рельефный рисунок

в процессе формования материала или после него.

Ангобирование — нанесение механическим способом на лицевую поверхность белых или цветных жидких глиняных масс толщиной 0,25–0,4 мм. После обжига образуется матовое покрытие.

Ангобы разделяют на глинопесчанистые, флюсные и «античные лаки». Глинопесчанистые ангобы содержат обычно глину, песок и иногда в небольших количествах мел. В состав флюсных ангобов, кроме глины и песка, вводят различные вещества, которые снижают температуру обжига, способствуют уплотнению и спеканию. «Античные лаки» отличаются от глинопесчанистых добавкой красящих оксидов. Ангобные покрытия должны быть однотонны, морозостойки (не менее 25 циклов), на них не должно быть волосяных трещин (цека), отколов, вздутий, натеков. Состав ангобной суспензии подбирают из измельченных материалов с тонкостью помола, характеризующейся остатком на сите 10 000 отв/см² в пределах 3–5%. Сырьевые компоненты перемешивают с водой и получают ангобную суспензию плотностью 1,3–1,4 г/см³.

Глазурование — покрытие различными способами слоем жидкой глазури толщиной 0,15–0,3 мм. Глазури, состоящие из кварца, полевого шпата, каолина и других компонентов, образуют после обжига стекловидный слой, отличающийся блеском.

Реже применяют глазури, позволяющие получать матовую фактуру — со слабым блеском.

При глазуровании стекловидная пленка может образоваться в результате стеклообразования на самом изделии (при политем обжиге) из исходных тонкоизмельченных составных частей глазури или в результате сплавления частиц стекла, ранее сваренного и затем размолотого в порошок для удобства нанесения на лицевую поверхность. В первом случае получают нефритованную, а во втором — фриттованную глазурь.

Способ *сериографии* предполагает изготовление по фотоснимку рисунка сетки-трафарета, с помощью которой красящий состав наносят на материал, затем изделие глазуруют и обжигают.

Шелкография — нанесение орнаментированного рельефа глубиной до 1 мм при прессовании материала металлическим штампом с рисунком. Рельефный рисунок может быть получен также при пульверизации глазури на металлический трафарет, который устанавливают на высушенный материал.

5.3. Номенклатура

Среди керамических материалов, выпускаемых промышленностью, — стеновые материалы (кирпичи, камни, блоки), плитки и плиты, черепица, санитарно-технические,

архитектурно-художественные изделия, а также материалы специального назначения: трубы, дорожный кирпич, кислото- и огнеупорные, теплоизоляционные, краски.

Кирпичи, камни и блоки отличаются размерами: камень больше кирпича по толщине, как правило, в 2 раза и более, блоки значительно крупнее камней.

Кирпичи и камни разделяют на полнотелые (керамическая масса заполняет весь объем изделия) и пустотелые (с технологическими пустотами, полученными в процессе формования). Пустотелые изделия называют эффективными (при средней плотности не более 1400 кг/м^3) — наличие технологических пустот позволяет снизить теплопроводность кирпичной кладки, что приводит к экономии энергетических затрат на отопление здания или к уменьшению толщины наружных стен. Кроме того, снижаются расход сырья и средняя плотность материала. Блоки выпускают только пустотелые. В зависимости от назначения выделя-

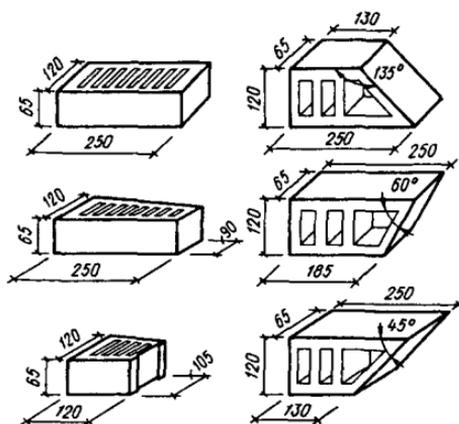


Рис. 60. Виды керамических лицевых пустотелых кирпичей

ют обыкновенные (скрытые в «теле» конструкции) и лицевые (одна или две грани в процессе эксплуатации воспринимаются визуально) кирпичи, камни и блоки (рис. 60).

Плитки (длина и ширина до 150 мм) и **плиты** (более крупных размеров) используют для фасадов, внутренней облицовки стен, для покрытия полов. Эти изделия производят более 16 типов в зависимости от размеров. Например, для внутренней облицовки стен

Таблица 10

Характерные составы санитарно-технических изделий (% по массе)

| Сырьевой материал | Фаянс | Полуфарфор | Фарфор |
|--------------------|-----------|------------|-----------|
| Каолин | 32–34 | 28–32 | 28–30 |
| Беложгущаяся глина | 22–24 | 20–22 | 20–22 |
| Полевой шпат | 2–4 | 10–12 | 20–24 |
| Песок кварцевый | 26–30 | 25–28 | 20–22 |
| Бой обожженный | 26–30 | 8–12 | 6–10 |
| Жидкое стекло | 0,15–0,3 | 0,15–0,3 | 0,15–0,3 |
| Сода | 0,07–0,15 | 0,07–0,15 | 0,07–0,15 |

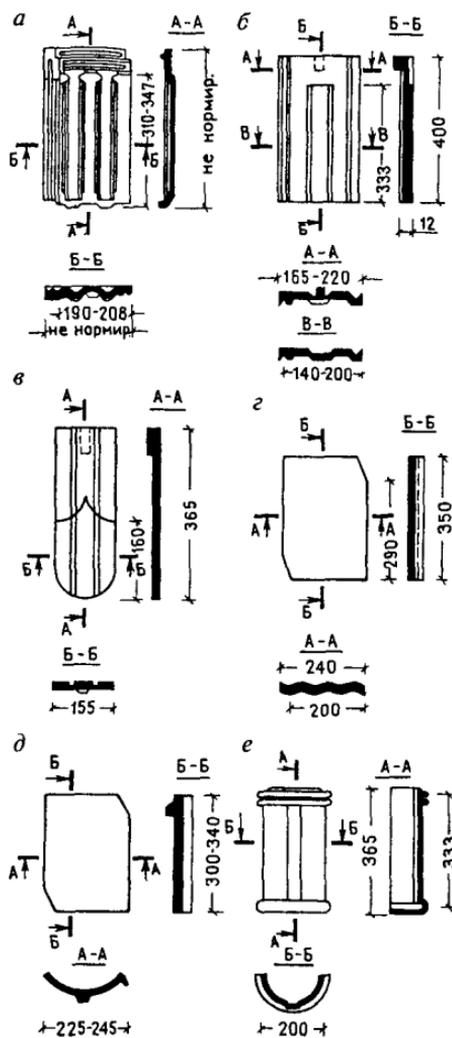


Рис. 61. Виды керамической черепицы
 а — пазовая штампованная; б — пазовая ленточная; в — плоская ленточная; г — волнистая ленточная; д — S-образная ленточная; е — коньковая

(150–200) × (50–200) × (5–8) мм и др., для полов (200–4) × (173–49) × (10–13) мм и др. Их форма весьма разнообразна: квадратные, прямоугольные, четырех-, пяти-, шес-

ти- и восьмигранные, фигурные, фасонные (угловые, карнизные, плинтусные и др.).

Черепица для кровли производится из легкоплавких глин различных размеров и типов — рядовая, коньковая, разжелобочная, концевая, специальная и др. (рис. 61).

Санитарно-технические керамические изделия (ванны, раковины, унитазы, умывальники и др.) изготавливают из фаянса, полуфарфора и фарфора. Примерный состав указанных композиций представлен в табл. 10.

Различный рельеф, в том числе рельеф сложного профиля, имеют изделия **архитектурно-художественной** керамики, используемые для внешней и внутренней художественной отделки. Эти изделия бывают одно- и многоцветными. В качестве красителей используют различные цветные глины, хромистый железняк, марганцевую руду, для интенсификации цвета в глиняную массу вводят до 3% силикат-глыбы.

Неглазурованные изделия называют **архитектурной терракотой**. Ее эстетические характеристики связаны со способами формования: пластического штампования (на фрикционных, гидравлических прессах), пластического формования (на шнековых прессах). Способ ручного формования (в гипсовых формах) предполагает получение индивидуальных изделий со сравнительно сложным и глубоким рельефом.

Керамические *трубы* применяют для дренажных (мелиоративных) систем и отвода сточных и щелочных вод. Их выпускают различных диаметров и длины из достаточно пластичных глин. Например, размер канализационных труб по длине может быть 800–1200, внутренний диаметр 150–600 мм.

Для изготовления *дорожного кирпича* (клинкерного) применяют тугоплавкие глины. Характерный размер такого кирпича 200×110×65 или 220×110×75 мм. Кроме дорожного строительства, его применяют для устройства тротуаров, полов промышленных зданий.

Кислотоупорные керамические материалы (кирпич, плитки, трубы и фасонные части к ним) получают из глин, которые не содержат примеси, понижающие химическую стойкость (например, гипс, карбонаты). Процесс спекания таких глин происходит при достаточно высокой температуре обжига (около 1200 °С). В результате материал нерастворим в кислотах, щелочах и используется для футеровки башен, резервуаров, при строительстве специальных печей на предприятиях с агрессивной средой.

Огнеупорные керамические материалы применяют при строительстве промышленных печей, топков и оборудования, работающих при температуре 1580–1770 °С. Высокоогнеупорные и высшей огнеупорности материалы выдерживают эксплуатационную температуру соответственно до 2000 °С и выше.

Применяют в основном кремнеземистые, алюмосиликатные, шамотные (из смеси огнеупорной глины и порошка обожженной и размолотой такой же глины) и легковесные огнеупоры. Последние отличаются сравнительно высокой пористостью – до 83% и низкой средней плотностью 400–1300 кг/м³.

Большая пористость керамических *теплоизоляционных* материалов создается путем введения в глиняную массу пенообразователей и выгорающих добавок. Специальные теплоизоляционные материалы отличаются высокой прочностью и возможностью применения в условиях температур до 900 °С. Для теплоизоляции при более высоких температурах используют алюмосиликатные и другие волокнистые материалы.

Керамические краски – смеси жаростойких минеральных пигментов с легкоплавкими стеклами (надглазурные краски) или с керамическими массами и глазуриями (подглазурные краски). Указанные составы после обжига материала обладают ярким и сочным цветовым тоном, высокой стойкостью к действию света и различных климатических факторов.

5.4. Свойства

Эксплуатационно-технические свойства керамических материалов непосредственно связаны с характером их *структуры*, образующейся в процессе обжига. Выделяют ма-

териалы с пористым и плотным черепком. Большинство керамических материалов имеют пористую структуру (кирпич, черепица, плиты и плитки для облицовки стен и др.). Пористость их обычно более 30%. Номенклатура материалов с плотным черепком ограничена. К ним относятся, например, кислотоупорный кирпич, фарфоровые изделия.

Водопоглощение пористых материалов по массе обычно не менее 8–20%, но плотных гораздо меньше — 1–6%. Соответственно *морозостойкость* плотных керамических материалов заметно выше. *Теплопроводность* плотных керамических материалов превосходит аналогичную величину пористых в 2 раза и более.

Для определения водопоглощения кирпича керамического обыкновенного, кирпича пустотелого, керамических камней, плит фасадных от партии отбирают три наиболее типичных образца (целые или их половинки). При испытании керамических плит, архитектурных деталей, имеющих значительные размеры, выпиливают образцы длиной и высотой 100 мм, толщиной, равной толщине изделия. Образец, выпиленный из пустотелого изделия, должен содержать не менее одной полной пустоты. Образцы очищают от пыли и грязи войлочной щеткой, высушивают до постоянной массы, взвешивая с погрешностью 1 г. Образцы насыщают водой при температуре 20 ± 5 °С, при кипяче-

нии или под вакуумом в соответствии с указаниями ГОСТа. Так, плиты керамические для внутренней облицовки стен (3 образца) после высушивания насыщают водой в ванне в течение 48 ч при температуре 20 ± 5 °С. Плитки для полов (5 образцов) промывают дистиллированной водой, высушивают до постоянной массы, взвешивают после остывания и кипятят в ванне с водой в течение 1 ч.

Морозостойкость кирпича, камней, плиток, черепицы оценивают, используя целые изделия. Из фасадных плит и архитектурных деталей предварительно готовят образцы, размеры которых аналогичны размерам образцов для определения водопоглощения. От каждой партии отбирают не менее 5 изделий для испытаний, а 5 изделий являются контрольными — после насыщения водой в течение 48 ч их испытывают на сжатие. Испытуемые образцы после насыщения водой в течение 48 ч помещают в морозильную камеру с температурой -17 °С. Расстояние между образцами должно быть не менее 20 мм, чтобы был обеспечен доступ холодного воздуха. Морозильную камеру загружают не более чем на 50%. Время выдержки образцов в морозильной камере зависит от толщины их стенки: при соответствующей толщине не более 50 мм их выдерживают 4 ч; при толщине стенок 70,7 мм — не менее 6 ч; при толщине стенки 100 мм — не менее 8 ч. Продолжительность од-

ного замораживания кирпича различных видов не менее 5 ч. Длительность оттаивания образцов в ванне с водой при температуре 15–20 °С не менее 4 ч. После каждого пяти или десяти циклов замораживания-оттаивания оценивают степень разрушения или повреждения материала. При необходимости определяют потерю прочности образцов, сравнивая предел прочности при сжатии после определенного количества циклов замораживания-оттаивания с аналогичной величиной после насыщения водой в течение 48 ч.

О функциональной надежности лицевого слоя плиток и плит судят по показателю *термостойкости* — способности выдерживать резкую смену температуры (нагрев в воз-

душной бане до 100 °С и погружение в воду с температурой +18...+20 °С). При этом целостность лицевого слоя должна сохраняться.

Прочность керамических материалов также связана с пористостью их структуры. Так, различают следующие марки кирпича керамического в зависимости от предела прочности при сжатии в кгс/см² (с учетом предела прочности при изгибе — материал подвергается в кладке и изгибу): 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300. Но кирпич дорожный — материал с плотным черепком — имеет более высокие марки — 400, 700 и 1000. Указанные цифры означают, что предел прочности материала при сжатии не ниже данной величины в кгс/см² (табл. 11).

Таблица 11

Марки кирпича керамического в зависимости от прочностных показателей, МПа (кгс/см²)

| Марка изделия | Предел прочности | | | | | |
|---------------|------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| | при сжатии | | при изгибе | | | |
| | всех видов изделий | | полнотелого кирпича пластического формования | | кирпича полусухого прессования и пустотелого кирпича | |
| | средний для 5 образцов | наименьший для отдельного образца | средний для 5 образцов | наименьший для отдельного образца | средний для 5 образцов | наименьший для отдельного образца |
| 300 | 30 (300) | 25 (250) | 4,4 (44) | 2,2 (22) | 3,4 (34) | 1,7 (17) |
| 250 | 25 (250) | 20 (200) | 3,9 (39) | 2 (20) | 2,9 (29) | 1,5 (15) |
| 200 | 20 (200) | 17,5 (175) | 3,4 (34) | 1,7 (17) | 2,5 (25) | 1,3 (13) |
| 175 | 17,5 (175) | 15 (150) | 3,1 (31) | 1,5 (15) | 2,3 (23) | 1,1 (11) |
| 150 | 15 (150) | 12,5 (125) | 2,8 (28) | 1,4 (14) | 2,1 (21) | 1 (10) |
| 125 | 12,5 (125) | 10 (100) | 2,5 (25) | 1,2 (12) | 1,9 (19) | 0,9 (9) |
| 100 | 10 (100) | 7,5 (75) | 2,2 (22) | 1,1 (11) | 1,6 (16) | 0,8 (8) |
| 75 | 7,5 (75) | 5 (50) | 1,8 (18) | 0,9 (9) | 1,4 (14) | 0,7 (7) |

Фарфоровые изделия с плотным черепком имеют предел прочности при сжатии до 5000 (500 МПа).

Для определения предела прочности при сжатии кирпича и камней керамических их укладывают постельными гранями один на другой. Предварительно отобранные для испытания образцы полнотелых изделий распиливают (дисковой пилой на станке) на две равные части по ширине и, направляя поверхности распила в противоположные стороны, склеивают цементным тестом. Тесто готовят на основе портландцемента не выше М400, толщина слоя не более 5 мм. Аналогичным цементным тестом выравнивают внешние поверхности. Толщина слоя в этом случае 3 мм. Полученные образцы, близкие по форме к кубу, выдерживают до испытания 3–4 сут. во влажных условиях. Допускается определять предел прочности при сжатии полнотелого кирпича, испытывая целые изделия, склеивая и выравнивая их поверхности аналогичным образом. Целые изделия испытывают и при определении предела прочности при сжатии кирпича и камней керамических пустотелых.

Предел прочности при изгибе устанавливают, испытывая целое изделие, уложенное постельной гранью на две опоры (с закруглением радиусом 10–15 мм), находящиеся на расстоянии 200 мм. Сосредоточенную нагрузку прилагают к аналогичной опоре в середине пролета. Для выравнивания постели

кирпича в местах приложения нагрузки наносят слой цементного теста шириной 20–30 и толщиной 3 мм. Перед испытанием образцы выдерживают во влажных условиях 3–4 сут.

Предел прочности при сжатии фасадных плит определяют, используя изделия или образцы, выпиленные из плит, с учетом следующих требований: размеры образцов из верхней части по длине и высоте должны быть не менее 120 мм при натуральной толщине образца; из хвостовой части плиты выпиливают два равных куска и соединяют их (налагая друг на друга) слоем цементного теста не более 5 мм. Верхние и нижние поверхности образцов из верхней и хвостовой частей плит выравнивают слоем цементного теста не более 3 мм по толщине. Перед испытанием образцы выдерживают 3 сут. при температуре 15 ± 5 °С в закрытом помещении.

Предел прочности при изгибе определяют, используя целые фасадные плиты. При этом одна из цилиндрических опор должна быть подвижной, расстояние между опорами 200 мм. Нагрузка прикладывается к опоре в середине пролета.

Прочность черепицы на излом измеряют, прикладывая сосредоточенную нагрузку к образцам, расположенным также на двух цилиндрических опорах. При испытании пазовой штампованной черепицы расстояние между осями

опор 300 мм, при испытании ленточной плоской — 180 мм. Для равномерного распределения нагрузки на опоры наносят слой гипсового раствора шириной 20–30 мм.

Эстетические свойства керамических материалов связаны с видом и составом используемого сырья (в первую очередь глины), параметрами различных технологических переделов и могут регулироваться в процессе производства.

Большинство месторождений глин содержит оксиды железа в количестве, обеспечивающем керамическим стеновым материалам различные оттенки красного цвета. При наличии в глинах большого количества известковых включений изделия приобретают светло-коричневые и бежевые тона. Добавляя в глиняную массу из светложгущихся глин минеральные красители, можно получать керамические изделия разных цветов и оттенков. Красные тона получают при наличии оксидов железа, коричневые — марганцевых руд, серые — хромистых. Цвет изделия заметно изменяется при добавлении к светложгущейся глине обычного легкоплавкого суглинка. При содержании оксида железа в пределах 0,8–1,3% цвет меняется от чисто-белого до молочно-го, в диапазоне 2,7–4,2% от светло-желтого, охристого переходит к темно-желтому; при 5,5% изделие становится светло-красным, а при 8,5–10% — цвет плавно переходит от ярко-красного к темно-

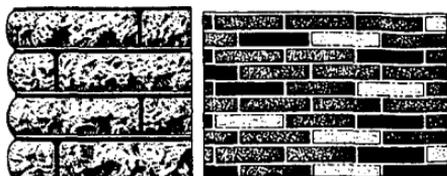


Рис. 62. Виды фактур лицевых граней керамического кирпича

красному. При обжиге изделия могут приобретать также темно-серый или даже черный цвет.

Рельефный рисунок получают при обработке лицевой поверхности керамических стеновых материалов в процессе формования специальными валиками, щетками, гребенками или горизонтальными струнами (рис. 62). Применяют валики с тупыми или острыми выступами, щетки из грубой или тонкой проволоки. Для отделки материалов, имитирующей древесную кору, используют горизонтальную струну, срезающую тонкий слой с поверхности глиняного бруса, с помощью стержней разделяют срезаемый слой глины на продольные равные волокна, а затем гладким валиком прижимают образовавшиеся волокна к брусу.

Керамические стеновые материалы отделяют также методом торкретирования сухой минеральной крошки на лицевую поверхность. Минеральная крошка вдавливается в тело глиняного бруса, образуя оригинальные зернистую фактуру и цвет. Для торкретирования можно использовать кварцевый песок, шамот, бой стекла,

различные фритты, отходы производства фарфора и фаянса, керамических плиток.

Цветной лицевой слой на керамических стеновых материалах образуется после подачи в формирующее устройство (мундштук) двух пластичных глиняных масс. Одна из них обычно представляет цветную глину различных месторождений или с добавкой природных красителей (железных, марганцевых, гематитовых руд, охры), а также пигментов, вырабатываемых на заводах керамических красок. Кроме указанных компонентов, в состав цветной массы входит кварцевый песок. Содержание глины обычно не менее 50%, песка не менее 27%.

Декоративный слой с гладкой матовой или блестящей фактурой на стеновой керамике получают путем соответственно ангобирования или глазурирования.

Плитки различного функционального назначения, санитарно-технические изделия могут иметь разнообразный цвет, фактуру и рисунок лицевой поверхности. Так, фактура плиток для внутренней облицовки стен может быть гладкой или рельефной (в том числе пирамидальной), блестящей или матовой. При использовании цветных прозрачных или глухих глазурей получают цветные однотонные плитки. Методом набрызгивания различных по цвету глазурей изготавливают плитки с мраморовидным рисунком. Одно- и многоцветный

рисунок наносят на плитки методами сериографии или шелкографии. Одноцветный рисунок можно получать с помощью порошковых керамических красок, содержащих смолы, в электростатическом поле. Рельефный рисунок наносят на лицевую поверхность плитки в процессе прессования.

Плитки для полов выпускают одно- и многоцветные, мраморо- и порфирированные, коврово-мозаичные, глазурированные рельефно-орнаментированные, орнаментированные шелкографическим способом. При изготовлении порфирированных плиток используют глинистое сырье различной природной окраски. Лицевой слой мраморовидных плиток получают напылением цветного порошка в распылительной сушилке.

Санитарно-технические изделия покрывают прозрачной или глухой (белой или цветной) глазурью. Их эстетические характеристики связывают, в частности, с белизной, вызываемой рассеянным отраженным светом. Количественно белизна определяется как отраженный поверхностью изделия световой поток (в %), сравниваемый с белизной баритовой пластинки (BaSO_4), принятой за эталон.

Эстетические характеристики фарфоровых изделий связаны с просвечиваемостью — отношением интенсивности прошедшего через изделие диффузно рассеянного света к интенсивности света, падающего на изделие. Просвечи-

ваемость зависит от состава структуры, толщины стенки фарфорового изделия и находится в пределах 0,2–2%. Снижение в определенных пределах содержания кварца, глинистых компонентов, регулирование состава глазури повышают просвечиваемость фарфоровых изделий.

При оценке внешнего вида керамических материалов фиксируют размеры и возможные дефекты. На лицевой поверхности кирпича и камня лицевого не допускаются отколы, в том числе от известковых включений, пятна, выцветы и другие дефекты, видимые с расстояния 10 м на открытой площадке при дневном освещении. Допускаемые отклонения от номинальных размеров и показателей внешнего вида лицевой поверхности упомянутых изделий указаны в табл. 12.

Плитки для внутренней облицовки стен в зависимости от качества лицевой поверхности делят на два сорта. Для глазурованных плиток 1-го сорта на лицевой поверхности не допускаются: отбитости, щербинки или зазубрины на ребрах, плешины, пятна, мушки и наколы, видимые с расстояния 1 м, засорка, пузыри, волнистость и углубления, слипыш, просвет вдоль краев (у цветных), следы от зачистки вдоль ребер, нарушения декора (разрыв краски, смещение, нарушение интенсивности окраски), видимые с расстояния 1 м.

Таблица 12

**Допускаемые отклонения
от номинальных размеров и показателей
внешнего вида кирпича и камней
керамических лицевых**

| Показатель | Величина |
|--|----------|
| Отклонения от размеров, мм, не более: | |
| по длине | +/-4 |
| по ширине | +/-3 |
| по толщине | +3/-2 |
| Неперпендикулярность граней и ребер кирпича и камня, отнесенная к длине 120 мм, мм, не более | 2 |
| Непрямолнейность лицевых поверхностей и ребер, мм, не более: | |
| по ложку | 3 |
| по тычку | 2 |
| Отбитость или притупленность углов, ребер длиной от 5 до 15 мм, шт., не более | 1 |
| Отдельные песочки шириной не более 0,5 и длиной до 40 мм на 1 дм ² лицевой поверхности, шт., не более | 2 |

Требования к ограничению возможных дефектов плиток керамических фасадных приведены в табл. 13. На их лицевой поверхности не допускаются трещины, в том числе волосяные (цек), щербинки, выплавки (выгорки), засорка, слипыш, мушки, пузыри, пятна, наколы, видимые с расстояния 1 м, сухость, сборка и волнистость глазури, неравномерность окраски, нечеткость контура рисунка, разрыв или смещение декора, недожог красок, видимые с расстояния 2 м.

Таблица 13

Требования к ограничению дефектов внешнего вида плиток керамических фасадных

| Вид дефекта | Норма для плиток размерами, мм | | |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------|
| | 50 | свыше 50 до 200 | свыше 200 |
| Отбитость углов не более: | | | |
| общая площадь, мм ² | 4 | 10 | 15 |
| число, шт. | 1 | 2 | 2 |
| Отбитость ребер, мм, не более: | | | |
| ширина | 1 | 2 | 3 |
| общая длина | 2 | 15 | 20 |
| Посечка общей длиной, мм, не более | 2 | 25 | 30 |

Санитарно-технические изделия не должны иметь отклонений от заданной формы.

В зависимости от вида дефектов изделия оценивают с помощью металлических измерительных инструментов, контрольных шаблонов, мерного увеличительного стекла и визуально.

5.5. Области применения

К конструкционным и конструктивно-отделочным керамическим материалам относятся прежде всего кирпичи, камни и блоки.

Керамический кирпич — один из самых распространенных материалов. Объем его производства

в нашей стране составляет почти 40% общего объема выпускаемых стеновых материалов. Из кирпича возводится около половины всех жилых, общественных и промышленных зданий.

В 30-х гг. XX в. керамический кирпич, как правило, использовался как несущий теплоизоляционный и огнестойкий материал. Например, конструкцию, в которой наружные стальные колонны обкладывались кирпичом и из него возводили наружные стены, применили в одном из самых высоких зданий в мире «Эмпайр стэйт билдинг» (высота 378 м) в 1931 г. в США и при строительстве других небоскребов. В настоящее время часто возводятся весьма экономичные несущие кирпичные стены в зданиях различного функционального назначения, в том числе в жилых домах. Конструкцию стены рассчитывают на работу совместно с перекрытиями на восприятие вертикальных и горизонтальных нагрузок.

Многэтажные кирпичные здания повсеместно строятся и в нашей стране, и за рубежом. В их числе 16-этажный жилой дом на Беговой улице, 14-этажный на Чонгарском бульваре в Москве, 18-этажное здание около Цюриха, 16-этажное в Биле, 13-этажное в Берне (Швейцария), многочисленные здания в Германии, Великобритании, США, Канаде. Соответствующими расчетами было показано, что экономически выгодна кладка срав-

нительно тонких стен (например, 180–250 мм) с эффективным теплоизоляционным материалом (минераловатные и стекловатные плиты, пенопласты).

В ряде стран популярны крупноразмерные керамические стеновые материалы (камни, блоки). Можно привести многочисленные примеры применения керамических блоков при возведении зданий в Москве, Санкт-Петербурге, Владимире и других городах нашей страны. Из таких блоков построены, например, театр в Оренбурге, здания в Киеве и др.

Следует отметить, что в современных многоэтажных зданиях кирпичные стены могут быть не только несущими, но и самонесущими, навесными.

При создании образа фасада кирпичного здания часто используют лицевые изделия. Более долговечные кирпичи и камни керамические лицевые оказываются экономически более выгодной отделкой по сравнению с декоративными растворами и красочными составами. Жилые дома в г. Пушкине (Ленинградская обл.), в г. Шевченко (Казахстан), здания Международного молодежного лагеря в Шереметьеве под Москвой — лишь единичные примеры применения рассматриваемых изделий. При этом лицевые поверхности кирпича весьма разнообразны по цвету и фактуре.

Очень выразительно применение керамического кирпича в от-

делке интерьеров общественных зданий. Среди подобных интерьеров зал в общежитии студентов Института им. Гнесиных в Москве, пивной бар в г. Калинин, средняя школа в жилом районе «Лаздинай» в Вильнюсе, зал Университета в Ювяскюле (Финляндия).

В странах Западной Европы широко используют керамическую черепицу для кровельных покрытий малоэтажных зданий, отдавая дань архитектурной выразительности этого материала и высокой долговечности. Такова, например, кровля зданий современной Венеции в Италии.

Керамические плитки и плиты применяют для облицовки фасадов зданий, как правило, общественных и административных. Часто предпочитают плиты сравнительно крупных размеров, например, в Москве и Минске применяли прямоугольные плиты размером $292 \times 142 (92) \times 10 (7)$ мм. Керамическими плитками облицованы фасады школ в Санкт-Петербурге и Киеве, здания Муниципалитета в Сейняйоки (Финляндия), производственного здания в Вене, гостиницы «Виру» в Таллинне и др. Архитектурная терракота использована при облицовке фасадов ряда зданий на Тверской улице, высотных зданий на Котельнической набережной и Смоленской площади в Москве, многоэтажных домов на Крещатике в Киеве и др.

Значительны объемы применения керамических плиток и плит для внутренней облицовки стен

и полов ванных комнат, туалетов, бассейнов. Изготовление полов с лицевым слоем из керамических плит даже в жилых комнатах переживает своеобразный бум в целом ряде стран. Расширение номенклатуры помещений объясняется созданием и распространением устройств для обогрева плит (кабельных или водных). При этом теплоноситель равномерно и быстро нагревает всю толщину пола. Керамические плиты, обладающие высокой теплопроводностью, всегда относились к «холодным» покрытиям полов, но в этом случае они становятся «теплыми», что обеспечивает более комфортные ощущения, чем при традиционном обогреве помещений.

Большое значение в современной лаконичной архитектуре имеет декоративно-художественная керамика для настенных панно, декоративных вставок, объемных композиций, решеток, элементов малых

форм. Многочисленные примеры использования декоративно-художественной керамики можно увидеть в наружной (Дом архитектора в Москве, музей Леже в Бю во Франции) и внутренней (интерьеры общественных зданий в странах Средней Азии, Украины, Эстонии, некоторых станций Московского и Ташкентского метрополитена) отделке.

Оценка эффективности керамических материалов в архитектуре связывается с положительным опытом их применения в течение многих сотен лет. С эстетической точки зрения важны ощущения чистоты глазурованных изделий, «теплоты» материалов красного цвета различных оттенков, «штучности» керамического кирпича, плиток и плит, оставляющей впечатление «ручной» работы.

В заключение следует отметить, что керамические материалы экологически безопасны.

Глава 6. МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТЕКЛЯННЫХ И ДРУГИХ МИНЕРАЛЬНЫХ РАСПЛАВОВ

6.1. Определение, краткие исторические сведения

Материалы из стекла имеют искусственную аморфную структуру, их получают из минерального расплава, содержащего стеклообразую-

щие компоненты (оксиды кремния, бора, алюминия и др.). Переход из жидкого расплава в твердое стеклообразное состояние — процесс обратимый. Это позволяет оценивать этот материал как сложную жидкую систему в переохлажденном состоянии.

Кроме материалов из стекла, выделяют материалы из каменных и шлаковых расплавов.

В глубокой древности в странах Ближнего Востока (Сирии, Египте) стекло применяли для имитирования драгоценных камней, изготовления украшений, декорирования изделий из природного камня или керамики. Не случайно и в древней архитектуре учитывали декоративные характеристики стекла. Зодчие Древнего Рима в I в. до н. э., отдавая дань оригинальным свойствам стекла, украшали стеклянными пластинками полы, стены, потолки и колонны общественных зданий.

Еще ранее, с IV в. до н. э., в Месопотамии широко применялась стеклянная мозаика. Мозаика и смальта использовались и в Древней Греции с III в. до н. э.. Виколепные мозаики создавались на территории Византийской империи в V–VI вв. (во дворце императоров, соборе Св. Софии в Константинополе и др.). С IX в. стекло для декоративной мозаики применялось во многих странах. В Киевской Руси мозаика с XI в. украшала полы, стены, своды и колонны храмов в Киеве (Софийский собор, Михайловский монастырь), Новгороде, Полоцке, Чернигове и др.

Большое значение для эстетики интерьеров в Венеции с XIV в. стало играть зеркальное стекло, производство которого стало массовым с XVII в.

С VI в. до н. э. в Римской Республике стекло стало широко использоваться для заполнения оконных проемов. Это было литое толстое стекло с оплавленными краями. В Византии качество оконного стекла достигло высокого уровня в IV в. И вот уже на протяжении многих столетий, более 19 веков, стекло применяется для окон – проемов в несущей массивной стене.

Особую роль в истории архитектуры с VI в. играли декоративные витражи. Стекло для них производилось вначале литьем, а затем цилиндрическим способом – методом выдувания. Готический стиль в архитектуре Франции XII в. характеризовался и расцветом витражного искусства – почти во всех городах храмы украшались витражами. Всемирно известны витражи собора Парижской Богоматери, соборов Лана, Шартра, Пуатье и др. (рис. 63).

Во второй половине XIX в. наступил принципиально новый этап в истории применения строительных материалов из стекла, которые стали оказывать огромное влияние на конструктивные особенности и архитектурный образ зданий. В это время коренным образом совершенствуется технология производства листового стекла. В XX в. широкое использование стекла, стали и железобетона позволило отказаться от традиционных форм, соотношений и размеров элементов архитектурных конструкций зданий. Оптические, тепло- и солнцеза-

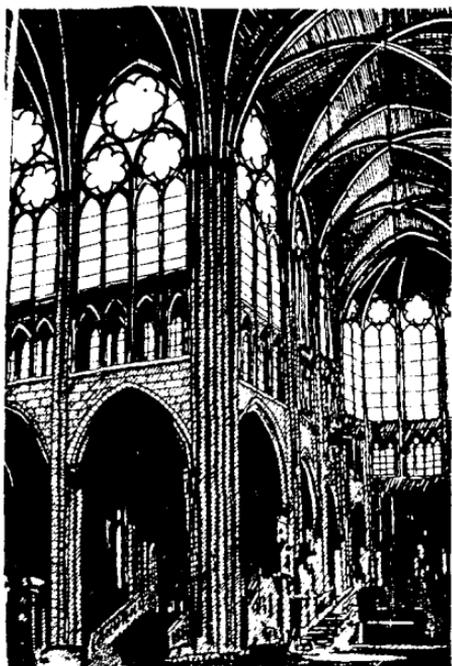


Рис. 63. Витражи собора Сен-Дени, Франция (по С. Соловьеву и Ю. Динеевой)

щитные свойства, высокие прочностные и эстетические характеристики строительных материалов из стекла представляют огромные возможности для выражения творческих замыслов архитектора (рис. 64). Большие остекленные поверхности современных общественных зданий в большой мере определили их архитектурный облик.

6.2. Основы производства

Сырье. Основные сырьевые компоненты для производства материалов из стекла — кварцевый пе-

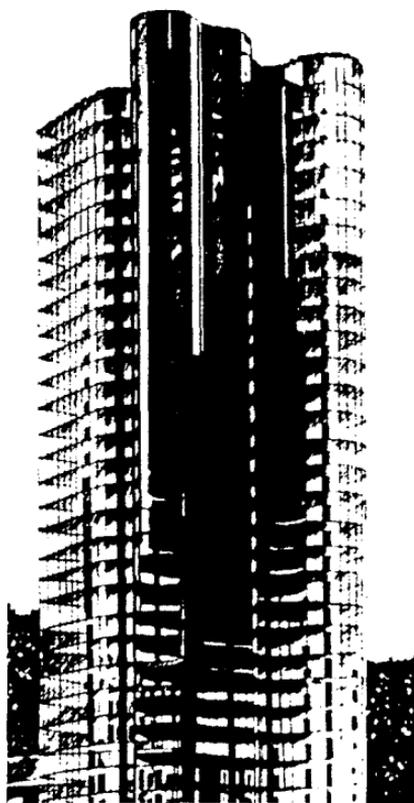
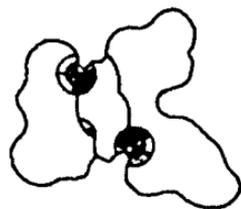


Рис. 64. План и макет высотного дома. Архит. Мис ван дер Роз. 1921 г.

сок, сода, мел, доломит, известняк. При этом в стекломассу вводятся кислотные, щелочные и щелочно-земельные оксиды. От их количества непосредственно зависят все основные эксплуатационно-технические свойства стекла.

Большое влияние на свойства строительных стекол оказывают *вспомогательные* компоненты — осветлители, обесцвечиватели, красители, глушители, окислители, восстановители.

Осветлители вводят в шихту для освобождения стекломассы от видимых пузырей, т. е. для ее осветления. Этим ускоряется процесс стекловарения. Действие осветлителей заключается в том, что при нагревании они разлагаются с выделением большого количества газообразных продуктов. Улетучиваясь из стекломассы, они способствуют удалению из нее и других газов (пузырей).

Обесцвечиватели вводят в стекломассу, чтобы устранить нежелательные сине-зеленые или желто-зеленые оттенки, которые стекломасса приобретает из-за примесей железа в сырьевых материалах. Стекло обесцвечивают химическим и физическим способами.

Красители служат для окрашивания стекла в тот или иной цвет. Обычно в качестве красителей используют соединения металлов. По механизму их действия различают молекулярные и коллоидные красители. Молекулярные красители, введенные в стекломассу, растворяются в ней. Окраска таких стекол не изменяется при повторной тепловой обработке. К этой группе красителей относятся главным образом оксиды тяжелых металлов — марганца, кобальта, никеля, хрома, железа, урана. К кол-

лоидным относятся те красители, которые при введении их в стекломассу равномерно распределяются в ней в виде мельчайших коллоидных частиц, например соединения золота, меди, селена, серебра.

Большинство светопрозрачных стекол варят в окислительной среде. Это делают в основном для перевода закисной формы железа (FeO), содержащейся в сырье и придающей стеклу зеленоватый оттенок, в оксидную (Fe_2O_3). Вместе с тем существует группа стекол (цветные), для варки которых требуется восстановительная среда. Для регулирования этих условий варки в стекломассу вводят окислители и восстановители.

Сырьем для производства материалов из минеральных расплавов (каменных, шлаковых) служат соответственно базальтовые, диабазовые, базальто-доломитовые и другие породы, доменные металлургические шлаки.

Основы технологии. Основные технологические операции при производстве материалов из стекла — варка и формование.

Варка стекла производится в печах различного типа. Листовое светопрозрачное стекло варят в ваннах печей непрерывного действия. При этом выделяют пять стадий стекловарения: силикатообразование при температуре 800–900 °С, стеклообразование (1100–1200 °С), осветление и гомогенизация (1400–1600 °С), студка (1100–1200 °С).

Не менее важен следующий этап — *формование* стекломассы. При производстве материалов из стекла применяют следующие способы формования: прессование, прокат, вытягивание, на расплаве металла (флоат-способ). Последние два способа широко распространены в стекольной промышленности при производстве листового стекла.

Способ вертикального вытягивания состоит в транспортировании снизу вверх с помощью валков машины ленты стекломассы (после студки) шириной до 3 м. Лента выдавливается из стекломассы погруженным в нее специальным приспособлением (шамотной лодочкой).

Флоат-способ (рис. 65) — наиболее производителен и эффективен. Поверхность ленты стекла получается гладкой и не требует дополнительной шлифовки и полировки, нижняя поверхность — за счет контакта с предельно ровной поверхностью расплавленного металла, а верхняя — поверхности натяжения.

После формования материал подвергают *отжигу*. В результате снижаются полученные при формовании внутренние температурные напряжения, возникающие вследствие более высокой скорости остывания наружных слоев стекла по сравнению с внутренними. Наружные слои стремятся к сжатию, а внутренние — более нагретые — препятствуют этому.

Отделку лицевой поверхности стекла производят механическим,

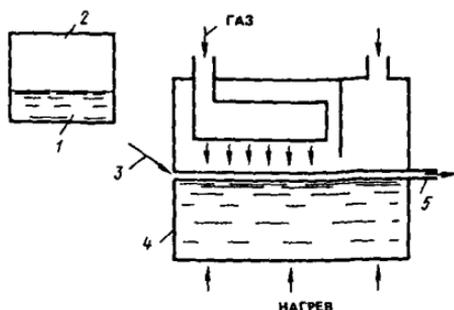


Рис. 65. Схема формования листового стекла на расплаве металла

1 — стекломасса; 2 — газовое пространство печи; 3 — слив; 4 — ванна с расплавом металла; 5 — лента стекла

химическим способами и путем нанесения различных покрытий.

Механическая обработка включает резку, шлифование, гравирование, пескоструйную, ультразвуковую и др. При пескоструйной обработке на те места прозрачного гладкого стекла, которые должны остаться нетронутыми, наклеивают шаблон, например, из плотной бумаги. Огневая полировка поверхности шероховатого стекла производится при высокой температуре.

Химическая обработка состоит из травления и матирования (обработка поверхности парами фтористого водорода, плавиковой кислотой, матирующими пастами или другими веществами), химического полирования, выщелачивания (для повышения светопропускания и получения «радужного» эффекта), декорирования цветными протравами (диффузия) и др.

При обработке плавиковой кислотой на поверхность стекла с помощью трафарета наносят расплавленный парафин или воск. Кислота разрушает незащищенную поверхность стекла. Через определенное время кислоту смывают, а после подогрева стекла парафин или воск стирают ветошью.

Покрытия на поверхности стекол наносят в виде слоев керамических и других красок, эмалей, фактурных посыпок, люстров, силиконовых растворов, солей и оксидов металлов и др. В результате воздействия нагревом ниже температуры размягчения стекла происходит сплавление поверхностного слоя с нанесенным покрытием.

Технологический процесс производства материалов из других минеральных расплавов включает следующие операции: подготовка сырьевых компонентов, плавка шихты в пламенных шахтных, ваннных, вращающихся или дуговых электрических печах при 1400–1450 °С; охлаждение расплава до 1250 °С для стабилизации структуры и уменьшения усадочных дефектов в готовой продукции; литье в подогретые постоянные формы из чугуна или жароупорной стали или во временные силикатные формы; медленное (до 1 сут. и более) охлаждение; механическая обработка поверхности и кромок. Для снижения возникающих при охлаждении внутренних напряжений отливки подвергают частичной кристаллиза-

ции — отжигу в специальных печах при 800–900 °С.

Формование материалов осуществляется методами статического или центробежного литья. В производстве волокон, например из базальтового расплава, используют метод раздува струи расплава сжатым воздухом или паром. При изготовлении минеральной ваты расплав обычно получают в вагранке или в другом печном агрегате. Волокна образуются при воздействии подаваемого под давлением пара или воздуха на непрерывно вытекающую из вагранки струю расплава или при подаче пара на валки или диск центрифуги. Полученное минеральное волокно собирается в камере волоконосаждения на непрерывно движущейся сетке. В эту камеру вводят органические или минеральные связующие вещества для получения теплоизоляционных матов и плит.

Производство материалов из шлаковых расплавов, прежде всего огненно-жидких шлаков металлургической промышленности, весьма выгодно и экономично: не требуется специальных плавильных печей и дополнительных затрат топлива.

6.3. Номенклатура

Материалы из стекла и других минеральных расплавов можно разделить на две основные группы: светопрозрачные и непрозрачные (облицовочные, специального на-

значения: теплоизоляционные, звукопоглощающие, кислотоупорные).

Светопрозрачные материалы и изделия. Наиболее распространено в строительстве *оконное стекло* — бесцветное с гладкими поверхностями. Листы оконного стекла выпускаются, например, шириной 250–1600, длиной 250–2200 мм, толщиной 3–6 мм. Масса 1 м² стекла 2–5 кг.

Витринное стекло представляет собой крупногабаритные бесцветные листы, как правило, полированные, размером примерно от 1700×1250 мм до 3500×6000 мм при толщине 5,5–10 мм. Отклонения от размеров листов полированного стекла по длине и ширине не должны превышать ±3 мм, по толщине ±0,5 и ±0,4 мм (для стекла высшей категории качества).

Оконное и витринное стекла основные по объему производства и применения, но ими не исчерпывается богатая и разнообразная палитра стеклянных листовых материалов.

Узорчатое, матовое и матово-узорчатое стекла отличаются оригинальными эстетическими характеристиками. Узорчатое стекло имеет на одной или обеих поверхностях четкий рельефный рисунок глубиной 0,5–1,5 мм. Обычно такое стекло изготавливают толщиной 3–6 мм прокаткой на машинах, верхний вал которых имеет соответствующий узор. Однако орнаментный рельеф можно выполнить и другими способами. Узор-

чатое стекло может быть бесцветным и цветным, армированным, просвечивающим и непрозрачным. Хорошо просвечивающее узорчатое стекло благодаря сплошному рельефному рисунку является светорассеивающим. Применяют такое узорчатое стекло для остекления дверей, перегородок и других ограждений для создания мягкого освещения и защиты от прямого солнечного света. Для облицовки используют непрозрачное стекло.

Матовое стекло получают из оконного стекла толщиной 3–6 мм при помощи пескоструйной или химической обработки одной или обеих сторон.

Матово-узорчатое стекло изготавливают аналогичной обработкой одной поверхности по трафарету с определенным рисунком (рис. 6б). Если на поверхность матированного стекла нанести слой столярного клея и подвергнуть его термообработке, то после снятия клея образуется матово-узорчатое стекло «мороз», имитирующее рисунок замерзшего стекла. К матово-узорчатым стеклам относится и стекло «метелица» с оригинальным рельефным рисунком из произвольно чередующихся участков с матовой и обычной поверхностью.

Цветное стекло может быть однослойным, окрашенным в массу, и двухслойным из бесцветной стекломассы с цветным накладным слоем толщиной 1 мм. Такое стекло обычно изготавливают десяти цветов: красное, синее, темно-

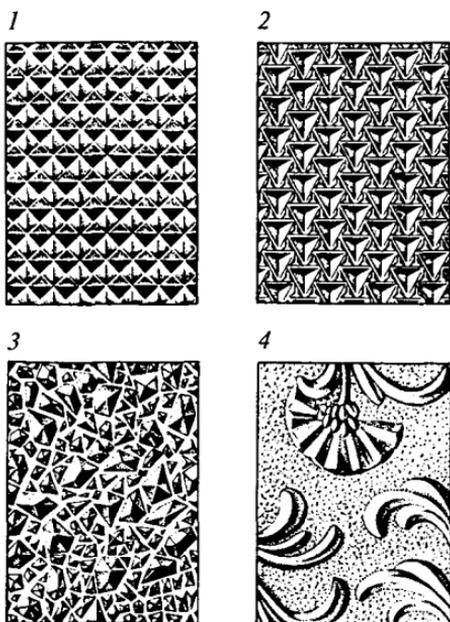


Рис. 66. Виды рельефных рисунков на лицевой поверхности узорчатого (1, 2, 3) и матово-узорчатого (4) стекла

синее, зеленое, лунно-белое, голубое, серое, молочное, желтое, лимонное. Толщина стекла 3–4,5 мм. Его применяют для декоративного остекления световых проемов, устройства перегородок, изготовления витражей.

Армированное стекло имеет в середине параллельно поверхностям сварную светлую металлическую сетку из термообработанной стальной проволоки диаметром 0,35–0,45 мм. Стекломасса армируется в процессе формования способом проката. Прочность стекла при этом не увеличивается и даже снижается, но такое стекло безопасно — при

разрушении от механических и тепловых воздействий осколки удерживаются металлической сеткой. Армированное стекло может иметь гладкую, кованую или узорчатую поверхность, быть плоским и волнистым, бесцветным и цветным. Армированное стекло служит для остекления световых проемов и дверей (при повышенных требованиях к безопасности и огнестойкости остекления), фонарей верхнего света, для ограждения балконов, лоджий, лестниц, лифтовых шахт, устройства перегородок и светопрозрачных кровель.

Закаленное стекло имеет сравнительно высокую механическую прочность и термостойкость. Это достигается обработкой листового стекла толщиной 4,5–6,5 мм — нагреванием до 640 ± 10 °С и последующим резким, но равномерным охлаждением поверхностей потоком воздуха, реже жидкостью. Закалка в 5–6 раз повышает прочность стекла при изгибе и ударе, в 2 раза увеличивает его термостойкость, совершенно изменяет характер разрушения материала — он распадается на мелкие осколки с округленными гранями. Закаленное стекло используют для остекления витрин и светопроемов общественных зданий, сплошных стеклянных дверей, перегородок и других ограждающих конструкций, к которым предъявляются требования повышенной стойкости к возможным ударным воздействиям.

В современной архитектурно-строительной практике часто применяют, в том числе при больших площадях остекления, светопрозрачные стекла, позволяющие регулировать тепловые и световые потоки. К таким стеклянным материалам относятся *теплопоглощающие* (введение в состав стекломассы оксидов железа, кобальта, селена), *теплоотражающие* (нанесение на поверхность тонких пленок металлов и их оксидов) и др. Эти материалы рациональны с эксплуатационно-технической точки зрения, но они в большой мере определяют и эстетику внешнего облика здания и сооружения.

Не менее популярны *многослойные стекла*, среди которых стекла повышенной безопасности — триплекс (из двух листов, склеенных полимерной пленкой); повышенной безопасности и прочности, в том числе пуленепробиваемые (из склеенных листов закаленного стекла); регулирующие тепловые и световые потоки за счет соответствующих характеристик склеивающих слоев. Например, электрохромное стекло имеет оригинальный токопроводящий слой, позволяющий в зависимости от электронапряжения изменять величину тепловых потоков и цвет материала в процессе эксплуатации.

Среди светопрозрачных изделий выделяют малогабаритные (блоки стеклянные пустотелые) и крупногабаритные (стеклопалатки, стеклопакеты, профилные).

Блоки стеклянные пустотелые получают сваркой по периметру двух прессованных полублоков, стекломасса которых может быть бесцветной или цветной. Внутренняя поверхность гладкая или с рельефным рисунком. В процессе герметической сварки в блоке создается частичное разрежение воздуха, повышающее теплоизоляционные свойства. Блоки имеют квадратную или прямоугольную форму, но могут быть и другой формы, в том числе криволинейной угловой. Масса блоков обычно 2,4 и 4,3 кг.

Стеклоблоки предназначены для кладки наружных ограждений, перегородок, заполнения светопроемов в жилых, общественных и промышленных зданиях.

Стеклопалатки представляют собой листы закаленного утолщенного стекла для заполнения дверных проемов в общественных зданиях (рис. 67). Стеклопалатки выпускают с обработанными кромками и необходимыми для крепления вырезами и отверстиями. Дверные палатки могут быть из полированного или неполированного стекла, прозрачного и светорассеивающего (узорчатого, кованого), бесцветного и окрашенного.

Стеклопакеты получают при соединении по контуру с определенным зазором двух или более листов стекла. Между листами стекла образуются герметически замкнутые прослойки, заполненные воздухом или, например, аргоном. По

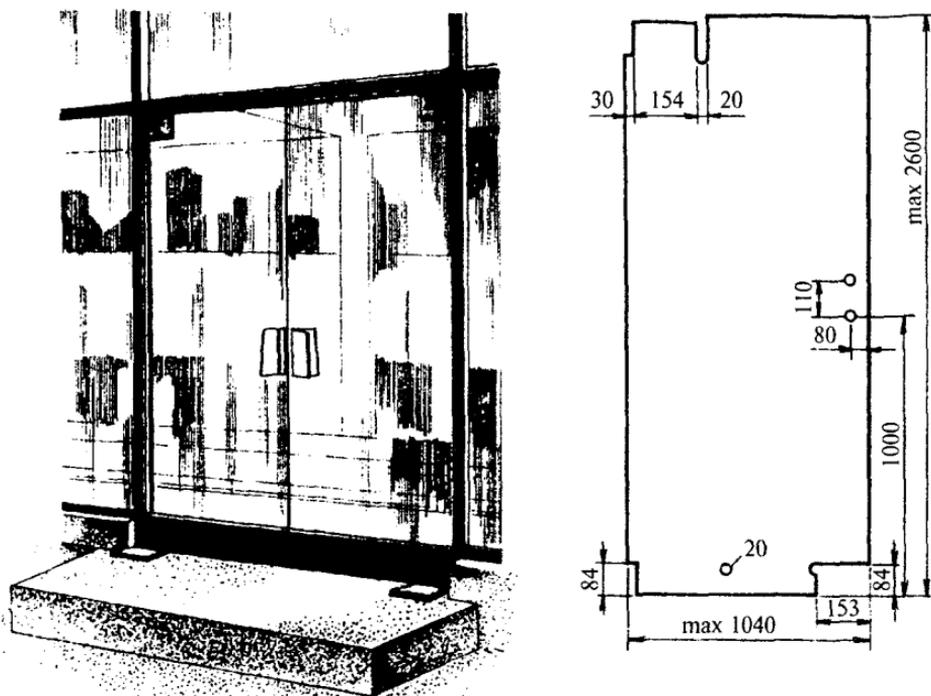


Рис. 67. Двери из стеклопакетна

конструктивным особенностям и способам изготовления выделяют стеклопакеты клееные, паяные и сварные. В зависимости от назначения для стеклопакетов используют оконное, витринное, закаленное, теплопоглощающее и другие стекла.

Площадь стеклопакета до 5 м^2 , расстояние между стеклами 15–20 мм и др. Стеклопакеты отличаются пониженной теплопроводностью, хорошей звукоизолирующей способностью, не замерзают и не запотевают при температуре наружного воздуха -20°C (и ниже для

двухкамерных). Иногда полости заполняют войлоком или холстом из стеклянного или синтетического волокна. Применяют стеклопакеты для заполнения оконных проемов, витрин и т. д.

Стекло строительное *профильное* формуют на прокатных установках из бесцветного или цветного стекла в виде непрерывного профильно-погонажного материала коробчатого или швеллерного сечения, с гладкой, рифленой или узорчатой поверхностью. Стеклопрофилит может быть армирован металлической сеткой. Максимальная

длина стеклопрофилита коробчатого сечения 5, швеллерного 7 м. Размеры сечения могут быть разными, например 250×50 мм, толщина стекла 5,5 мм.

Ограждающие конструкции из стеклопрофилита собирают, устанавливая его в вертикальном положении, с герметизацией швов нетвердеющими мастиками или эластичными прокладками. Стена из коробчатых профилей отличается сравнительно высокой звукоизоляцией, дает мягкий рассеянный свет.

Профильное стекло используют для светопроницаемых ограждений (самонесущих стен, перегородок, кровель) в гражданском и промышленном строительстве.

К **светонепрозрачным облицовочным материалам из стекла** относятся стемалит, марблит, эмалированные плитки, смальта, стекло-мозаичные плитки, зеркальные, стеклокристаллические.

Стемалит — листы плоского стекла, внутренняя сторона которых окрашена керамической краской. Листы подвергают термообработке, при которой происходят закалка стекла и закрепление краски. Размер листов стемалита, как правило, не менее 900×400 и не более 2400×1200 мм, толщина 5–7,5 мм. Такое облицовочное стекло различных цветов применяют для отделки фасадов, интерьеров общественных и промышленных зданий, ограждений балконов, лоджий.

Марблит — материал в виде плоских прямоугольных или квадратных плит с полированной лицевой и рифленой внутренней поверхностью. Его производят из глушеной цветной стекломассы. Выделяют две разновидности марблита — стекломрамор и декоративный марблит.

Плиты стекломрамора различных размеров, часто не более 300 мм по длине и ширине, толщиной 8–25 мм, выпускают белого, голубого, синего, бежевого, зеленого цветов, однотонные или с мраморивидным рисунком.

Толщина декоративного марблита 5–12 мм, цвет темно-зеленый или черный с кристаллическими включениями в массе и на поверхности, которые блестят при определенном освещении и создают своеобразный декоративный эффект.

Марблит служит для наружной и внутренней облицовки зданий различного функционального назначения.

Эмалированные плитки часто изготавливают из отходов оконного или витринного стекла, разрезая его по заданным размерам и покрывая с одной стороны слоем эмали, закрепляемой при термообработке. Их основные размеры 100×100 и до 200×200 мм при толщине 4–6 мм.

Смальта — куски глушеного цветного стекла неправильной формы толщиной до 10 мм, полученные из стекломассы отливкой или пресованием. Ранее из смальты изготавливали мозаичные панно, де-

коративные вставки при отделке фасадов и интерьеров. В современной лаконичной архитектуре смальта применяется сравнительно редко.

Мозаичные плитки, например, размером $21 \times 21 \times 5$ мм, которые получают при прокате или прессовании стекломассы с разнообразными эстетическими характеристиками, позволяют создавать оригинальную отделку интерьеров.

Не менее своеобразна отделка при использовании для облицовки даже небольшого количества плиток и плит с *зеркальной* лицевой поверхностью. Их размеры 50×50 , 200×200 мм и др.

Среди *стеклокристаллических* стеклянных материалов выделяют стеклокремнезит, стеклокристаллит, ситаллы, шлакоситаллы.

Стеклокремнезит получают в огнеупорных формах из гранул стекла определенного состава в смеси с кремнеземом и другими добавками. Плиты стеклокремнезита квадратной и прямоугольной формы, разной длины и ширины, их толщина 15 и 20 мм. Лицевая поверхность материала полированная, различных цветов и оттенков, с оригинальным зернистым рисунком. Внутренняя поверхность отличается ярко выраженной шероховатостью. Стеклокремнезит используют для наружной и внутренней облицовки стен, колонн, покрытий полов, из него можно выполнять художественно-декоративные фрагменты, предназначенные не только для отделки, но и для архитектурно-

художественных композиций, а также самостоятельные художественные произведения.

Плиты *стеклокристаллита* производят путем сплавления гранул бесцветного или окрашенного стекла. Их характерные размеры при облицовке стен и устройстве полов 150×300 и 300×300 мм.

Ситаллы получают путем полной или частичной кристаллизации стеклянных расплавов.

Чаще используют *шлакоситаллы* — плотный тонкозернистый материал, получаемый при кристаллизации стекла на основе металлургических шлаков, кварцевого песка и специальных добавок.

Листы и плиты из шлакоситалла выпускают квадратной и прямоугольной формы, длиной до 3000, шириной до 1500, толщиной 6–15 мм. Лицевая поверхность материала белого, черного и темно-серого цвета, с гладкой или рельефной фактурой. Цвет лицевой поверхности может регулироваться путем нанесения силикатных красок, которые закрепляются при термообработке. Шлакоситалл применяют для наружной и внутренней облицовки зданий, покрытий полов.

Материалы из стекла и других минеральных расплавов могут быть теплоизоляционными, звукопоглощающими, кислотоупорными.

Пеностекло — высокопористый материал (пористость до 94%), получаемый при спекании порошка стеклянного боя с газообразователями. Используется оно в виде

плит и блоков в основном для теплоизоляции стен, покрытий, кровель, тепловых сетей при подземной бесканальной прокладке. Цветное пеностекло применяют в качестве акустического и облицовочного материала.

Материалы из *стеклянных волокон* производят в основном в виде плит, а также многослойных холстов. Плиты, например, длиной до 1500, шириной до 1000 и толщиной 50–80 мм предназначены для теплоизоляции ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий. Многослойные холсты толщиной 50 и 100 мм из супертонкого стеклянного волокна являются эффективным звукопоглощающим материалом.

Тонкие волокна получают также из *расплава горных пород* (доломита, базальта и др.). Применяя органические или минеральные связующие, выпускают минераловатные плиты, маты для теплоизоляции. Из минеральной ваты и их гранул производят и звукопоглощающие материалы.

Из *каменных расплавов* (базальта, диабазы) изготовляют плиты, плитки, литую брусчатку — материалы, отличающиеся высокой прочностью, долговечностью и большой коррозионной стойкостью в агрессивных средах.

Из расплава доменного шлака (после его быстрого охлаждения) получают *шлаковую пензу (термозит)*, которая служит пористым заполнителем для легких бетонов.

6.4. Свойства

Эксплуатационно-технические свойства материалов из стекла зависят прежде всего от его состава и структуры, которая отличается отсутствием правильной пространственной решетки и изопрочностью.

Плотность обычного оконного стекла — 2500, армированного — 2600 кг/м³.

Пористость у стеклянных материалов (за исключением теплоизоляционных и звукопоглощающих) отсутствует. *Теплопроводность* стекла, в зависимости от состава, в пределах 0,5–1 Вт/м · °С (теплоизоляционные материалы из стекла обладают низкой теплопроводностью — 0,032–0,14 Вт/м · °С).

Вследствие сравнительно малой теплопроводности при нагревании или охлаждении стекла может возникнуть большой температурный градиент, обуславливающий большие растягивающие напряжения, которые приводят к его растрескиванию.

Стеклянные светопрозрачные материалы обладают высокой *стойкостью к агрессивным веществам*, за исключением фосфорной и плавиковой кислот.

Материалы из стекла могут обладать высоким *пределом прочности* при сжатии — 1000 МПа и более (у оконного стекла ~ 90 МПа), но предел прочности при изгибе и растяжении часто меньше в 6–10 раз в результате наличия в стекле микротрещин, внутренних напряжений,

инородных включений и других микродефектов.

Материалы из стекла относятся к *хрупким*, у них отсутствуют пластические деформации. Заметно повышается ударная прочность стекла после дополнительной тепловой обработки (закаливание) или нанесения на поверхность тонких пленок различного состава, в том числе полимерных.

Предел прочности стекла при сжатии, растяжении, изгибе измеряют с помощью гидравлических прессов и разрывных машин. При определении предела прочности при сжатии, как правило, испытывают хорошо отожженные образцы без пороков, в форме кубиков с длиной ребра 4–5 мм или цилиндров с аналогичными размерами. Испытывают не менее 10 образцов. Скорость нагружения должна составлять 1–3 МПа/с. При испытании блоков стеклянных пустотелых для выравнивания торцевых стенок применяют цементно-песчаный раствор состава 1:3 по массе (портландцемент М400, водоцементное отношение 0,6). После установки блока в форме раствор укладывают по периметру образца и уплотняют вибрированием. До испытания блок с раствором выдерживают 7 сут. При определении предела прочности при растяжении используют образцы стекла в виде цилиндрических стержней длиной около 60 мм и диаметром около 6 мм (в средней части диаметр 3–3,5 мм). Испытания про-

водят на разрывной машине. С помощью специального приспособления определяют предел прочности при изгибе образцов стекла (цилиндрических стержней, пластинок) длиной 75–100 мм.

Модуль упругости стекол статическими методами определяют по деформации образца круглого сечения при изгибе. Испытания проводят с помощью оптического длинномеров или тензометрического анализа. Этот анализ основан на измерении сопротивления деформации нагруженного образца относительно ненагруженного образца-эталоны. Также используют ультразвуковой метод, основанный на возбуждении в образце стекла ультразвуковых колебаний. Скорость их распространения зависит от упругости образца.

Ударную прочность стекла определяют на приборах различного типа, которые позволяют фиксировать образец стекла и высоту подъема разрушающего груза — обычно стального шара определенной массы. Так, для измерения сопротивления удару стеклянных блоков используют стальной шар массой 0,12–0,15 кг. Плоское закаленное стекло должно выдерживать без разрушения удар свободно падающего стального шара массой 227 ± 2 г с высоты 2; 2,5 и 3 м соответственно при толщине стекла 5, 6 мм и более.

Коррозионную стойкость стекла обычно оценивают зерновым методом порошка или методом

формовых поверхностей. При первом методе после обработки образца стекла агрессивным веществом (вода, кислота, щелочь) измеряют потери в массе испытуемого образца в г, % или в мл 0,01 н раствора HCl, пошедшего на титрование щелочей, извлеченных из стекла. В зависимости от объема 0,01 н раствора HCl, израсходованного на титрование (в мл), различают пять гидролитических классов водостойчивости стекол: первый — не изменяемые водой стекла (0–0,32 мл); второй — устойчивые стекла (0,32–0,65 мл); третий — твердые аппаратные стекла (0,65–2,8 мл); четвертый — мягкие аппаратные стекла (2,8–6,5 мл); пятый — неудовлетворительные стекла (6,5 мл и более). Большинство промышленных стекол, в том числе оконное, относятся к третьему гидролитическому классу. Метод формовых поверхностей заключается в измерении потерь массы образца (свободного от инородных включений с площадью поверхности 100–200 см²) после его обработки в агрессивных реагентах.

Определенное значение с эксплуатационно-технической точки зрения имеют *термические свойства* стеклянных материалов. При этом учитывают, что объемный коэффициент теплового расширения в 3 раза превосходит линейный.

При определении термостойкости строительных материалов и изделий из стекла образцы нагревают в печи (термостате) при за-

данных температуре и времени, а затем сразу погружают в ванну с водой, имеющую температуру 20 ± 1 °С.

Термические свойства стекол связывают со степенью их отжига, цель которого — свести к минимуму остаточные напряжения и стабилизировать структуру стекол.

Степень отжига стекла определяют в зависимости от значения двойного лучепреломления, физическая сущность которого связана с разделением луча света, проходящего через образец, на два луча — обыкновенный и необыкновенный. Оба луча поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях и распространяются с разной скоростью (имеют разные показатели преломления). Разность хода этих лучей, зависящая от остаточных напряжений и длины хода луча в испытуемом образце стекла, измеряют в миллимикронах на 1 см длины хода луча.

Остаточные напряжения в стекле измеряют с помощью специального прибора (полярископа-поляриметра).

Принципиальное значение для функционального назначения светопрозрачных стеклянных материалов имеют *оптические свойства*. Именно они отличают оконное, витринное и другие светопрозрачные стекла от большинства других материалов и изделий в жестком (твердом) состоянии. Эти свойства характеризуются в основном светопропусканием, поглощением и отражением. Если свето-

вой поток, падающий на поверхность стекла, обозначить I_0 , а те части светового потока, которые отразятся, поглотятся и пройдут через стекло, соответственно обозначить $I_{отр}$, $I_{погл}$ и $I_{проп}$, то справедливо равенство

$$I_0 = I_{отр} + I_{погл} + I_{проп}$$

Светопропускание T , поглощение A и отражение R выражаются в долях единицы или в % и определяются по следующим формулам:

$$T = I_{проп} / I_0;$$

$$A = I_{погл} / I_0;$$

$$R = I_{отр} / I_0.$$

Каждый из упомянутых показателей оптических свойств зависит от длины волны. Оконное, витринное и ряд других бесцветных стекол отличаются значением T , близким к 1, и сравнительно малыми значениями A и R . Пропускание стеклом видимых и невидимых лучей подчиняется закону Бугера – Ламберта – Бэра и связано с коэффициентом поглощения и отражения, а также с толщиной материала и концентрацией красящих добавок. Коэффициент отражения в большей мере зависит от угла падения светового потока (увеличиваясь с увеличением последнего) и показателя преломления стекла.

Поглощение света определяется коэффициентом поглощения и оптической плотностью, а также свя-

зано с толщиной стекла и особенно наличием красящих добавок.

В целом оптические свойства стекол зависят от их химического состава. Так, при необходимости изготовления теплозащитных стекол (поглощающих инфракрасные лучи) в их состав вводят значительное количество закиси железа. С повышением атомной массы входящих в стекло элементов возрастает поглощение коротковолновых излучений – рентгеновских, ультрафиолетовых, γ -лучей.

Величина светопропускания определенных листовых стекол связывается с их толщиной и указывается в ГОСТах. Оптические свойства листовых стекол определяют с помощью различных спектрофотометров. Сущность метода измерения коэффициентов светопропускания и поглощения основана на измерении ослабления светового потока при прохождении через отшлифованный и отполированный образец стекла. Для рассматриваемых испытаний обычно используют образцы листового стекла размером $30 \times 30 \times 1$ мм. При определении величины светопропускания стеклоблоков используют специальный прибор (шаровой диффузомер).

Эстетические характеристики материалов из стекла регулируются в достаточно широких пределах.

Пропускание, поглощение и отражение света стеклом зависят от длины волны света. Эта зависимость, а также различие оптических

характеристик стекла обуславливают возможность разнообразных цветовых эффектов при освещении стекла.

При использовании молекулярных и коллоидных красителей изготавливают светопрозрачные окрашенные стекла различных цветов и оттенков. Цветные листовые стекла получают также наложением в процессе формования на слой обычного оконного стекла прозрачного или глушеного цветного слоя, нанесением на поверхность цветных оксидно-металлических пленок, препятствующих проникновению тепловых и световых лучей.

В процессе формования и при дальнейшей обработке производят листовые и другие стекла с различными фактурой и характером рисунка.

При оценке внешнего вида материалов из стекла учитывают требования ГОСТа к возможным отклонениям от номинальных размеров и дефектам лицевой поверхности. Так, у листового светопрозрачного стекла на 1 м^2 не допускаются или ограничиваются (для марок $M_4 - M_8$) пузыри внутренне и поверхностные различных размеров, инородные неразрушающие включения, свиль узловая и нитевидная, царапины волосные или грубые, пороки поверхности слабые или грубые площадью до 10 см^2 .

Полосность — порок листового светопрозрачного стекла — связан с получением участков (полос)

различной толщины при формовании вытягиванием. При наличии этого дефекта изображение картины, рассматриваемой сквозь стекло, оказывается искаженным: возле полосы изображение кажется растянутым, а на самой полосе — сжатым. Степень полосности определяют по размеру угла, при котором становится незаметным искажение предметов, просматриваемых через стекло. Угол образуется направлением луча зрения наблюдателя и плоскостью листа. Чем меньше угол, при котором видна полосность стекла, тем выше его качество. При визуальном просмотре эталонного экрана «кирпичная стена» сквозь лист оконного стекла под углом 90° не допускаются оптические искажения, а сквозь стекло высшей категории качества — под углом 60° .

Эстетические характеристики материалов из стекла оценивают с помощью известных измерительных инструментов (микрометры, линейки, угольники, шупы) и визуально — путем сравнения с образцами-эталоном с определенного расстояния.

При оценке внешнего вида *витражей* или *стекломозаики* учитывают способ их получения.

При изготовлении декоративного остекления в свинцовой пайке используют специально приготовленные куски светопрозрачного стекла различных форм и цвета. Обычно архитектор или художник

изготавливает в натуральную величину картон с учетом пайки (оправы) и крепления. Каждая деталь рисунка получает свой номер (одинаковые по форме и цвету детали имеют одинаковые номера). С картона снимается калька, и по ней нарезают картонные шаблоны. Нож для вырезки шаблонов имеет два параллельных лезвия, расстояние между которыми соответствует ширине вертикальной стенки оправы плюс толщина оправы стеклореза. По нумерованным шаблонам нарезают куски цветного стекла.

Монтаж витража производят на столе с прозрачной крышкой, оборудованном подсветкой. После расположения в нужном порядке кусков стекла между ними раскладывают участок оправы, тщательно разглаживают черенком ножа и паяют. Стыки пропаивают с обеих сторон витража. Края стеклянных деталей вдоль свинцовой ленты промазывают специальной мастикой. Контур витража обрамляют стальным швеллером и сваривают углы. Для витражей больших размеров необходимы стержни жесткости — полосы стали, поставленные на ребро. Несущую раму витража крепят в стене или перегородке.

Иногда вместо свинцовой применяют медную оправу в форме двутавра, получаемую в результате прокатки медной трубки. Около мест крепления одну или обе стороны стекла шлифуют, делая

определенный уклон (фацет). Стекло закрепляют с помощью гипса. Места стыков и пересечений оправы пропаивают и зачищают.

Оригинальные витражи выполняют, располагая мозаику из цветных стекол между двумя бесцветными листами стекла, которые скрепляют по периметру металлической или деревянной оправой.

Клееные витражи изготавливают с помощью синтетических клеев — на стеклянную подложку приклеивают куски цветного стекла.

Витражи из листового светопрозрачного стекла получают после «горячей» или «холодной» росписи. При «горячей» росписи пользуются силикатными красками, после росписи листы стекла обжигают в электропечи. В результате красочный слой становится прочным, ярким и прозрачным. При «холодной» росписи используют анилиновые красители (их можно заменить акварельными красками, цветными тушью или чернилами с добавкой разбавленного желатина) или тонкотертые масляные краски. Эскиз витража выполняют в цвете. Контурный рисунок переносят на лист ватмана соответствующего размера, который располагают с тыльной стороны стекла. Перед нанесением краски стекло обезжиривают, например, раствором пищевой соды. Чтобы роспись была влагостойкой, ее покрывают лаком или раствором квасцов.

Для изготовления *стеклянной мозаики* используют смальту, которую в соответствии с определенным рисунком закрепляют на основании из гипсового или цементного раствора.

6.5. Области применения

Если конструкционные материалы из стекла (пеностекло, стекловатные для теплоизоляции) используются в сравнительно ограниченном объеме, то практически в любом современном здании, сооружении применяются конструктивно-отделочные стеклянные материалы.

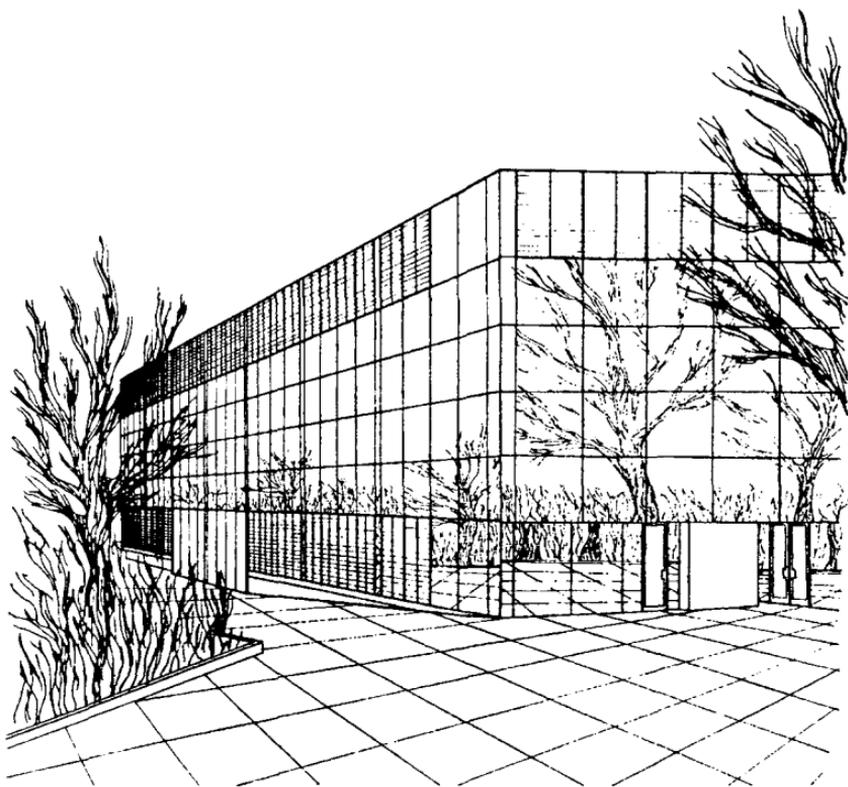
Архитектурный образ современных зданий и сооружений в большой мере определяется структурой несущих элементов, выявленных на фасаде, и плоскостями из стекла. В основном для них характерны геометрически четкие формы и значительные поверхности из стекла с оригинальными свойствами. Глухие участки навесных стен, влияющие на архитектурный облик зданий, могут быть расположены выше перекрытий или в пределах их примыкания, но часто предусматривается полное остекление этих стен.

Здания с ограждениями из стеклянных материалов могут иметь гладкий фасад (здание ООН) или фасад с развитой пластикой — выступами, углублениями (здание Министерства образования в Рио-де-Жанейро).

Соотношение светопрозрачных и глухих участков фасада, пропорции членения, цвет стекла — это те параметры, которые позволяют создавать навесные стены с разнообразным внешним обликом. Оригинальный внешний вид фасада получают сочетанием светопрозрачных и светонепрозрачных материалов из стекла, как это сделано, например, на фасадах зданий мэрии и института «Гидропроект» в Москве. Индивидуальность городскому аэровокзалу в Москве придает сочетание светопрозрачных стекол, стемалита и алюминиевых переплетов. Непрерывные ряды стеклянных эркеров определяют пластику фасада крупнейшей в Москве гостиницы «Россия». Ритмичные белокаменные пилоны и стеклянные плоскости подчеркивают архитектурную выразительность Кремлевского Дворца съездов, а светопрозрачные материалы из стекла связывают его интерьеры с исторической застройкой Кремля.

Связать воедино вестибюли и фойе с окружающей средой за пределами здания — с улицей, с природой, создать впечатление легкости — характерное стремление архитекторов при проектировании ряда общественных зданий, в этом им помогают прозрачные стеклянные стены (кинотеатры «Октябрь» и «Россия» в Москве, «Беларусь» в Бресте и др.).

Поверхности из стекла часто используются для выявления пластики фасада вне зависимости от



*Рис. 68. Фрагмент фасада современного здания
«зеркальной» архитектуры*

функционального назначения здания (Библиотека Академии Наук РФ, ТАСС в Москве и др.).

Значительные по площади поверхности из стеклянных материалов, регулирующих тепловые потоки, характерны не только для отдельных общественных и административных зданий, но и для ансамблей и целых улиц.

Материалы из стекла широко применяют, в том числе и для придания своеобразного архитектурно-облика в зданиях жилого и про-

мышленного назначения, детских садов, школ и вузов.

Широкое применение зеркальных стекол, т. е. стекол с высоким отражением в видимой части спектра (нанесение пленок из оксидов металлов и др.), существенно меняет внешний облик зданий, сооружений. Оригинальность «зеркальной архитектуры» привлекает многих современных зодчих (рис. 68). Нередко такие здания появляются в контексте исторической городской застройки.

Узорчатые, матово-узорчатые, рельефные и цветные листовые стекла для перегородок, дверных полотен оказывают огромное влияние на эстетику интерьеров различного назначения. Не меньшую значимость имеют цветные художественные витражи, которые могут изготавливаться не только традиционным

способом, но и по новой технологии в сочетании с современными материалами, в том числе с железобетоном, металлическими профилями.

Принципиальное значение имеет и тот факт, что материалы из стекла остаются экологически чистыми на протяжении всего срока их эксплуатации.

Глава 7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

7.1. Определение, краткие исторические сведения

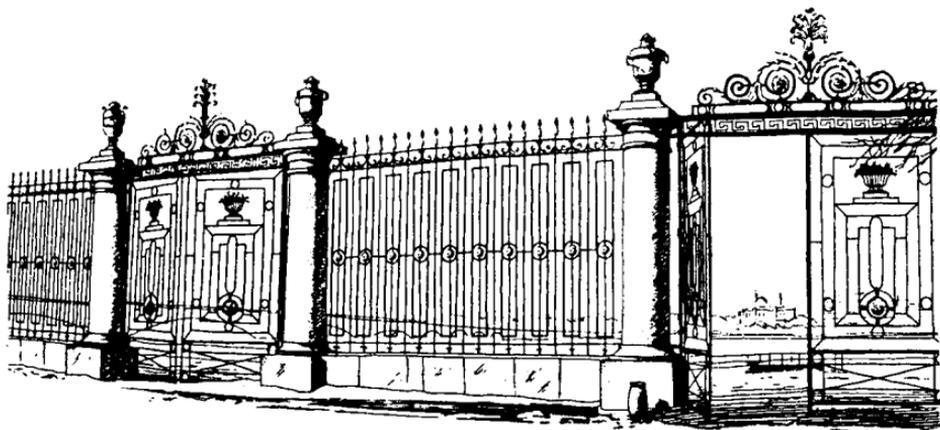
Великий русский ученый М. В. Ломоносов определил металлы как тела твердые, ковкие и блестящие. Почти все другие материалы обладают определенной твердостью, лицевая поверхность некоторых материалов отличается блеском. Но при этом лишь металлы могут деформироваться при значительных динамических воздействиях без нарушения целостности структуры. Уместно добавить, что металлы обладают оригинальной искусственной кристаллической структурой.

Металлы, применяемые для производства строительных материалов, разделяют на две группы: черные и цветные. Черные металлы представляют собой сплав железа с углеродом — чугун или сталь. К цветным относят алюминий, медь,

цинк, олово, никель, титан, магний и др.

Металлургия меди, олова, свинца была известна уже в IV в. до н. э., в III в. до н. э. плавил бронзу, во II в. до н. э. — железо. Древнейшее сооружение из железа — колонна в Дели (Индия) относится к V в. до н. э. Но на протяжении многих сотен лет в строительстве применялись лишь малогабаритные изделия из железа (скобы, штыри, закрепы).

В Средние века использовали железные затяжки для придания необходимой прочности распору каменных сводов, как, например, при строительстве Успенского собора во Владимире (XII в.). К системе железных затяжек подвешены потолки Покровского собора (храм Василия Блаженного, XVI в.) в Москве. Тогда же из железа были изготовлены наклонные стропила Архангельского собора, кар-



*Рис. 69. Чугунная решетка Летнего сада в Санкт-Петербурге.
1784 г. Архит. Ю. Фельтен, П. Егоров*

касы куполов колокольни Ивана Великого в Москве.

В конце XII в. применяли различные изделия из чугуна. Но началом его внедрения в архитектурно-строительную практику считают использование пяти параллельно расположенных чугунных полуциркульных арок пролетом около 31 м при строительстве моста через р. Северн в Англии в XVIII в. Строительные материалы из чугуна начинают все шире применяться в гражданской и промышленной архитектуре XVIII—XIX вв. (рис. 69). Массовое применение металлических строительных материалов относится к XIX в. и связано с развитием металлургии стали. В это время строятся сложные инженерные сооружения с применением стальных материалов — ребристых профилей для восьмигранной усеченной пирамиды с кре-

стовыми связями шпиля Петропавловского собора в Санкт-Петербурге (высота 56,43 м, 1859 г.), профилей конструкции сомкнутого свода из четырех полуарок для купола церкви Екатерининского дворца в Царском Селе (высота 20,33 м, 1865 г.), профилей для решетчатой высотной Эйфелевой башни в Париже (высота 300 м, 1889 г.), для покрытий, перекрывающих сравнительно большие пространства в десятки метров, для висячих мостов и др. (рис. 70—72).

7.2. Основы производства

Сырье. Основным сырьевым компонентом для получения металлов являются рудные горные породы. Содержание в рудах цветных металлов сравнительно мало. В железных рудах количество металла

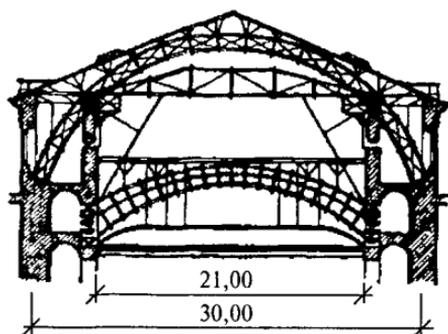


Рис. 70. Конструкции из чугуна зрительного зала Александринского театра в С.-Петербурге. 1827–1832 гг. Архит. К. Росси

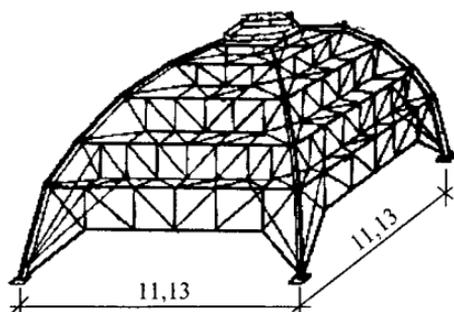


Рис. 71. Схема купола церкви Екатерининского дворца в Царском Селе. 1863–1865 гг. Инж. Г. Паукер



Рис. 72. Башня на Всемирной выставке 1889 г. в Париже. Инж. Г. Эйфель

достигает 70%. Наиболее часто для производства металла используют красный, магнитный бурый и шпатовый железняк. В руде кроме железа имеется так называемая пустая порода, состоящая из различных природных химических соединений и в данном случае вредных примесей серы и фосфора. Алюминиевые руды, преимущественно бокситы, содержат

50–60% оксида алюминия (глинозема).

Основы технологии. Основные технологические операции при производстве металлических материалов: обработка сырья, дозировка, плавка, формование. При необходимости изменения эстетических характеристик лицевой поверхности применяют механические и химические способы ее отделки,

лаки, краски, наносят тонкие металлические или полимерные пленки (см. описание свойств металлических материалов).

Обработка сырья предполагает дробление, промывку и обогащение железных руд. В процессе плавки получают металлы, после формования — металлические материалы.

При производстве чугуна кроме железной руды используют агломерат, получаемый спеканием руды с известняком, и флюсы — известняк или доломит. Эти компоненты повышают эффективность процесса производства в доменных печах — огромных вертикальных шахтах высотой до 30 м и объемом до 5000 м³. В качестве топлива используют кокс. Руду, агломерат, кокс и флюсы загружают в домну перемежающимися слоями, которые постепенно передвигаются вниз под влиянием собственной массы. Горение кокса поддерживается воздухом, предварительно подогретым до 600–900 °С в воздухонагревателях.

Образующийся при горении оксид углерода восстанавливает чистое железо; одновременно восстанавливаются содержащиеся в руде марганец, сера, фосфор и кремний. Частично взаимодействуя с оксидом углерода, восстановленное железо образует карбид железа; в результате процесса науглероживания железа содержание углерода в чугуне повышается до 3–4%. Образовавшийся чугун плавится и стекает в горн (нижнюю часть) печи.

Выплавляют передельные чугуны (80–90% выплавки), применяемые для производства стали, и литейные серые чугуны — для производства строительных изделий.

Основные способы производства стали — кислородно-конвертерный, мартеновский и электроплавильный. Конвертерную сталь получают в стальных футерованных сосудах (конвертерах) емкостью 100–350 т и мощностью до 4,5 млн т стали в год, продувая жидкий чугун кислородом с углекислым газом или водяным паром. Одна из причин широкого распространения этого способа получения стали — высокая производительность. Процесс плавки длится не более 30 мин.

В мартеновских печах сталь выплавляют из передельного чугуна и стального лома (скрапа). Топливом является предварительно подогретая воздушно-газовая смесь. Окисленные нежелательные примеси, содержащиеся в чугуне, переводятся в шлак. Плавка стали в мартеновских печах емкостью 500–800 т, мощностью до 1 млн т металла в год длится 4–8 ч.

В электрических печах (дуговых, индукционных, электронно-лучевых) выплавляют в основном высококачественные специальные стали. Агрегаты объемом до 400 т перерабатывают твердую шихту, стальной лом, а также жидкие стали из мартеновских печей или конвертеров. В России в электропечах выплавляется около 80% металла

повышенной прочности. Применение электроплавильного способа ограничено в связи со сравнительно большим расходом электроэнергии.

Основы технологии получения наиболее широко используемого в строительстве цветного металла — алюминия связаны с выделением оксида алюминия из алюминиевых руд щелочным, кислотным, электротермическим или комбинированным способом, получением первичного металла (чистого алюминия) электролизом оксида алюминия в специальных электролизных ваннах и очисткой металла от вредных примесей (рафинированием). Методом электролитического осаждения получают и рафинируют и другие *цветные металлы*: осаждением из расплава (аналогично алюминию) получают магний, а из водных растворов — медь, цинк, никель.

Металлы для материалов, как правило, представляют собой сплавы — железа с углеродом (чугун, сталь), алюминиевые, медные (бронза — с оловом, латунь — с цинком), магниевые, титановые и др.

В процессе *литья* из расплавленного металла (чугун, сталь, сплавы меди, алюминия и др.) получают отливки, соответствующие по форме и размерам литейным формам. Способом *проката* (обжатия металла между вращающимися валками) изготавливают значительную часть строительных материалов из стали, лис-

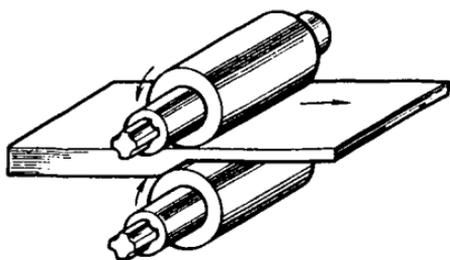


Рис. 73. Схема проката металла

ты и проволоку из цветных металлов (рис. 73).

Штамповкой и прессованием получают рельефные облицовочные материалы, элементы оборудования.

Способом формирования *под давлением* (экструдирования) изготавливают профильные материалы и трубы из цветных металлов. При этом металл выдавливается под давлением из замкнутого контейнера через отверстие матрицы, форма и размеры которого определяют сечение формируемого профиля. Термической, химико-термической и другой специальной обработкой достигается направленное изменение структуры и механических свойств металла — твердости, прочности, ударной вязкости, сопротивления износу и др. Такое улучшение необходимых свойств обеспечивается путем нагрева и последующего охлаждения металла в строго заданном режиме. Например, термообработка стали уменьшает ее структурную неоднородность, снижает возникшие при обработке литьем или давлением напряжения, повышает прочность, улучшает ее обрабатываемость.

7.3. Номенклатура

Строительные материалы из чугуна — опорные части колонн (подушки), тубинги — укрепляющие своды тоннелей, трубы, радиаторы, санитарно-технические изделия. Перечень материалов ограничен, так как чугун обладает существенными недостатками — высокой плотностью и хрупкостью. Весьма редко в современном строительстве используют архитектурно-художественные детали, полученные способом литья из чугуна: детали оград, решеток, кронштейнов, фонарей и др.

Наиболее распространены в строительстве материалы из стали. В основном применяют углеродистую сталь обыкновенного качества (выделяют также качественные, высококачественные и особо высококачественные стали с соответствующим уменьшением вредных примесей), а также легированные стали. Легированные стали обладают повышенной прочностью за счет присадок легирующих (упрочняющих) элементов — никеля, кобальта, хрома, меди, ванадия и др.

Для производства строительных материалов широко используют углеродистую сталь обыкновенного качества определенной группы (в зависимости от механических свойств), например, марок Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. По мере увеличения указанных цифр увеличивается содержание углерода, а также прочность, твердость, но

снижается пластичность материала. Кроме того, учитывают группу стали, добавляя спереди букву А, что означает гарантированные механические характеристики, Б — химические, В — те и другие. После цифры, указывающей на марку стали, добавляют буквы, связанные со степенью раскисления: сп — спокойные, пс — полуспокойные, кп — кипящие. Последние более пластичны, но менее долговечны — склонны к старению структуры, хладноломкости, а также хуже свариваются.

Для современных материалов чаще используют сталь группы В — ВСтЗсп (пс).

Весьма перспективны легированные стали. Например, созданная в нашей стране сталь с карбонитридным упрочнением (легирующие присадки — ванадий, азот, алюминий в количестве 0,2% от массы стали) при сравнительно высокой прочности пластична, хорошо сваривается, не обладает повышенной хладноломкостью при низких отрицательных температурах. О характеристике легированной стали можно судить по сочетанию букв и цифр, которые обозначают входящие в состав материала легирующие элементы, их процентное содержание, а также количество углерода.

Номенклатура стальных материалов включает различные профили и листы, оболочки, мембраны, тросы, канаты, черепицу, закладные детали, декоративно-художественные изделия.

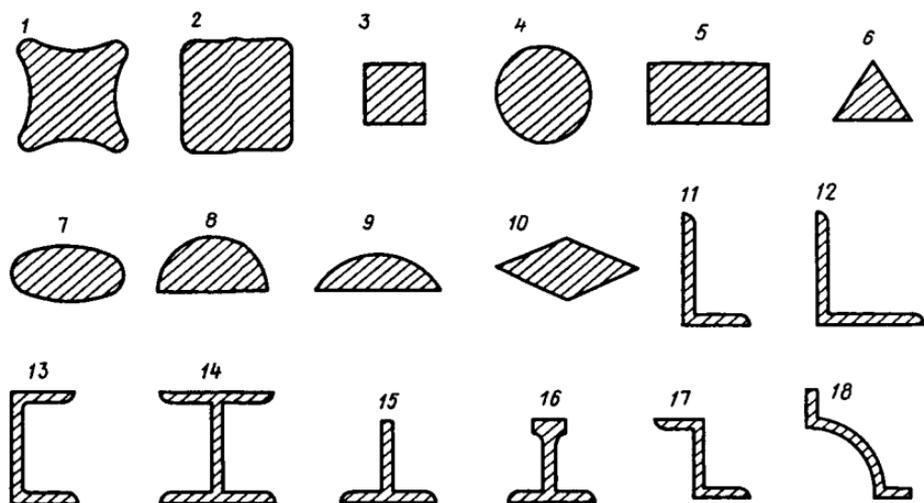


Рис. 74. Виды стальных профилей, полученных способом проката

1 — блюмс; 2 — квадратный с закругленными углами; 3 — квадратный; 4 — круглый; 5 — полосовой; 6 — треугольный; 7 — овальный; 8 — полукруглый; 9 — сегментовый; 10 — ромбовидный; 11 — угловой неравнобокий; 12 — угловой равнобокий; 13 — швеллер; 14 — двутавровый; 15 — тавровый; 16 — рельсовый; 17 — зетовый; 18 — колонный

Профили применяют различного сечения, их вид определяется способом получения. В массовом количестве используют профили, полученные способом проката (рис. 74).

Перечень прокатных материалов с указанием размеров называется сортаментом проката, который делят на три группы: сортовой прокат (конечная продукция горячей прокатки металла сплошного поперечного сечения, иногда переменного по длине), листовой прокат и трубы. Сортамент проката строительного назначения постоянно расширяется и совершенствуется благодаря внедрению облегченных, тонкостенных, фасонных и других экономичных профилей.

Большое значение для повышения эффективности производства стальных материалов имеет увеличение доли эффективных (трубчатых, широкополосных двутавровых и др.) профилей из термически упрочненной углеродистой и низколегированной стали повышенной прочности, обеспечивающих значительную экономию металла. Так, для многих конструкций (каркасы промышленных зданий, опоры) замена уголкового профиля тонкостенным трубчатым приводит к снижению расхода металла на 20% и более. Заметно снижается масса ряда металлических конструкций, повышаются их прочность и надежность при вне-

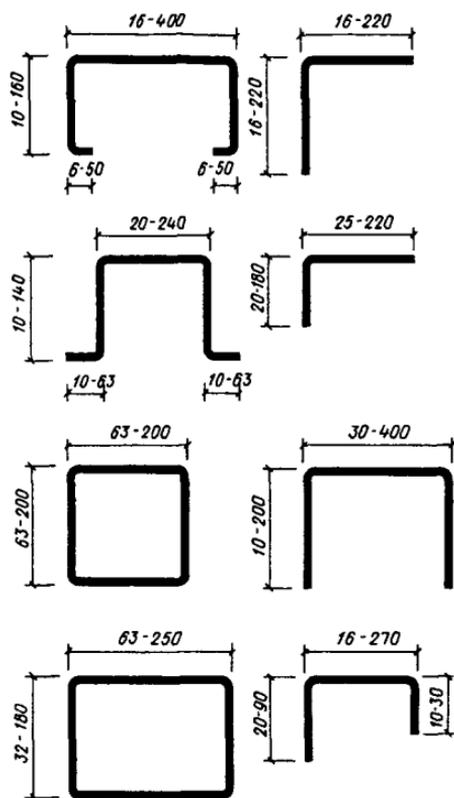


Рис. 75. Виды стальных гнутых профилей (толщина 2 мм) для прогонов промышленных зданий

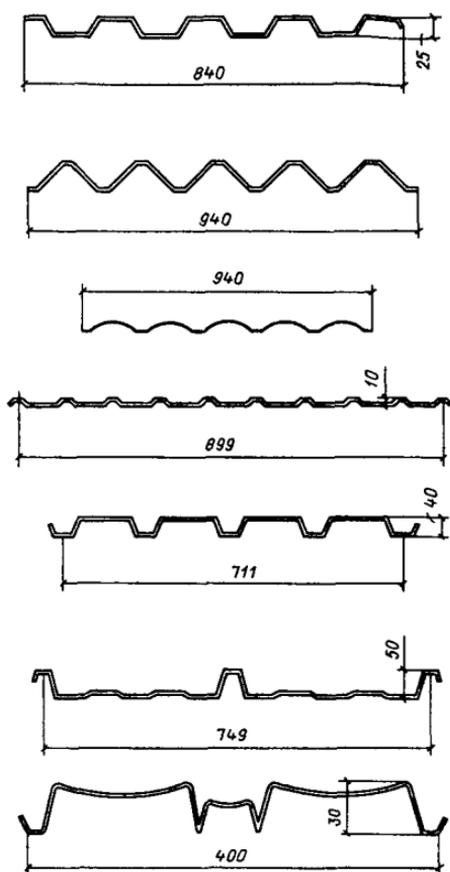


Рис. 76. Виды профилей стальных листов

дрении гнутых профилей, сортмент которых достаточно разнообразен (рис. 75). Сложные стальные профили получают способами непрерывного литья и прессования.

Листовую сталь выпускают толщиной до 6 мм; тонколистовую кровельную и оцинкованную сталь — толщиной 0,4–0,8 мм. Листовую сталь изготавливают с плоской, волнистой и рифленой поверхностью (рис. 76).

Номенклатура материалов из **алюминиевых сплавов** включает в основном разнообразные профили и листы (рис. 77), декоративно-художественные изделия. Буквы и цифры, обозначающие марки используемых алюминиевых сплавов, указывают на вид и количество легирующих элементов в сплаве (марганца, магния, меди и др.).

В строительстве применяют в большом количестве *профили* из

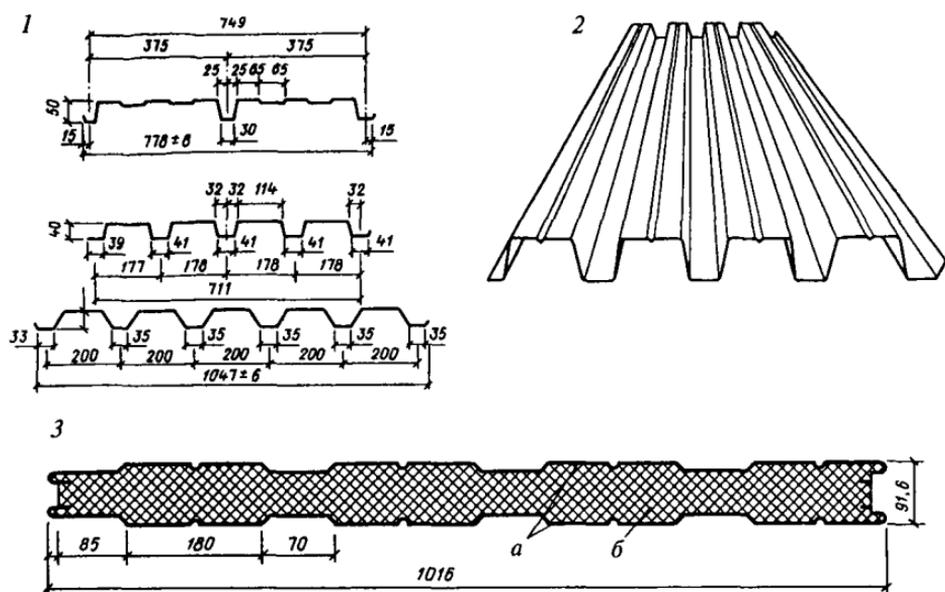


Рис. 77. Листы из алюминиевых сплавов различных профилей (1, 2) и схема конструкции панели (3) с облицовкой указанными листами (а) и теплоизоляционным материалом (б)

алюминиевых сплавов, получаемые формованием под давлением (непрерывным выдавливанием). Их сортамент составляет около 15 тыс. наименований. В зависимости от качества сплава, формы и размеров поперечного сечения профили из алюминиевых сплавов используют для несущих и ограждающих конструкций, окон, витрин, для подвесных потолков, плинтусов, раскладок и т. д.

При производстве листов совмещают процессы непрерывного литья расплава с прокаткой ленты шириной до 1,6 м. Для обшивок панелей, используемых в ограждающих конструкциях различных зданий, панелей покрытий, ограждений балконов и лоджий, наружной

облицовки, подвесных потолков и других конструкций, широко применяют профилированные и плоские листы из алюминиевых сплавов.

Номенклатура материалов из других цветных металлов ограничена в связи с их высокой стоимостью. Однако цинк часто используют для защитных покрытий, свинец — для герметизации стыков между элементами конструкций, медь и ее сплавы (латунь, бронза) — для производства черепицы, профильных и декоративно-художественных изделий.

Вместе с тем перспективными считают материалы из магниевых и, особо, титановых сплавов, учитывая их легкость, высокие прочность и коррозионную стойкость.

7.4. Свойства

Эксплуатационно-технические свойства металлических материалов определяются их оригинальным строением. Подчеркнем, прежде всего, его простоту. В твердом состоянии атомы всех металлов и сплавов располагаются в строгом порядке, образуя в пространстве правильную кристаллическую решетку (рис. 78). Технические металлы и сплавы представляют собой поликристаллические тела, т. е. тела, состоящие из большого числа различно ориентированных кристаллических зерен; поперечный размер этих зерен 0,001–0,1 мм. Для разрушения структуры металлического материала требуются значительные усилия. В результате прочностные характеристики металлических материалов, как правило, превышают аналогичные характеристики других материалов, например, прочность стали в 10 раз и более выше, чем у искусственного камня – бетона, структура которого отличается гораздо большей сложностью.

Средняя плотность металлических материалов сравнительно высока (например, стальных – около 7860 кг/м^3 , что заметно превышает соответствующий показатель у большинства других материалов).

Пористость, гигроскопичность, водопоглощение у металлических материалов отсутствуют.

Предел прочности стальных материалов при сжатии, изгибе и растя-

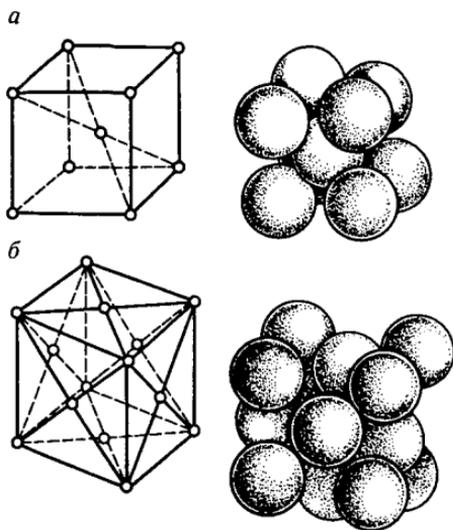


Рис. 78. Схемы элементарных ячеек кристаллических решеток металлов а – объемно-центрированная кубическая; б – гранцентрированная кубическая

жению – 300–400 МПа, но может достигать 1000 МПа и более. Материалы из алюминиевых сплавов при меньшей средней плотности (около 2800 кг/м^3) не уступают стальным по характерным прочностным показателям (предел прочности до 670 МПа).

Вследствие высокой прочности металлические материалы отличаются меньшими габаритами и массой по сравнению с другими материалами аналогичного назначения.

Наряду с высокой прочностью, к положительным свойствам металлических материалов (кроме чугуна) относится *пластичность* – способность выдерживать большие остаточные деформации без раз-

рушения и при сохранении прочности. По этой причине металлические материалы незаменимы для многих современных конструкций. При этом учитывают, что напряжения в структуре рассматриваемых материалов распределяются неравномерно и концентрируются в местах переходов сечений, возможных дефектов металла и т. д. Вместе с тем металлические профили или листы всегда имеют на поверхности макро- или микродефекты (неровности, шероховатости), которые являются концентраторами напряжений и приводят к снижению конструктивной прочности металла. В металле, не способном к пластической деформации, состояние неравномерного напряжения сохраняется, и в местах концентрации напряжений может возникнуть трещина, которая еще более усилит неравномерность распределения напряжений и ускорит разрушение. Поэтому для надежной и безопасной эксплуатации нагруженных конструкций требуется, чтобы металл наряду с высокой прочностью всегда имел необходимый запас пластичности.

К основным видам испытаний металлических материалов при статических нагрузках относятся определения прочности при растяжении, твердости, вязкости разрушения.

При испытании на растяжение используют стандартные образцы с длиной, равной десяти диаметрам, и площадью поперечного сечения, умноженной на 11,3 (образ-

цы круглого, квадратного или прямоугольного сечения). Соответствующие разрывные машины позволяют автоматически записывать диаграмму растяжения. Предел упругости определяют напряжением, при котором остаточная деформация удлинения не превышает 0,05%. Предел текучести (достигающий у стали 1000 МПа и более, у алюминиевых сплавов 600 МПа и более) характеризуется напряжением, при котором остаточная деформация не превышает 0,2%.

Твердость определяют по величине пластической деформации (отпечатка) при вдавливании под определенной нагрузкой стального шарика, алмазного конуса или пирамиды. В зависимости от вида упомянутых наконечников (инденторов) и критерия оценки различают твердость по Бринелю (для металлов с твердостью не более 4500 МПа), Роквеллу и Виккерсу. Основная нагрузка при использовании стального шарика 900 Н (шкала В), алмазного конуса 500 Н (шкала А) и 1400 Н (шкала С).

Вязкость разрушения металла характеризует его трещиностойкость, которая уменьшается при коррозии и понижении температуры. Испытывают образцы — балочки с нарезом на изгиб, оценивая способность материала сопротивляться распространению трещины или аналогичного дефекта, имеющегося в металле.

Стойкость металлических материалов при динамических нагруз-

ках определяют, испытывая их на ударный изгиб (образцы определенных размеров с нарезом — концентратором напряжения посередине) и способность сопротивляться циклическому нагружению. Максимальное напряжение, которое может выдержать металл без разрушения за заданное число циклов, называют пределом стойкости. Этот показатель заметно уменьшается при наличии концентраторов напряжения.

Наиболее универсальны с эксплуатационно-технической точки зрения материалы из стали, однако материалы из алюминиевых сплавов имеют ряд преимуществ: значительно более высокая коррозионная стойкость в кислой среде — в этом случае коррозионный процесс развивается в 500 раз медленнее; более высокая технологичность; антимагнитность, отсутствие искрообразования при обработке; более высокая стойкость при низких отрицательных температурах.

Основной недостаток широко применяемых стальных и других металлических материалов — *способность к коррозии*.

По механизму реакции взаимодействия агрессивных веществ с материалом выделяют два основных типа коррозии металлов: химическую и электрохимическую. Особо выделяют биологическую коррозию, идущую под влиянием продуктов жизнедеятельности бактерий и других микроорганизмов,

и радиационную коррозию под воздействием радиоактивного излучения. Большинство металлов и сплавов неустойчивы в средах, где они используются.

Для защиты материалов от коррозии применяют защитные покрытия, электрохимическую защиту и замедлители коррозии (ингибиторы), изменяющие состав коррозионной среды.

В строительной практике для защиты конструкций чаще используют лакокрасочные и другие покрытия поверхности.

Некоторые металлы, например алюминий, сами предохраняют себя от коррозии в некоторых средах в результате образовавшихся на их поверхности защитных пленок при взаимодействии со средой. С помощью защитных покрытий можно изолировать металл от агрессивной среды искусственным нанесением пленки на поверхность изделия или, изменяя химический состав поверхности, сделать металл устойчивым к агрессивной среде. Защитное покрытие должно быть сплошным, непроницаемым для агрессивной среды, иметь высокую прочность сцепления с металлом (адгезию), равномерно распределяться по всей поверхности и придавать изделию более высокую твердость, износостойкость и жаростойкость. Коэффициент теплового расширения пленки должен быть близок к коэффициенту расширения металла. Обычно покрытия совмещают защитные и отделочные функции.

Эстетические характеристики металлических материалов оригинальны и регулируются в широких пределах, причем в ряде случаев цветовая палитра обогащается в процессе эксплуатации. Так, медь и ее сплавы, окисляясь кислородом воздуха, покрываются защитной пленкой – патиной, которая с течением времени приобретает множество цветовых оттенков. Сам процесс коррозии металла в начальной стадии может использоваться для получения своеобразного цветового оттенка стали. После окисления и приобретения красно-коричневого цвета металл покрывают прозрачным защитным лаком.

Цвет стали можно изменять после механической (шлифование или полирование) и термической (при температуре 200–300 °С) обработки поверхности. На ней образуется оранжевая или синеватая пленка, которая одновременно защищает металл от коррозии. Известны способы изготовления стали золотистого и розового цвета, электролитические процессы окрашивания нержавеющей стали в оранжевый, красный, голубой, синий, зеленый цвета.

Часто металлические материалы не нуждаются в отделке поверхности с эстетической точки зрения. Черный цвет чугуна, темно-серый стали, золотистый и зеленовато-коричневый у бронзы и меди, серебристо-белый у алюминия, как правило, отвечают эстетическим требованиям. Но лако-

красочные и металлические (анодирование – анодное окисление и др.) покрытия не только меняют цвет лицевой поверхности, но и защищают металл от коррозии.

Фактура лицевой поверхности металлов может быть рельефной, шероховатой, гладкой, матовой или блестящей.

7.5. Области применения

Металлические материалы (преимущественно стальные) в современной архитектурно-строительной практике применяются для следующих основных типов конструкций зданий и сооружений: с жесткими металлическими связями; подвесных систем; большепролетных с растянутыми ограждающими поверхностями.

Разнообразные каркасы промышленных и гражданских зданий, в том числе каркасы зданий повышенной этажности (более 30 этажей), большепролетные покрытия, мосты и путепроводы, радио- и телевизионные башни – представители конструкций зданий с жесткими связями.

Металлические стальные профили были впервые применены для ферм с параллельными поясами повышенной жесткости при строительстве зданий Волжского автотреста. При устройстве их кровли использовали стальные профилированные листы с эффектив-



Рис. 79. Административное здание с металлическим каркасом в Нейн-сюр-Сен, Франция. Архит. М. Андро и др.

ным утеплителем. Весьма популярны металлические профили для пространственных конструкций каркасов общественных зданий (рис. 79). При этом преимуществу металлических материалов связаны с унификацией, разнообразием пространственных решений конструкций, их сравнительной легкостью. Возможности металлических материалов использу-

ются в зданиях со сложной объемно-пространственной структурой (Кремлевский Дворец съездов), при сооружении разнообразных пространственных ячеек выставочных павильонов. В отдельных элементах каркаса могут сосредотачиваться большие нагрузки и передаваться на ограниченное количество редко поставленных опор. Архитектурная форма многих сооружений с металлическим каркасом связана с повышением жесткости укрупненных элементов и возрастанием их несущей способности (принцип концентрации материала). Например, в павильоне нашей страны на Всемирной выставке в Монреале нагрузки от покрытия размером 67×142 м, перекрытий и ограждений передавались на две мощные стальные опоры (рис. 80).

Не вызывает сомнений эффективность профилей из стали высокой

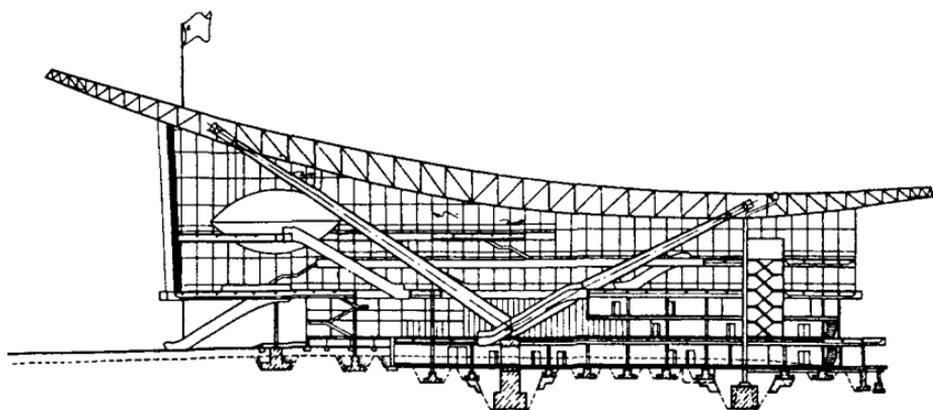


Рис. 80. Схема продольного разреза павильона СССР на Всемирной выставке в Монреале. Архит. М. Посохин, А. Мндоянц, Б. Тхор

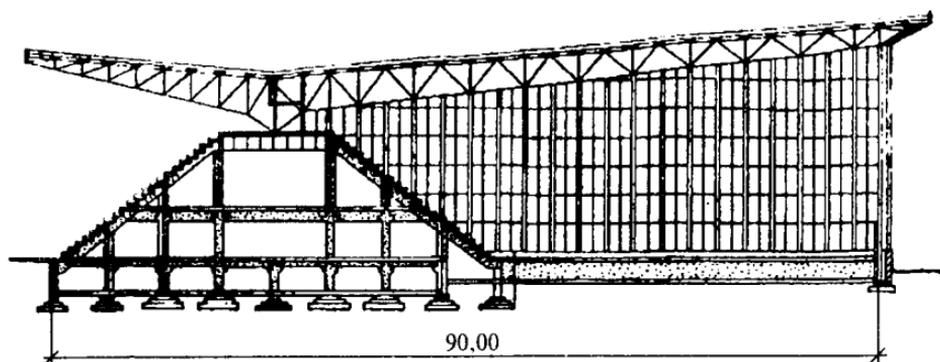


Рис. 81. Схема здания крытых теннисных кортов в Харькове.
Архит. И. А. Алферов, Р. Г. Зарб и др.

прочности (реже из алюминиевых сплавов) для большепролетных покрытий (рис. 81). Сравнительно малы затраты металла для простых покрытий больших пролетов в форме решетчатых арок. Такое покрытие имеет Дворец спорта в Лужниках в Москве. Профили для решетчатых рам пролетом до 120 м применяются при строительстве ангаров, выставочных павильонов. Конструкции покрытий весьма разнообразны, в их числе разработанные в Московском архитектурном институте конструкции из трубчатых профилей (тип «МАРХИ»), получившие сравнительно широкое распространение.

Стальные профили являются основными материалами для каркасов зданий повышенной этажности (30–40 и более этажей). Различные типы каркасов применены при строительстве административного здания высотой 125 м на Смоленской площади, Московского го-

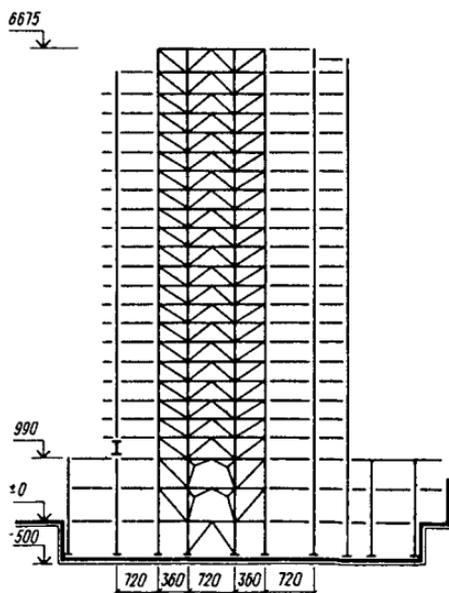


Рис. 82. Схема каркаса гостиницы «Киев» в Киеве.
Архит. И. Иванов и др.

сударственного университета, здания Гидропроекта в Москве, гостиницы в Киеве (рис. 82), американских небоскребов (рис. 83) и др.

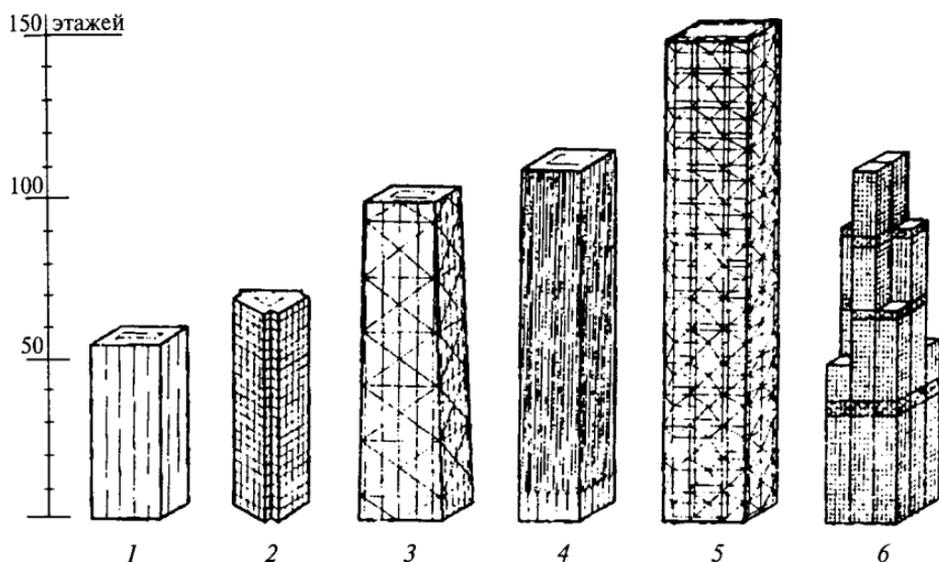


Рис. 83. Принципиальные схемы каркасов высотных зданий в США (по А. Мардеру)

1 — каркасно-столбовая («Бэнк оф Америка» в Сан-Франциско); 2 — коробчато-столбовая — «труба в трубе» («Стил Корпорейшн» в Питтсбурге); 3 — коробчатая с раскосной решеткой («Джон Хеннок центр» в Чикаго); 4 — коробчатая с безраскосной решеткой (б. Международный торговый центр в Нью-Йорке); 5 — оболочковая с двухъярусной пространственной решеткой (150-этажное здание в Чикаго); 6 — многосекционная пространственная структура («Сирс Тауэр» в Чикаго)

Формообразующая роль металлических материалов хорошо проявляется в различных пространственных конструкциях мостов и путепроводов при сочетании их пролетов с крайними и промежуточными опорами.

Стальные профили используют для пространственных стержневых систем, жестко заделанных в основании радио- и телевизионных высотных башен. Современные металлические башни отличаются сравнительно малым расходом металла. Так, масса Эйфелевой башни в Париже 8500 т, а телевизи-

онная башня в Токио (близкая по форме и высоте, с основанием на треть меньшим в диаметре) имеет массу 3600 т. Башня в Киеве выше Эйфелевой на 70 м, но ее масса лишь 2240 т.

Подвесные системы включают различные типы висячих мостов, подвесных большепролетных покрытий, консольно-подвесные конструкции, здания с подвешенными этажами. Металлические профили в жестких функциональном и опорном контурах, гибкие канаты (ванты) образуют соответствующие архитек-

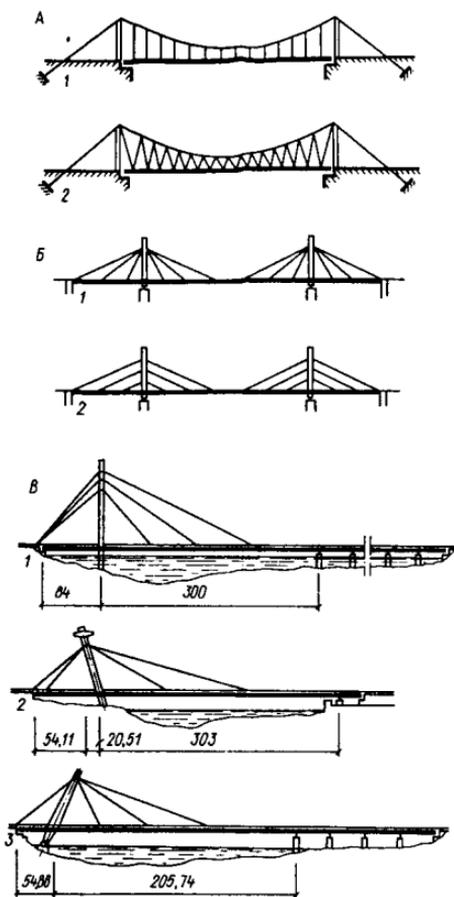


Рис. 84. Принципиальные схемы висячих мостов (по А. Мардеру)

А — кабельные мосты: 1, 2 — соответственно с вертикальными и наклонными подвесками; Б — вантовые мосты: 1 — веерная система вантов; 2 — система «арфа» с параллельными вантами; В — мосты с одним опорным пилоном: 1 — мост через р. Днепр в Киеве; 2 — мост в Братиславе; 3 — мост через р. Теймар на о. Тасмания

турно-пространственные формы (рис. 84—86).

Растянутые ограждающие поверхности получают из тонких стальных листов и тросов. Их изготов-

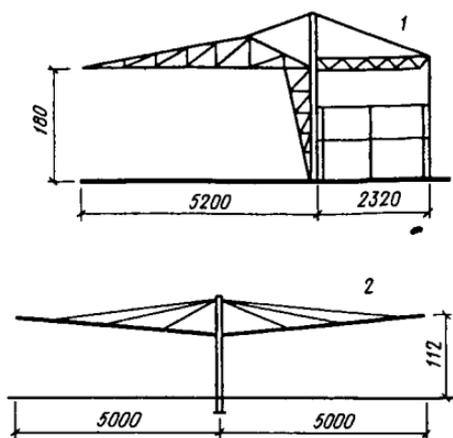


Рис. 85. Схемы консольно-подвесных покрытий

1 — одноконсольная схема ангара в аэропорту Фиумичино в Риме; 2 — двухконсольная схема выставочного зала в Ганновере, Германия

ление сравнительно просто в техническом отношении, а соответствующие архитектурно-пространственные формы оригинальны и разнообразны. К конструкциям с растянутыми поверхностями относятся висячие покрытия — криволинейные ограждающие поверхности над сооружениями (рис. 87, 88); перекрестные тросовые системы — поверхности двойкой отрицательной кривизны, в том числе поверхности гиперболического параболоида и седловидная; мембранные покрытия из стали и алюминиевых сплавов — поверхности, совмещающие несущие и ограждающие функции. Толщина таких мембран может составлять всего 1 мм.

Мембранные покрытия применяются при строительстве спортивных

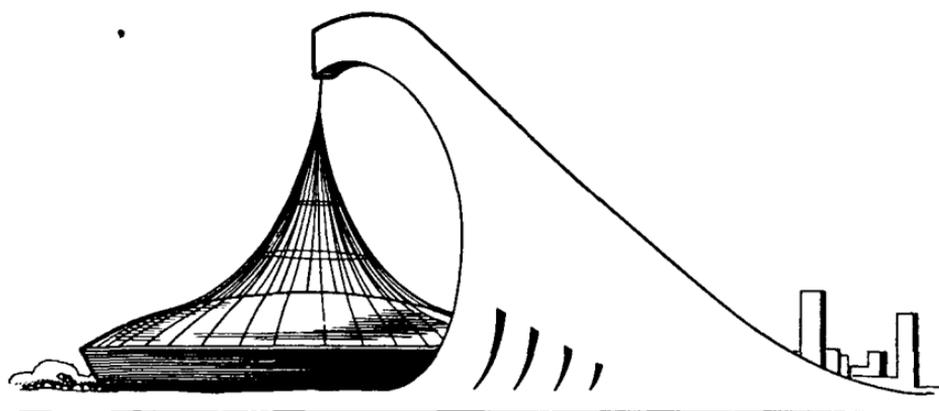


Рис. 86. Подвесное здание павильона Австралии на ЭКСПО-70

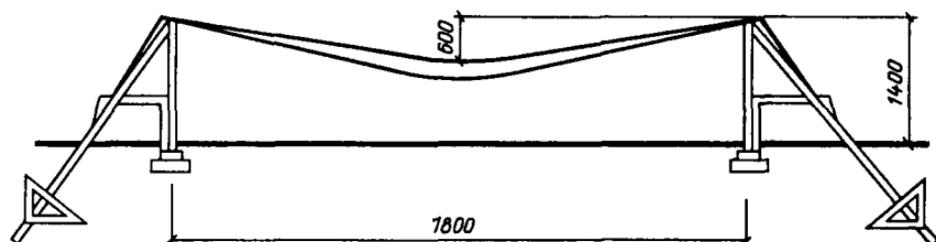


Рис. 87. Схема однопролетного цилиндрического висячего покрытия гаража в Красноярске

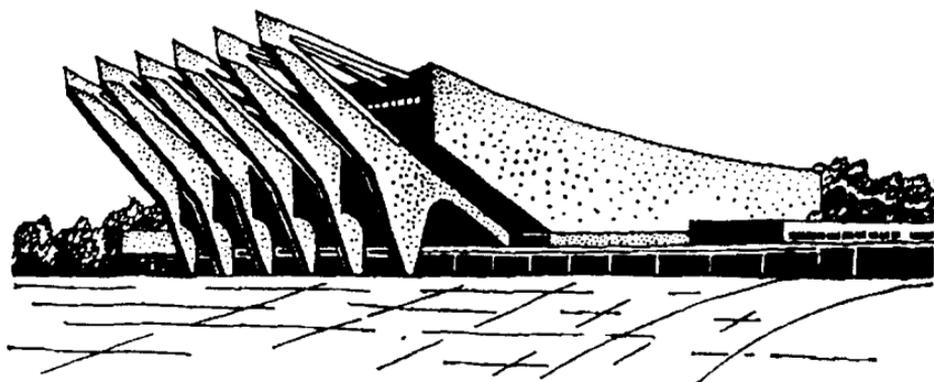


Рис. 88. Висячая оболочка городского зала в Бремене, Германия (по А. Мардеру)

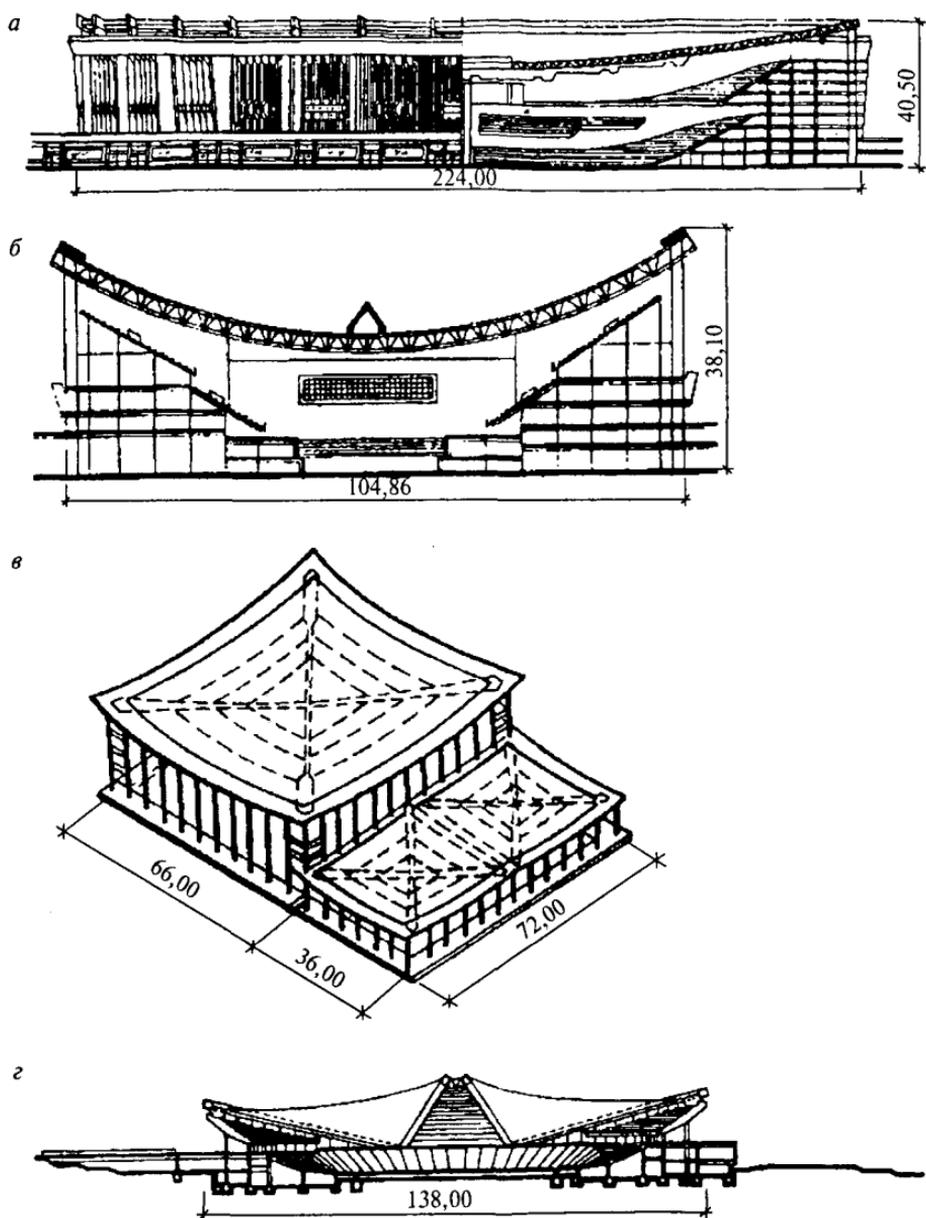


Рис. 89. Схемы сооружений Олимпиады-80 в Москве

a — стадион на проспекте Мира с мембранным стальным покрытием. Архит. М. Посохин, Б. Тхор и др.; *б* — висячие фермы плавательного бассейна на проспекте Мира; *в* — универсальный спортивный зал в Измайлово с мембранным стальным покрытием. Архит. И. Гункт, Н. Смирнов и др.; *г* — велотрек в Крылатском с мембранным стальным покрытием. Архит. Н. Воронина, А. Оспенников, А. Гачкаев

сооружений в Москве перед Олимпийскими играми 1980 года (рис. 89). Плавательный бассейн на проспекте Мира, крупнейший в Европе, имеет эллиптическую форму плана. Стальная мембрана подвешена к железобетонному кольцу с осями 224×183 м. Мембрана толщиной 2 мм использована при сооружении универсального спортивного зала в Измайлово, размером 66×72 м, а мембрана толщиной 4 мм, усиленная стальными полосами, — для покрытия велотрека в Крылатском, размером 168×138 м.

К растянутым поверхностям относят и мягкие оболочки из металлической ячеистой сетки — тентовые конструкции, которые могут быть одно- или двухслойными. Распространение получили тенты, где ребрами оболочки являются стальные тросы, создающие складчатые и парусообразные пространственные формы.

Важно отметить, что металлические материалы могут служить средством создания динамичных архитектурных форм — многовариантных трансформирующихся конструкций (рис. 90).

Листы из стали и алюминиевых сплавов для кровельных и стеновых ограждений промышленных, жилых и административных зданий, профили для оконных переплетов часто используются в современной архитектурно-строительной практике (рис. 91, 92).

В интерьерах промышленных и общественных зданий профилиро-

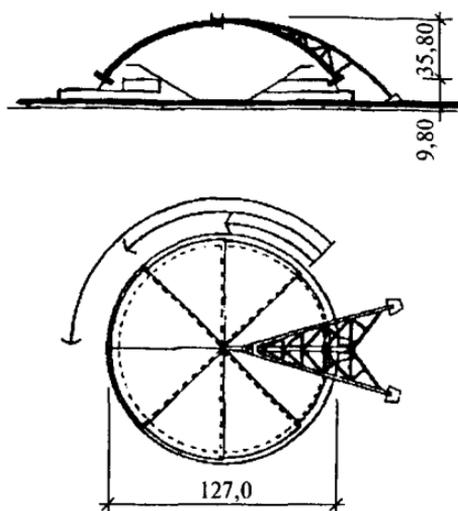


Рис. 90. Трансформирующееся покрытие — купол с передвижными стальными сегментами зала в Питтсбурге, США.
Архит. Митчел и Ритчи

ванные и гладкие листы из стали и алюминиевых сплавов используются для стационарных и сборно-разборных перегородок, подвесных потолков, отделки стен. Например, заметная роль в отделке станции «Маяковская» Московского метрополитена принадлежит металлическим материалам. Нередко они применяются в виде профилей и профильных изделий для ограждений лестничных маршей, декоративных решеток, светильников, фурнитуры.

В современной предельно лаконичной архитектуре невозможно недооценить роль металлических малых форм, произведений декоративного и монументального искусства (рис. 93, 94).

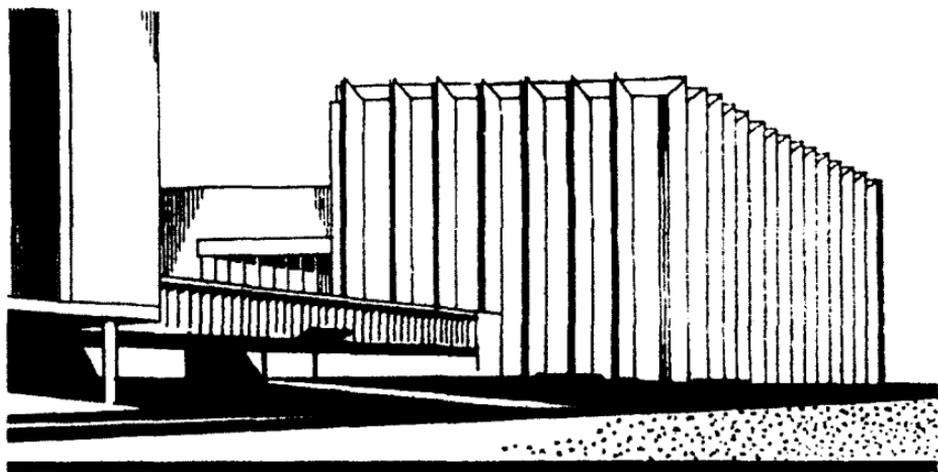
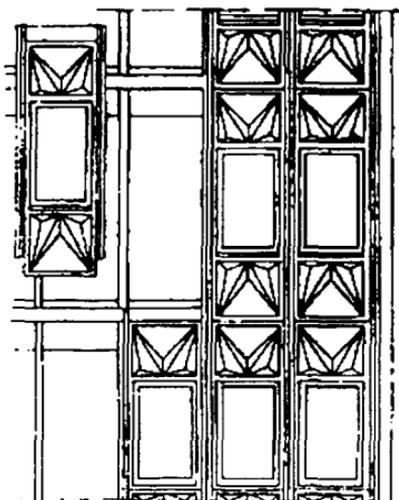


Рис. 91. Листовое металлическое ограждение промышленного здания
ВНИИ кабельной промышленности

а



б

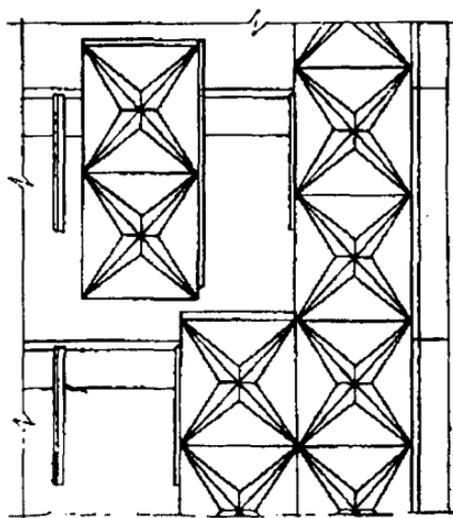


Рис. 92. Фрагменты панелей фасада (а) и торцевой
стены (б) с обшивкой из алюминиевого сплава.
Банк в Далласе, США (по А. Мардеру)

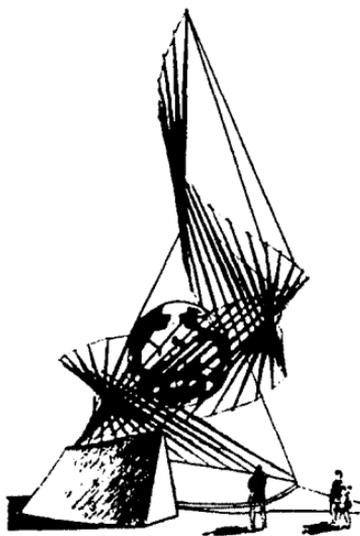


Рис. 93. Композиция из металла
«Космическая спираль».
Архит. В. Колейчук, В. Галкин,
В. Степанов

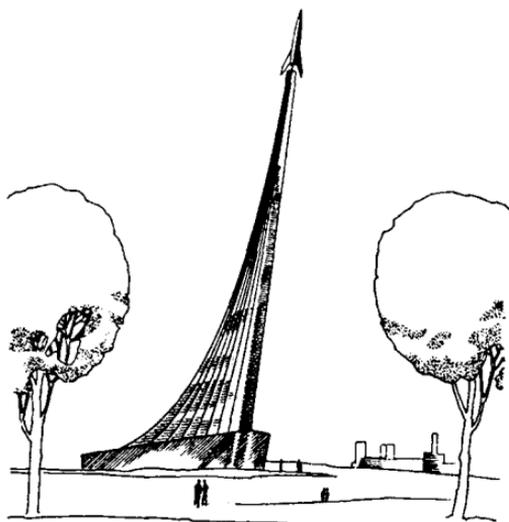


Рис. 94. Монумент покорителям
космоса в Москве.
Архит. М. Борщ, А. Колчин

При использовании металлических материалов, как конструктивно-отделочных, так и отделочных, следует учитывать характерное восприятие их физической сущности

и оригинальной лицевой поверхности, связанное, как правило, с ощущениями прочности, холода, чистоты, в том числе чистоты с экологической точки зрения.

Глава 8. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ

8.1. Определение, краткие исторические сведения

Минеральные вяжущие — это тонко измельченные минеральные порошки, образующие при смешивании с водой пластичную мас-

су, которая с течением времени под влиянием физико-химических процессов переходит в камневидное состояние (рис. 95). Это свойство вяжущих используют для получения искусственных каменных материалов (бетонов и др.). В дан-

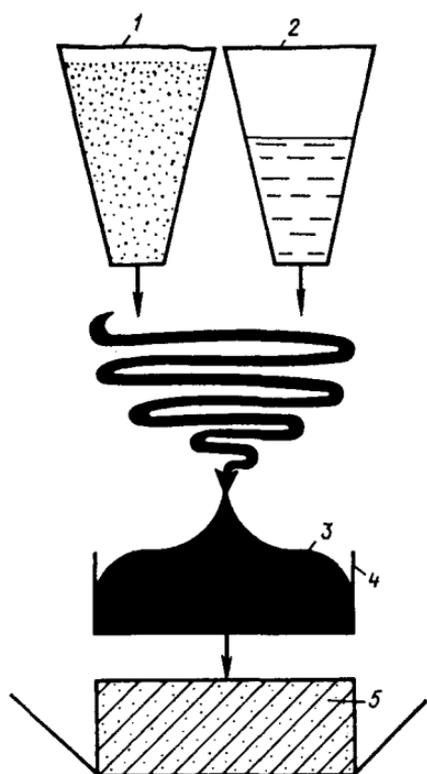


Рис. 95. Принципиальная схема получения искусственного камня на основе минерального вяжущего
 1 — минеральное вяжущее; 2 — вода;
 3 — пластично-вязкая масса; 4 — искусственный камень

ном случае механические процессы обработки природного сырья (например, природного камня) в большей мере заменены химическими — более простыми, производительными и экономически выгодными.

Определенные минеральные вяжущие используют и для изготовления минеральных красок.

Различают две группы минеральных вяжущих: *воздушные*, которые после перемешивания с водой способны твердеть, сохранять и повышать свою прочность только на воздухе (гипсовые, воздушная известь, магнезиальные), и *гидравлические*, которые после затворения водой способны твердеть, сохранять и повышать свою прочность не только на воздухе, но и в воде. К гидравлическим вяжущим относятся цементы, гидравлическая известь.

Воздушные вяжущие — *гипс* и *известь* — употребляли уже в глубокой древности.

Пять тысяч лет назад в Египте гипс широко применяли для кладочных и штукатурных растворов при строительстве пирамид, например при возведении пирамиды Хеопса или Великой пирамиды близ Гизы. Это величественное сооружение высотой более 140 м со стороной квадратного основания 233 м. Рядом с пирамидой покоится Большой сфинкс — гигантская скульптура фараона с туловищем льва, закрепленная на основании, с помощью гипсового раствора. Гипсовая штукатурка получила распространение и при строительстве домов и храмов.

Впервые известь стала использоваться сравнительно широко в Греции, прежде всего для штукатурных и облицовочных работ и в качестве грунта для стенной росписи.

Римляне, переняв у греков прекрасную архитектуру, развили строи-

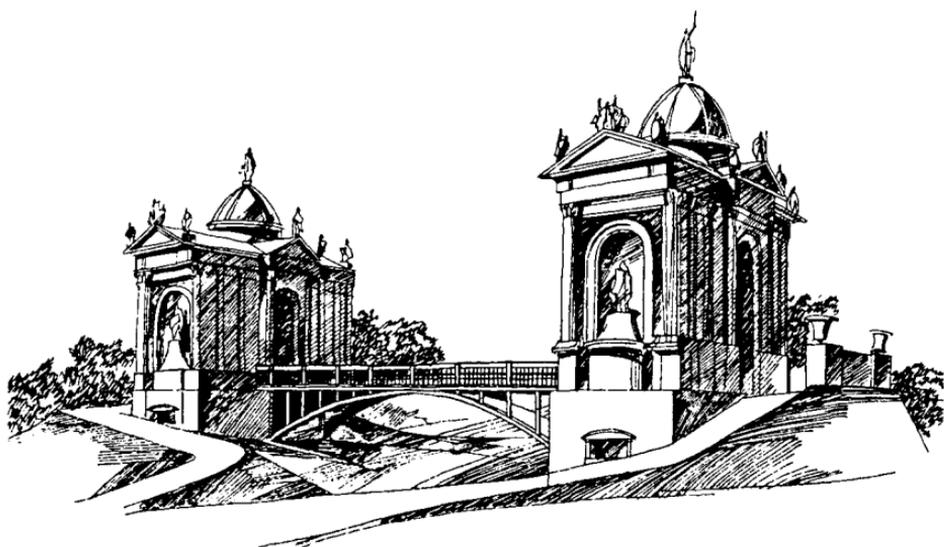


Рис. 96. Пешеходный мост из железобетона на Нижегородской ярмарке, 1896 г.

тельное искусство и начали массовое применение извести для кладочных растворов. Римские архитекторы и строители оставили после себя не только памятники своего гениального труда, но и трактаты, где говорилось о технологии изготовления известковых растворов.

К одному из самых значимых изобретений в Древнем Риме относится создание искусственного каменного конгломерата — бетона на основе минерального вяжущего (воздушной извести). сводами из бетона перекрывались термы, акведуки, мосты. Для стен и купола диаметром 43,5 м здания Пантеона в Риме (115–125 гг. н. э.) применен бетон с легкими заполнителями из пемзы и туфа.

Русские зодчие творчески осваивали опыт древних. В Киев-

ской Руси начиная с X в. известковые растворы с успехом применяли при строительстве каменных сооружений.

Изобретение гидравлического вяжущего — цемента, близкого по своим характеристикам к современному, принадлежит русскому строителю Е. Г. Челиеву. Промышленное получение гидравлических вяжущих в России началось в первой половине XIX в. После войны 1812 г. в Москве необходимо было построить каменные здания взамен многочисленных деревянных строений, уничтоженных пожаром. Соответственно потребовалось значительное количество вяжущих высокого качества. Несколько лет спустя в Англии был получен патент на изготовление гидравлического вяжущего — *портландцемента*, разновид-

ности которого можно отнести к основным для изготовления современных искусственных каменных материалов, и в первую очередь бетона. Массовое использование бетона при строительстве зданий и сооружений различного функционального назначения обусловлено трудами русских ученых в конце XIX в. К этому времени относится и начало применения армированного бетона (рис. 96).

8.2. Основы производства

Сырье. Для получения минеральных вяжущих используют следующие основные горные породы.

Природный гипс (гипсовый камень) — светлый, иногда окрашенный примесями в серые или желтоватые цвета минерал, основное сырье для производства гипсовых вяжущих. По химическому составу он представляет собой двуводный сульфат кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Реже применяют безводный гипс — ангидрит, а также гипсосодержащие отходы химической промышленности. В нашей стране имеются сотни месторождений гипсового камня промышленной значимости.

При производстве извести используют горные породы, состоящие в основном из карбоната кальция CaCO_3 . Цвет известковых пород зависит от примесей: чистые известняки обычно белого цвета, примеси окрашивают их

в желтоватые, бурые, серые и даже черные тона.

Природные магнезиты MgCO_3 и доломиты $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ — основное сырье для производства магнезиальных вяжущих.

Для получения портландцемента — основного гидравлического вяжущего — чаще всего используют известняки, глины и корректирующие добавки (с которыми вводится тот или иной недостающий компонент). Обычно соотношение между известняком и глиной составляет примерно 3:1 (в частях по массе).

Производство минеральных вяжущих сводится к двум главным технологическим операциям: *помол* и *обжиг*.

Обычно стремятся хорошо измельчить сырье до обжига или продукт после обжига. Тонкость помола минеральных вяжущих влияет на свойства искусственных каменных материалов, приготовленных на их основе. С увеличением тонкости помола увеличивается связывающая, клеящая способность пластичной массы, которая образуется после перемешивания вяжущего с водой. В результате выше плотность и прочность искусственного камня.

Важнейшая операция при производстве минеральных вяжущих — обжиг сырьевых материалов. Именно после обжига получается продукт, способный при соединении с водой образовывать пластичную массу, твердеющую с течением времени.

Условия обжига различны при получении воздушных или гидравлических вяжущих, как различны и реакции, происходящие при обжиге. Прежде всего, различна температура обжига сырьевых материалов. При температуре 110–160 °С, обжигается (часто в специальных варочных котлах) природный гипсовый камень для получения строительного гипса. При этом происходит реакция дегидратации — отдача части воды, в результате химический состав строительного гипса выражается формулой $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$. Если повысить температуру до 600–700 °С, то получится ангидритовый цемент, при температуре до 1000 °С — высокообжиговый гипс (эстрих-гипс), отличающиеся по своим свойствам от строительного гипса (искусственный камень на их основе обладает, в частности, более высокими механическими характеристиками).

При 900–1200 °С в различного рода печах обжигаются известняковые породы для получения воздушной извести. После диссоциации карбонатов и удаления углекислого газа объем кусков известняка не меняется, а их масса уменьшается примерно в 2 раза. После обжига получают легкие пористые куски белого цвета, состоящие в основном из оксидов кальция и магния (CaO , MgO). Чем больше количество указанных оксидов, тем выше качество воздушной извести. Полученный продукт —

комовую негашеную известь подвергают помолу или гашению путем затворения водой.

Важно определить оптимальную температуру обжига известняковых пород. Иначе может образоваться большое количество примесей: при недожоге — необожженные частицы карбоната кальция, при пережоге на частицах оксида кальция образуется «заплавленная» оболочка из силикатов и алюминатов кальция. Влага проникает через такую оболочку очень медленно, часто происходит своего рода запоздалое гашение оксида кальция (после того как материал на основе воздушной извести — строительный раствор — уже применили в дело). Увеличиваясь при гашении в объеме, частицы оксида кальция вызывают нарушение целостности материала. Отделочники часто называют место такого разрушения «дутиком».

Обжиг сырьевых материалов для получения портландцемента производят чаще всего в крупных вращающихся печах. В России в 70-е годы XX века основным печным агрегатом стала печь диаметром 5 м и длиной 185 м, производительностью 1800 т продукта в сутки. Внедрены в производство еще более мощные печи размером 7×230 м, производительностью 3000 т в сутки.

Смесь сырьевых материалов, перемещаясь вдоль барабана вращающейся печи, соприкасается с горячими газами, идущими навстречу. Температура обжига в начальной

стадии 100–600 °С, а в последней зоне печи достигает 1450 °С. Следовательно, температура более высока, нежели при обжиге сырьевых материалов для получения воздушных вяжущих. Более сложны и физико-химические превращения сырья, происходящие при такой температуре. Основные реакции происходят между сырьевыми компонентами в твердом состоянии, когда механически и химически связанная вода удалена. Оксид кальция, образовавшийся при разложении известняка, при температуре около 1000 °С начинает связываться с оксидами глины. Если не производить дальнейший обжиг, то полученный продукт будет являться гидравлическим вяжущим типа хорошей гидравлической извести. При более интенсивной тепловой обработке свободная известь полностью связывается с оксидами глины, что необходимо для получения цемента. Это достигается при температуре 1450 °С. Образуется клинкер — спекшиеся куски неправильной формы размером 4–70 мм.

Клинкер не является химическим индивидуумом по составу, он характеризуется прежде всего наличием силикатов и алюминатов кальция и представляет собой систему из нескольких искусственных минералов подобно тому, как, например, гранит состоит из нескольких природных минералов. Но в отличие от гранита отдельные составные части клинкера нельзя

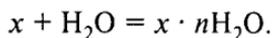
различить невооруженным глазом, так как клинкер состоит из тонкозернистых аморфных фаз.

Далее клинкер подвергают помолу, например в многокамерных шаровых мельницах, и получают готовый продукт.

При помолу к клинкеру обычно добавляют гипс (1,5–3,5% от массы клинкера) и другие активные минеральные компоненты. Самый распространенный вид цемента — портландцемент может содержать до 15% от массы клинкера активных минеральных добавок.

Основное свойство минеральных вяжущих — *способность твердеть* после перемешивания с определенным количеством воды.

Реакции, происходящие при твердении минеральных вяжущих, — это главным образом реакции гидратации, присоединения части воды. В самом общем случае эти реакции можно представить следующим образом:



Отметим, что твердение смеси воздушной извести с водой происходит в большей мере в результате карбонизации под действием углекислого газа воздуха.

При твердении воздушных вяжущих образуются соединения, растворимые в воде. Поэтому материалы на основе гипса, воздушной извести, магнезиальных вяжущих требуется защищать от действия влаги: эксплуатировать в сравнительно сухой среде, применять

специальные добавки для повышения водостойкости таких материалов.

Гидратные соединения, образующиеся при твердении гидравлических вяжущих (например, гидросиликаты, гидроалюминаты при твердении цемента), водонерастворимы (за исключением образующегося при твердении цемента гидроксид кальция). Поэтому гидравлические вяжущие с успехом твердеют как на воздухе, так и в воде. Этот факт очень важен и позволяет относить материалы на основе гидравлических вяжущих, и прежде всего на основе цементов, к более высокой качественной категории, чем материалы на основе воздушных вяжущих.

Скорость схватывания (потеря пластичности и достижение минимальной структурной прочности) и *твердения* минеральных вяжущих после перемешивания с водой различна, в зависимости от вида рассматриваемых продуктов. Так, гипсовое тесто начинает схватываться уже через 4–5 мин, конец схватывания наступает через 10–15 мин, а 90 мин достаточно, чтобы гипсовое тесто превратилось в прочный искусственный камень. Начало схватывания портландцемента должно наступать не ранее 45 мин, конец — не позднее 10 ч с момента затворения водой. Прочность цементного камня растет весьма интенсивно почти до месячного возраста.

Водопотребность минеральных вяжущих оказывает непосредствен-

ное влияние на свойства получаемых на их основе искусственных каменных материалов. В данном случае водопотребность определяет то количество воды, которое необходимо перемешать с минеральным вяжущим, чтобы получить удобоукладываемую смесь, т. е. смесь, с которой удобно работать и которая будет твердеть с течением времени. Если воды недостаточно, то смесь будет рыхлой, рассыпчатой; избыток воды приведет к получению растекающейся массы, работать с которой также затруднительно.

Минеральные вяжущие способны в процессе твердения химически связывать воду в количестве примерно 20% по массе. Между тем при изготовлении материалов на их основе мы вынуждены расходовать воды гораздо больше. Например, при изготовлении бетонов добавляют 40–55% воды по массе цемента (причем при условии, что бетонную смесь достаточно интенсивно уплотняют), при изготовлении строительных растворов — 60–70% воды, а иногда и больше. Такое значительное количество воды нужно не для протекания химических процессов твердения, а только для того, чтобы получить смесь, удобную в работе при данном методе укладки и уплотнения.

Однако такое увеличение расхода воды отрицательно сказывается на свойствах искусственного камня на основе минерального вяжущего. Так, вода, которая не

участвует в химической реакции с вяжущим, испаряется из искусственного камня при твердении, вызывая его усадку и оставляя поры. При этом часто образуются крупные открытые поры, наличие которых ослабляет структуру отвердевшего материала. Понижается прочность искусственного камня, особенно при изгибе и растяжении, повышается способность впитывать воду и агрессивные жидкости. В итоге снижается долговечность конструкций из искусственного камня, например из бетона.

Таким образом, в технологии приготовления искусственных каменных материалов на основе минеральных вяжущих заложено серьезное противоречие, заключающееся в большом расхождении между количеством воды, нужным для твердения минеральных вяжущих, и тем количеством воды, которое мы вынуждены добавлять для получения удобоукладываемых систем. Задача технологов, снизив водопотребность системы «минеральное вяжущее + вода», но сохранив необходимую удобоукладываемость, получить более плотный, прочный и долговечный материал.

Искусственный камень на основе гидравлических вяжущих, прежде всего на основе цемента, обладает существенным недостатком — *способностью к коррозии*. Известны сотни веществ, которые могут оказаться вредными для цементного камня, разрушать его. Даже обычная чистая вода может яв-

ляться агрессивной средой для цементного камня, растворяя и вымывая образующийся при этом и уже ранее имеющийся гидроксид кальция.

На выделение свободной извести при твердении цемента впервые указал русский ученый Лямин в начале XX в.

Но не только наличие свободной извести может стать причиной коррозии цементного камня. Одни вещества могут образовывать при взаимодействии с составляющими цементного камня легко растворимые соли, которые затем вымываются и разрушают структуру материала. Другие вещества, проникая в цементный камень, образуют такие соединения, которые имеют больший объем, чем исходные продукты реакции, что приводит к внутренним напряжениям и образованию трещин.

К основным мерам защиты цементного камня от коррозии относятся: соответствующий подбор состава цемента; применение специальных добавок, связывающих свободную известь, повышающих плотность и однородность цементного камня, придающих ему гидрофобные (т. е. водоотталкивающие) свойства; применение защитных покрытий или пропитки (прежде всего водоотталкивающими составами).

Прочность отвердевшей системы «минеральное вяжущее + вода» оценивается в определенном возрасте (в зависимости от вида вяжущего). Так как цементы при-

меняются в основном для изготовления материалов, содержащих заполнители, стандарты различных стран предусматривают определение прочностных характеристик не цементного камня, а образцов цементно-песчаного раствора состава цемент : песок = 1 : 3 (в частях по массе) с известным количеством воды и определенными характеристиками кварцевого песка.

Пределы прочности при сжатии, изгибе и растяжении указанных систем существенно отличаются в зависимости от вида и характеристик минерального вяжущего. Например, стандартом в России предусмотрены следующие марки портландцемента, определяемые по прочностным показателям при сжатии и изгибе (в кгс/см²) упомянутых образцов в возрасте 28 сут: 400, 500, 550, 600. Цифры означают, что предел прочности образцов при сжатии не менее этой величины в кгс/см². Соответствующие классы цементов (МПа) — 22,5; 32,5; 42,5; 52,5.

Предел прочности при сжатии образцов гипсового камня гораздо ниже (в зависимости от марки 2–25 МПа). Наименее прочен искусственный камень, полученный из смеси с водой воздушной извести, которая твердеет сравнительно медленно. К месячному возрасту предел прочности образцов известкового раствора может составлять лишь 0,4–0,8 МПа.

Деформативность системы «минеральное вяжущее + вода» при

твердении и изменении влажностных условий среды весьма характерна. Искусственный камень на основе рассматриваемых вяжущих, как правило, не обладает постоянством объема при твердении. При высокой влажности он набухает, а высыхая, дает усадку. Особо опасна высокая влажность окружающей среды для материалов из воздушных вяжущих. Во всех случаях состав минеральных вяжущих и материалов с их применением подбирают таким образом, чтобы эти деформации были минимальны.

Итак, гидравлические вяжущие являются полуфабрикатом более высокой качественной категории, чем воздушные вяжущие. Поэтому именно гидравлические вяжущие, и прежде всего цементы, производятся в значительных объемах и широко распространены при создании строительных материалов во многих странах мира.

В нашей стране разработана технология производства более 30 видов цемента, всего в мире известно более 50 видов этого эффективного гидравлического вяжущего. Так, кроме обычного портландцемента, выпускается *быстротвердеющий портландцемент* (БТЦ), который отличается от обычного более интенсивным нарастанием прочности в начальные периоды твердения. В некоторых зарубежных странах аналогичный продукт называется «цемент с высокой прочностью». Уже в 3-суточном возрасте предел прочности при

сжатию искусственного камня на основе БТЦ почти равен соответствующему показателю искусственного камня на основе обычного портландцемента в возрасте 28 сут.

БТЦ имеет большое значение для современного индустриального строительства, позволяя интенсифицировать процессы производства изделий из бетона в заводских условиях.

Все большую значимость приобретают *портландцементы с поверхностно-активными добавками* (пластифицированный, гидрофобный). Эти добавки вводят в малых дозах (0,05–0,2% по массе) при помоле клинкера, они осаждаются на цементных частицах. Хотя такой адсорбционный слой весьма тонок (его толщина относится к толщине цементной частицы, как толщина спички к высоте тридцатиэтажного дома), он существенно улучшает свойства материалов на основе цемента. Малые дозы добавок позволяют снизить водопотребность цемента, повысить морозостойкость, прочность и в целом долговечность искусственных каменных материалов.

Портландцементы с минеральными добавками (пуццолановый, шлакопортландцемент) позволяют получать искусственные камни более высокой водо- и солестойкости.

Сульфатостойкий портландцемент применяют для получения материалов, обладающих коррозионной стойкостью в сульфатных средах.

Разнообразить цветовую гамму искусственных каменных материалов позволяет внедрение *декоративных портландцементов*. Серый цвет обычного портландцемента и отцветшего цементного камня обусловлен наличием красящих оксидов в сырьевых материалах, и прежде всего оксида железа.

Белый портландцемент получают при использовании сырьевых материалов с ничтожно малым количеством оксида железа и закиси марганца.

Цветные портландцементы (желтый, красный, розовый и другие цвета) изготавливают совместным помолом клинкера белого цемента и различных красящих присадок — минеральных пигментов (охра, железный сурик и др.). Эффективен способ производства цветных цементов путем добавления в безжелезистую сырьевую смесь микроприсадок (десятые доли процента массы смеси) — оксидов хрома, марганца и некоторых других металлов. При этом получают цементы разнообразных цветов и оттенков.

При использовании разновидностей портландцемента для изготовления искусственных каменных материалов учитывают не только их преимущества, но и возможные недостатки. Так, портландцементы с поверхностно-активными и минеральными добавками медленнее схватываются, материалы на основе декоративных портландцементов менее морозостойки.

Глиноземистый цемент — быстротвердеющее и высокопрочное (т. е. образующее высокопрочный искусственный камень) гидравлическое вяжущее, отличающееся по составу от портландцемента. В состав глиноземистого цемента входят преимущественно не силикаты, а алюминаты кальция, получаемые после обработки бокситов и известняков. Главный и наиболее дорогой вид сырья для получения такого цемента — бокситы (алюминиевая руда).

Применение *расширяющегося цемента* позволяет в ряде случаев успешно бороться с усадочными деформациями цементного камня. У нас в стране и за рубежом предложены расширяющиеся цементы, содержащие различные компоненты, способные в процессе твердения равномерно увеличивать свой объем.

Напрягающий цемент применяют для получения материалов с повышенной трещиностойкостью и плотностью, предназначенных для спортивных объектов, подводных и подземных напорных сооружений.

Заполнители различают неорганические и органические. *Неорганические* разделяют на мелкие (песок) и крупные (щебень, гравий).

Количество мелких и крупных заполнителей в искусственных каменных материалах достигает 90% по объему и 80% по массе. Понятно, что свойства материалов в большей мере зависят от свойств заполнителей. Их качество оценивают следующими основными по-

казателями: степень чистоты, физико-механические свойства (прежде всего плотность, водопоглощение, морозостойкость, прочность), геометрические характеристики.

В природе редко встречаются вещества в чистом виде. Для некоторых веществ в определенной области их реализации примеси полезны или даже необходимы. Но в данном случае примеси вредны, ибо ослабляют контакт, прочность сцепления заполнителей с цементным камнем и в результате прочность материала. Например, глинистые и другие примеси в заполнителях могут понизить прочность бетона на 15–20% по сравнению с проектной.

Ряд показателей физико-механических свойств заполнителей, например морозостойкость, выше, чем у цементного камня. Сказываются на свойствах материала и крупность зерен заполнителей, соотношение между зернами различной крупности (зерновой состав), форма зерен. Так, при равной прочности цементного камня прочность материала с гравием нередко ниже, чем при использовании щебня, — при более гладкой поверхности гравия не обеспечивается достаточно прочное сцепление заполнителя с цементным камнем.

Органические заполнители представляют собой измельченные отходы заготовки и обработки древесины, растительных материалов (дробленка). Сучки, горбыль, стружку, стебли хлопчатника, костру ко-

нопли, льна подвергают обработке на рубильной машине и затем измельчают в дробилке.

Упрочняющие волокнистые компоненты заметно повышают прочность цементного камня. К ним относятся: асбест — природный материал волокнистого строения, его волокна даже после механической обработки (распушки) обладают очень высокой прочностью при растяжении 600–800 МПа; щелочестойкое стеклянное волокно и другие.

Арматуру — стальные стержни диаметром 6–80 мм, проволоку диаметром 3–8 мм, сетки, каркасы используют для получения железобетона.

Основы технологии. Основные технологические операции при изготовлении материалов на основе минеральных вяжущих — дозирование, смешивание компонентов смеси, формование, армирование, твердение (в том числе тепловая или автоклавная обработка), отделка лицевой поверхности.

Весьма важным условием приготовления материалов с заданными показателями свойств, а также обеспечения стабильности этих свойств является точность *дозирования* компонентов. Для соответствующей операции применяют дозаторы периодического и непрерывного действия с полуавтоматическим или автоматическим управлением.

Цель процесса *перемешивания* — получение однородной смеси сырьевых компонентов. От однородно-

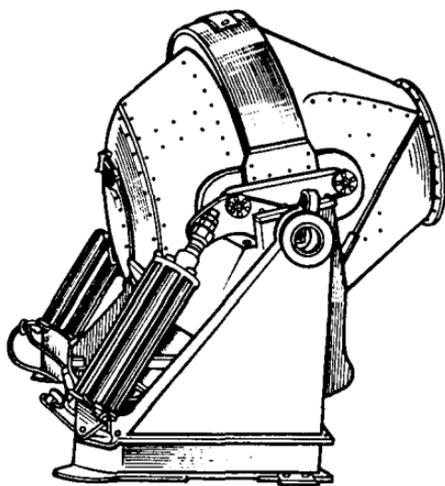


Рис. 97. Гравитационный бетоносмеситель

сти смеси в большей мере зависят свойства материалов: большая однородность смеси определяет более высокие эксплуатационные характеристики. В зависимости от вида и характеристик смеси сырьевых компонентов применяют различное оборудование для перемешивания. Так, для приготовления смеси, содержащей цемент, мелкий и крупный заполнители, большое распространение получили гравитационные бетоносмесители (рис. 97). Перемешивание в них достигается при вращении барабана определенной формы с лопастями на внутренней поверхности. При вращении барабана лопасти захватывают составляющие бетонной смеси и поднимают их на некоторую высоту, при падении компоненты смеси перемешиваются. Некоторые гравитационные смесители устанавли-

ваются на автомашинах — автобетоносмесителях. На крупных централизованных растворобетонных узлах используются турбулентные смесители. В таких аппаратах сырьевые компоненты перемешиваются в различных направлениях с большой скоростью, что позволяет получать однородные смеси за сравнительно короткий промежуток времени. Производительность турбулентного смесителя, предназначенного для получения достаточно подвижных смесей, более 30 м^3 в час при объеме замеса $0,6 \text{ м}^3$.

Качество и долговечность материалов на основе минеральных вяжущих в значительной мере определяются качеством *формования (укладки)* смеси. Формование относят к трудоемким и энергоемким процессам. Например, бетонная смесь, особенно жесткой консистенции, представляет собой рыхлую массу с большим количеством пустот. Поэтому недостаточно правильно подобрать состав смеси и равномерно перемешать ее составляющие — необходимо произвести укладку с учетом равномерного распределения в соответствующих формах.

Для формования, в том числе уплотнения смеси сырьевых компонентов, используются различные способы, в зависимости от ее состава и характеристик: вибрирование, трамбование, прессование, прокат.

Тепловая обработка материалов после формования производится для

ускорения процесса твердения. Так, при температуре $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ цементные смеси твердеют интенсивно до месячного возраста (затем процесс твердения существенно замедляется). Через 7—14 сут. прочность материала достигает 60—80% прочности в возрасте 28 сут. Но выдерживание материалов в течение 7 сут. и более потребовало бы на заводах огромного количества форм и большого увеличения производственных площадей.

При повышении температуры до $70\text{--}100 \text{ }^\circ\text{C}$ процесс твердения цементного камня ускоряется — через 6—15 ч прочность бетона достигает 70% прочности бетона в возрасте 28 сут. при твердении в нормальных условиях.

Большое значение на процесс твердения рассматриваемых материалов оказывает другой фактор — влажность среды. Не следует забывать, что прочность нарастает в результате физико-химических процессов взаимодействия минеральных вяжущих с водой. Эти процессы проходят нормально при определенном количестве воды. Если вода слишком быстро испаряется, т. е. материал высыхает, то твердение прекращается. Поэтому, например, при твердении бетона в летнее время на строительной площадке, особенно в начальный период, он нуждается в определенном уходе (полив, укрытие поверхности) для сохранения необходимого количества влаги. С этой же целью при тепловой обработке в заводских

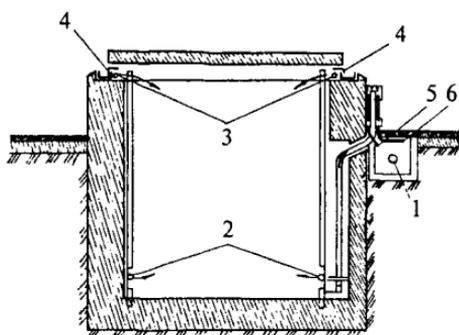


Рис. 98. Схема пропарочной камеры
1 — паропровод из котельной; 2, 3 — нижняя и верхняя перфорированные трубы подводки пара; 4 — замок; 5 — трубопровод подогретой воды; 6 — конденсатор

условиях используют насыщенный пар (рис. 98).

Тепловая обработка производится, как правило, путем пропаривания в камерах при нормальном давлении и температуре до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также при электропрогреве, контактном прогреве в обогреваемых формах, в бассейнах с горячей водой.

Автоклавная обработка осуществляется при повышенных давлении и температуре водяного пара. Автоклав представляет собой герметичный цилиндрический горизонтальный сварной сосуд со сферическими крышками диаметром 2–3,6 м, длиной 19–40 м. В зависимости от вида строительного материала на основе минерального вяжущего давление в автоклаве 0,8–1,5 МПа, температура $174\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$. В этих условиях резко ускоряются процессы твердения, а при обра-

ботке ряда материалов происходит гидротермальный синтез — взаимодействие между гидроксидом кальция, кремнеземом и водой с образованием прочного искусственного камня.

Отделка лицевой поверхности полученных материалов может предполагать механическую обработку, обнажение поверхности заполнителей химическим способом, облицовку плитками и плитами, нанесение разнообразных дробленых материалов, поверхностное или объемное окрашивание, металлизацию, огневую, высокотемпературную (плазма) обработку. Более подробно способы отделки лицевой поверхности в зависимости от вида искусственных каменных материалов рассматриваются при описании их эстетических характеристик.

8.3. Номенклатура

К основным видам материалов на основе минеральных вяжущих относят бетон, железобетон, строительные растворы, силикатные (на основе воздушной извести), асбестоцементные, гипсовые и краски. Есть еще материалы специального назначения, в том числе теплоизоляционные, кровельные, для гидротехнических сооружений, дорог.

Бетон — искусственный камень, полученный в результате перемешивания, формования (укладки) и последующего твердения рационально подобранной смеси минераль-

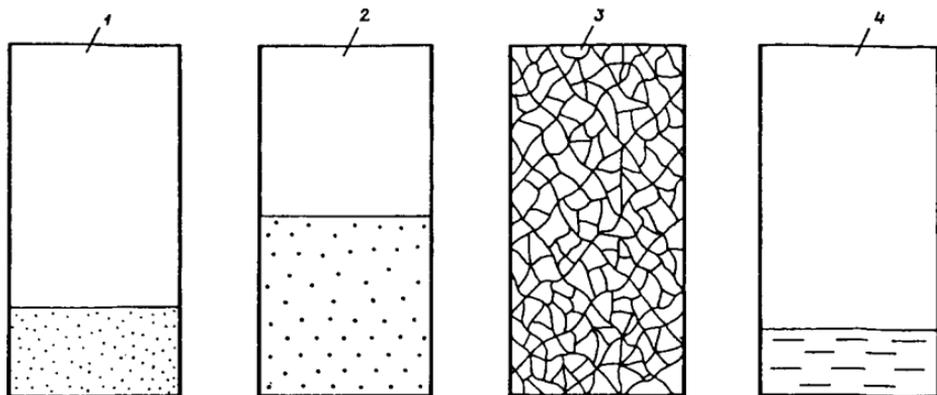


Рис. 99. Характерное соотношение сырьевых компонентов (по объему) при получении тяжелого или облегченного бетона

1 – цемент; 2 – песок кварцевый (2 части к цементу); 3 – щебень или гравий (4 части к цементу); 4 – вода (0,5 части к цементу)

ного вяжущего, воды и заполнителей. В основном бетоны классифицируют по средней плотности: *особо тяжелый* со средней плотностью выше 2500 кг/м^3 , содержащий плотные и тяжелые заполнители (чугунная дробь, стальные опилки и зерна, барит); *тяжелый*, содержащий плотные мелкие и крупные заполнители (песок, щебень или гравий) и имеющий среднюю плотность от 2200 до 2500 кг/м^3 ; *облегченный* со средней плотностью от 1800 до 2200 кг/м^3 ; *легкий* – от 500 до 1800 кг/м^3 ; *особо легкий* бетон, отличающийся средней плотностью менее 500 кг/м^3 , имеет ячеистую или крупнопористую структуру.

На рис. 99 показан «классический» состав тяжелого бетона – в каждом конкретном случае на основании исходных данных производят расчет состава бетона, но

многочисленные опыты показывают возможность получить если не оптимальные, то удовлетворительные характеристики материала при указанном соотношении сырьевых компонентов.

Выделяют легкие бетоны, содержащие мелкий заполнитель и крупные пористые природные или искусственные заполнители. Искусственные заполнители получают путем термической обработки вспучивающихся глин (керамзитовые гравий и песок), вулканических пород (вспученный перлит), водосодержащих слюд (вермикулит); глиносодержащего сырья и твердого топлива (аглопорит), шунгитовых пород (шунгизит), минерального сырья с газообразователем (азерит) и из отходов (шлаковая пемза, металлургические шлаки, зольный гравий), природные заполнители – из пемзы, туфов и т. п. Крупнопористую

структуру имеет беспесчаный легкий бетон, ячеистые легкие бетоны (газобетон, пенобетон) не содержат крупных заполнителей.

По функциональному назначению выделяют бетоны общего (для несущих и ограждающих конструкций жилых, общественных, промышленных зданий) и специального (теплоизоляционные, дорожные, гидротехнические, декоративные и др.) назначения.

Железобетон получают на строительной площадке или в заводских условиях, соединяя в единое целое бетон и стальную арматуру.

Армирование предполагает установку стальной арматуры в тех местах материала (бетона), которые подвержены при эксплуатации растягивающим нагрузкам. Их воспринимает рабочая несущая арматура. Монтажную арматуру устанавливают в сжатых или ненапряженных участках материала. Применяют также закладные детали, петли и крюки.

Непосредственно на месте строительства возводятся монолитные железобетонные конструкции. Для этого устанавливают опалубку из металла, древесины или других материалов, которая соответствует будущей форме сооружения. Затем ставят арматуру, производят подачу и укладку бетонной смеси. Распалубливание железобетонной конструкции производят после достижения бетоном необходимой прочности. Архитектурные формы зданий и сооружений из монолитного железобетона очень разнообразны и отличаются своеобразной пластикой (рис. 100).

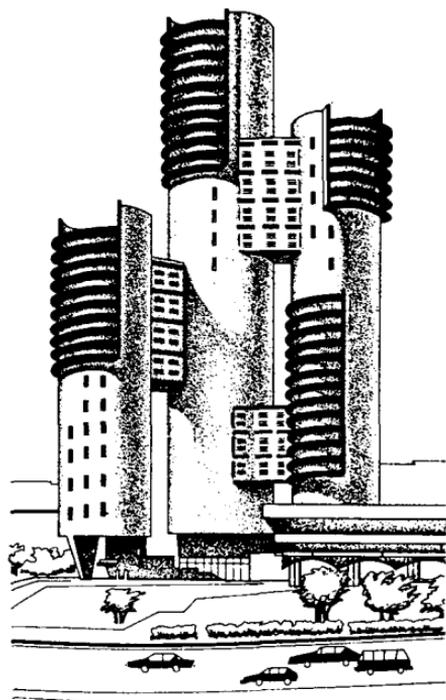


Рис. 100. Здание из монолитного железобетона

разны и отличаются своеобразной пластикой (рис. 100).

На заводах железобетонных изделий производят сборные материалы для всех видов строительства.

По виду армирования различают сборные железобетонные материалы с обычным армированием и предварительно напряженным. В последнем случае арматуру предварительно растягивают, а после формирования и затвердения бетона ее освобождают от натяжения. Происходит сжатие массы бетона, увеличиваются предельная растяжимость материала при нагрузках, трещиностойкость и долговечность.

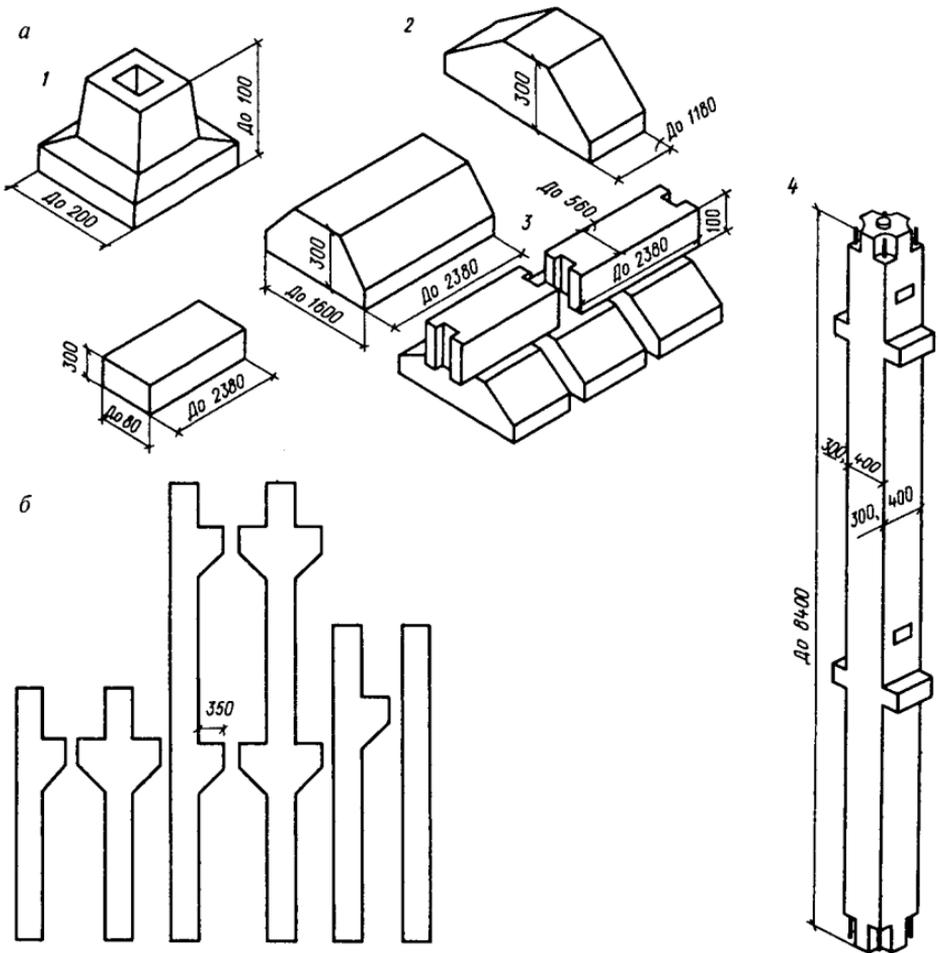


Рис. 101. Виды фундаментных блоков (а) и колонн (б) многоэтажных промышленных зданий

1, 2 — блоки соответственно лестничного фундамента и стен подвалов; 3 — блоки под колонны; 4 — железобетонная колонна каркаса

Применение железобетонных материалов с предварительным напряжением постоянно расширяется.

В настоящее время изготавливают сборные бетонные и железобетонные материалы для всех основных частей современных зданий и сооружений — фундаментов и кар-

касов, стен, перегородок, перекрытий, покрытий, лестниц, а также для специальных видов строительства (подземного, дорожного, гидротехнического, мостостроения). С учетом возможностей транспортного и грузоподъемного оборудования длина таких материалов, как

правило, не превышает 25 м, ширина 3 м и масса 25 т.

Кратко охарактеризуем некоторые широко применяемые в строительстве железобетонные изделия.

Фундаментные блоки выполняются из тяжелого бетона прямоугольного или трапециевидного сечения, например, длиной 0,78–2,38 м, высотой 0,3–0,5 м и массой 0,5–4 т (рис. 101, а).

Фундаментные элементы под железобетонные колонны изготавливают из тяжелого бетона, нижнюю поверхность делают плоской, а в верхней части устраивают специальное гнездо (стакан) для крепления колонны.

Колонны — железобетонные линейные элементы прямоугольного сечения, например, размером 30×30 или 40×40 см. Длина колонн в многоэтажных зданиях до 840 см (рис. 101, б).

Ригели каркасов выпускают обычно таврового сечения с полкой или приливами по боковым граням для опирания плит перекрытий. Например, ригели для пролета 6 м изготавливают длиной 5,5 м, высотой сечения 45 см с обычной или предварительно напряженной арматурой. Для пролета 9 м длина ригеля 8,5 м, высота сечения 60 см, арматуру обязательно предварительно напрягают.

Панели наружных стен изготавливают из легкого бетона на пористом заполнителе или из ячеистого бетона с арматурой из сварных сеток, размером на жилую комнату, массой до 8 т (рис 102, а). Рядом

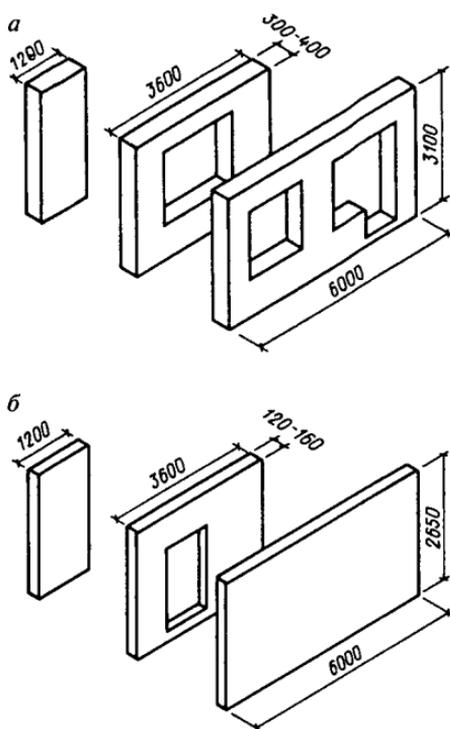


Рис. 102. Виды железобетонных панелей для наружных (а) и внутренних (б) стен жилых зданий

преимуществ обладают трехслойные панели толщиной до 25–30 см (рис. 103). Для строительства промышленных зданий выпускают панели толщиной 16–30 см и других размеров.

Панели внутренних стен производят из тяжелого или легкого бетона сплошными или с дверными проемами. Их длина до 6 м, высота до 2,9 м, толщина до 20 см (см. рис. 102, б).

Панели и плиты для перегородок могут быть сплошными, пустотелыми, с проемами для дверей.

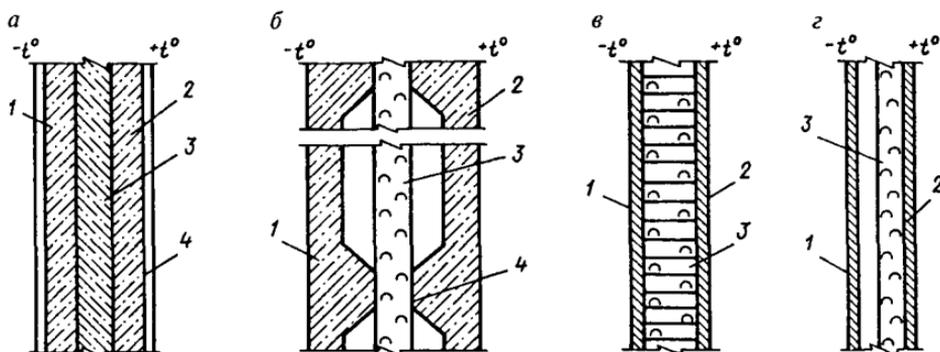


Рис. 103. Схемы трехслойных панелей наружных стен с обшивкой

а — из плоских железобетонных плит; *б* — из ребристых железобетонных плит; *в* — из асбестоцемента; *г* — то же с воздушной прослойкой; 1, 2 — наружная и внутренняя обшивка; 3 — теплоизоляционный материал; 4 — пароизоляция

Толщина панелей и плит обычно 8–10 см. Для их изготовления применяют легкие и особо легкие бетоны, часто на гипсовом вяжущем (гипсобетон).

Стеновые блоки изготавливают обычно сплошными или пустотелыми из легкого бетона с размерами, соответствующими конструктивной разрезке стен. Виды стеновых блоков: простеночные, перемычечные, карнизные, цокольные, угловые, подоконные.

Плиты и панели перекрытий также отличаются сплошным или пустотелым строением, могут быть ребристыми. Пустотелые плиты перекрытий для жилых и общественных зданий выпускают длиной до 6 м, шириной до 2,4 м и толщиной 22 см. При длине 9 или 12 м толщина плит 40 см. Выпускают также ребристые плиты длиной до 15, шириной до 3 м и высотой 40 и 60 см. Арматуру часто предвари-

тельно напрягают. Панели перекрытий также бывают сплошными, пустотелыми, ребристыми (рис. 104).

Плиты покрытий обычно состоят из плоской полки толщиной 3 см, которая монолитно связана с системой продольных и поперечных ребер высотой 15 или 30 см. Размеры плит 3×6, 3×12, 3×18 и 3×24 м. Оболочки покрытий — армированные криволинейные плиты размером 10×10 м, толщиной 3–4 см, по периметру оболочки имеют ребра жесткости.

Фермы и балки изготавливают обычно из предварительно напряженного железобетона для зданий с пролетом соответственно 18, 24 м и 6, 12, 18 м (рис. 105).

Лестничные марши из железобетона отличаются ступенчатым профилем, часто имеют плоские концевые участки, образующие лестничные площадки.

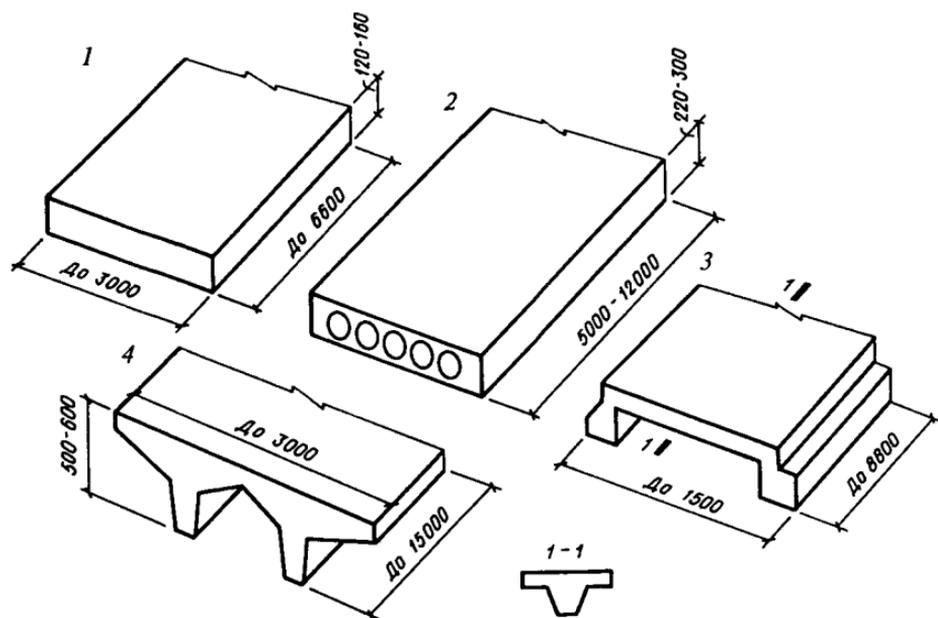


Рис. 104. Виды железобетонных панелей перекрытий

1 — сплошного сечения; 2 — многопустотная; 3 — ребристая; 4 — типа 2Т

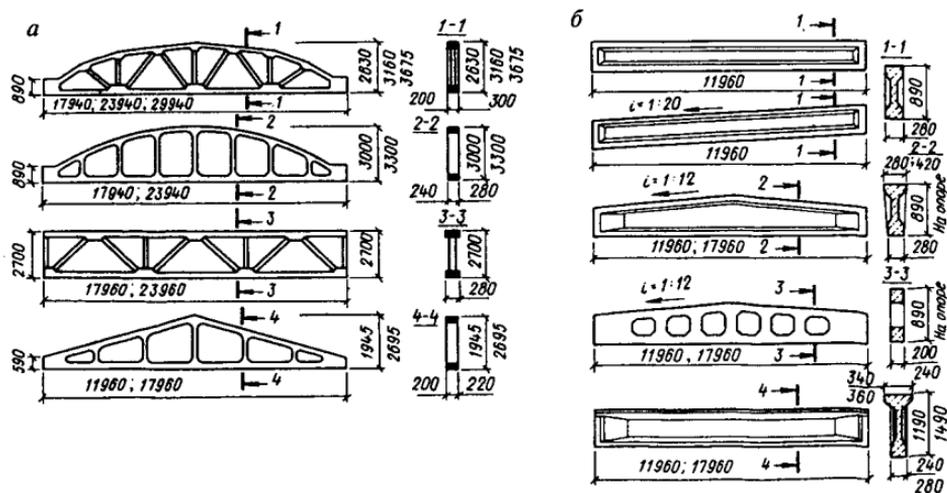


Рис. 105. Виды железобетонных ферм (а) и балок (б)

Плиты для строительства дорог и аэродромов изготовляют на основе тяжелого предварительно напряженного бетона. Размер таких плит до 1,75×3 м, толщина 13—17 см и др.

Плиты, блоки, сегменты *теплоизоляционные* производят в основном из особо легких, часто ячеистых бетонов на различных вяжущих (цементе, извести, гипсе).

Строительные растворы получают из различных минеральных вяжущих (цемента, извести, гипса и их смесей — цементно-известковых, известково-гипсовых, а также цементно-глиняных и др.), мелкого заполнителя и добавок, улучшающих свойства материала

В зависимости от назначения различают растворы *кладочные*, используемые при кладке стен, фундаментов, столбов и других частей конструкций; *штукатурные* — для внутренних и наружных стен, потолков и др.; *монтажные* — для заполнения швов между сборными элементами (панелями, блоками) при их монтаже; *специальные* — декоративные, гидроизоляционные и др.

Растворы готовят на строительных площадках, но большое количество кладочных и монтажных растворов приготавливают на специализированных заводах, а затем доставляют на место строительства.

Большое значение для архитектурной выразительности зданий может иметь применение *декоративных растворов*: искусственного мрамора (из смеси гипса и минеральных пигментов), сграффито (мно-

гослойного цветного рельефного раствора из смеси известкового теста, песка и пигментов), цветных известково-песчаных и известково-мраморных (с использованием белого портландцемента, мраморных песка или муки, пигментов), терразитовых (на основе извести, цемента, мраморных муки и крошки, пигментов, слюды) и др.

К **силикатным** искусственным каменным материалам относят прежде всего кирпич и бетон.

Силикатный кирпич изготовляют из смеси извести (6—8%, считая на активную СаО), кварцевого песка (92—94%) и воды (7—9%). После перемешивания и формования (прессования) материал твердеет в автоклаве. Выпускают сплошные и пустотелые кирпичи, размеры которых аналогичны керамическим. Вследствие сравнительно низкой водостойкости силикатные кирпичи в отличие от керамических нельзя применять для кладки фундаментов и цоколей зданий ниже гидроизоляционного слоя. Если материал применяется для стен зданий с влажным и мокрым режимом эксплуатации, то необходима специальная защита. Силикатный кирпич также не выдерживает длительного воздействия высоких температур и не употребляется для кладки печей, труб промышленных предприятий и др.

Силикатные бетоны аналогично обычным различают по средней плотности — тяжелые, легкие (с искусственными пористыми за-

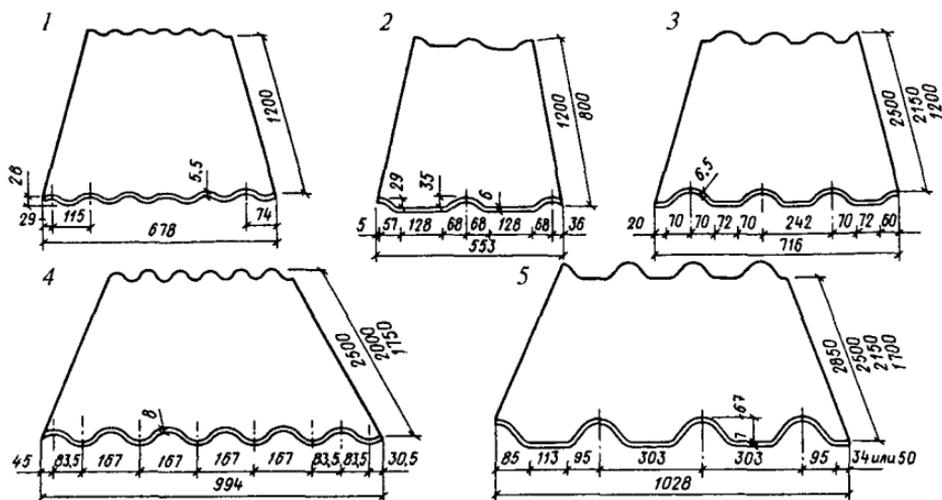


Рис. 106. Асбестоцементные волнистые (1, 4) и полуволнистые (2, 3, 5) листы обыкновенного (1, 2, 3) и усиленного (4, 5) профиля

полнителями). Выделяют также ячеистые бетоны (легкие, особо легкие), получаемые смешиванием известково-песчаной смеси с технической пеной (пеносиликат) или с газообразными веществами (газосиликат).

Асбестоцементные материалы изготавливают из специального портландцемента марок 400 и 500 и волокон асбеста (10–20% от массы цемента), которые значительно упрочняют структуру цементного камня. Промышленностью выпускается более 40 видов асбестоцементных материалов.

Листы асбестоцементные профилированные (волнистые, двойной кривизны, фигурные) и плоские (прессованные и непрессованные) предназначены для стен, кровли, наружной и внутренней отделки,

элементов конструкций. В отечественной практике в зависимости от разновидности профиля (унифицированный, обыкновенный, усиленный) волнистые асбестоцементные листы (рис. 106) различны по высоте волны 28–32–40–45–50 мм, их толщина 5,5–8 мм, длина до 2,5 м и ширина до 1,13 м. Толщина плоских листов 4–12 мм, длина до 3,6, ширина до 1,5 м. Волнистые и плоские листы могут быть окрашены в массу, иметь различную отделку лицевой поверхности.

Асбестоцементные акустические плиты изготавливают из перфорированных асбестоцементных листов и слоя пористо-волокнистого материала (минеральной или стеклянной ваты и др.). Размеры плит 600×600, 1200×800 мм при толщине 4–7 мм.

Асбестоперлитцементные листы получают из белого или цветного цемента, асбеста и перлитового песка. Длина листов 500, 600 и 1200, ширина 500 и 600, толщина 4,6 и 8 мм. Область применения таких листов, лицевая поверхность которых имеет различную декоративную отделку, — облицовка потолков, внутренних стен, перегородок. Листы огнестойки и применяются также для защиты ограждающих конструкций.

Асбестоцементные панели представляют собой каркасную или бескаркасную конструкцию, где между асбестоцементными плоскими листами помещается теплоизоляционный материал.

В современной архитектурно-строительной практике некоторых стран, например в Германии, запрещено использование асбестоцементных материалов в связи с распространяющимися сведениями о канцерогенности асбеста. Для упрочнения цементного камня используют другие минеральные волокна. Однако следует учитывать, что в искусственных каменных материалах волокна асбеста находятся в связанном состоянии, поэтому эксплуатация асбестоцементных материалов при отсутствии постоянных интенсивных механических воздействий не должна вызывать опасений с экологической точки зрения.

Гипсовые материалы получают из гипсового теста (гипс с водой) и минеральных или органических

тонкомолотых заполнителей. Искусственный гипсовый камень армируют также минеральными или органическими волокнистыми наполнителями.

Гипсокартонные листы прямоугольной формы имеют длину 2,5–3,3 м, ширину 1,2–1,3 м, толщину 10–12 мм. Гипсовый сердечник листов оклеивается с двух сторон картоном. Материал применяют для отделки стен и устройства перегородок. Наряду с обычными, подлежащими отделке, выпускают гипсокартонные листы с декоративным покрытием на лицевой поверхности.

Определенными преимуществами обладают *гипсоволокнистые листы*, в которых армирующими компонентами являются волокна из древесины, бумажной макулатуры и др. По прочности они не уступают гипсокартонным, а стоимость их ниже.

Гипсобетон используют при изготовлении плит и панелей для перегородок, перекрытий. Гипсобетонные панели могут иметь толщину 80–120 мм, длину на комнату, ширину на высоту этажа.

Более эффективными крупноразмерными изделиями считают *гипсоволокнистые панели* размерами 0,6–2,5 м и 1,2–3,3 м при толщине 50 мм. Такие изделия, в частности, более технологичны: легко пилятся и т. п.

Краски на основе минеральных вяжущих содержат щелочестойкие пигменты и небольшое количество

добавок, улучшающих эксплуатационно-технические свойства.

В *известковых* красках пленкообразующим (связующим) веществом является гашеная известь необходимой жидкой консистенции. Кроме щелочестойких пигментов (охра и др.), в состав краски вводят водоудерживающие добавки (хлористый кальций, поваренную соль и др.). Эти краски – одни из самых дешевых, но менее долговечны.

Цементные краски образуют пленку на отделяемой поверхности с помощью белого портландцемента. Кроме него и щелочестойкого пигмента, красочный состав содержит водоудерживающую и гидрофобизирующую добавки. Эти краски применяют для наружной и внутренней отделки, причем окрашивают преимущественно производственные помещения с влажным режимом эксплуатации.

Краски *силикатные*, где связующим служит силикат калия в виде водного коллоидного раствора, используют для наружных и внутренних малярных работ, для огнезащитных покрытий на деревянных конструкциях.

8.4. Свойства

Эксплуатационно-технические свойства большинства материалов на основе минеральных вяжущих в значительной мере определяются характеристиками, соотношением сырьевых компонентов и форми-

руются на стадиях перемешивания, укладки и твердения. Например, большое значение для свойств материалов из бетона, растворов имеют характеристики бетонной (растворной) смеси. Она должна быть *удобоукладываемой*, и тогда в дальнейшем обеспечиваются необходимые однородность и плотность бетона (раствора) и, как правило, прочность и долговечность. Следует подчеркнуть, что *удобоукладываемость* должна предполагать не только определенную подвижность, но и однородность бетонной (растворной) смеси. Это особенно важно для тех смесей, которые после приготовления транспортируют на место строительства. Частицы цемента и заполнители с плотностью соответственно 3,1 и 2,6 г/см³ стремятся осесть вниз, вода (плотность 1 г/см³) скапливается сверху смеси. В процессе транспортирования и возможного хранения на объекте бетонная (растворная) смесь должна сохранять *удобоукладываемость*, т.е. быть «жизнеспособной». Главные меры борьбы с расслоением бетонной смеси: уменьшение количества воды затворения с одновременным вводом пластифицирующих добавок и повышение водоудерживающей способности путем рационального подбора зернового состава заполнителей.

Большое значение имеет однородность смеси сырьевых компонентов при изготовлении силикатного кирпича, гипсовых, асбесто-

цементных строительных материалов, красочных составов.

Показатели эксплуатационно-технических свойств материалов на основе минеральных вяжущих в жестковязком (твердом) состоянии могут регулироваться в достаточно широком диапазоне.

Важные физические и химические свойства бетона — водонепроницаемость, морозостойкость, коррозионная стойкость, а также прочность и деформативность — связаны с плотностью его структуры. Большая или меньшая плотность зависит прежде всего от расхода воды для приготовления материала. Если воды недостаточно — смесь получается рыхлой, несвязной, т. е. неудобокладываемой. В результате в отвердевшем бетоне может быть большое количество пустот, каверн, что существенно снижает его долговечность. Избыток воды позволяет получать высокоподвижные смеси, но при испарении влаги в бетоне остаются поры, часто сравнительно крупные, также ослабляющие его структуру. Поэтому важно определить оптимальное количество воды, при котором обеспечивается наиболее высокая плотность материала (рис. 107).

Бетон мелкопористой структуры и однородного состава практически *водонепроницаем* в массивных сооружениях. Весьма высока может быть водонепроницаемость легких бетонов. Керамзитобетон, например, не пропускает воду при давлении 2 МПа и более. Малая



Рис. 107. Зависимость прочности бетона от расхода воды при приготовлении бетонной смеси

водонепроницаемость легких бетонов подтверждается многолетней эксплуатацией гидротехнических сооружений на их основе в Армении и Грузии. Со временем водонепроницаемость легких бетонов повышается.

Непосредственно с характером строения бетона связана и его *морозостойкость*. Мелкие поры, обычно размером менее 10^{-5} см, непроницаемы для воды. Однако в бетоне содержатся и более крупные поры, а материалы из него часто подвергаются действию воды, замораживанию и оттаиванию. Например, осенью наружная часть стены на основе бетона может намочить от дождя. Зимой в стене устанавливается определенное распределение температур, наружная часть стены промерзает. В это время происходит миграция пара «от тепла к холоду». Пар стремится наружу, так как его давление при отрицательной температуре ниже, чем при положительной. Стремясь

выйти наружу, водяной пар попадает в зону низких температур и конденсируется в порах возле наружной грани стены. Таким образом, поры наружной, промерзающей части материала постоянно обводняются, причем вода прибывает сюда не только изнутри, но и снаружи (дождь с ветром). При наступлении даже небольших морозов ($-5 \dots -8 \text{ }^\circ\text{C}$) вода в крупных порах замерзает и, как известно, при переходе в лед увеличивается в объеме на 9%, что может привести к опасным растягивающим напряжениям. Разрушение бетона начинается обычно с «шелушения» его поверхности, распространяясь вглубь.

Тяжелый бетон — сравнительно плотный материал, и его морозостойкость, как правило, высока — он может выдерживать 500 циклов весьма жестких лабораторных испытаний (попеременное замораживание-оттаивание) без существенной потери прочности. Однако морозостойкость и легкого бетона достаточна для применения в ограждающих конструкциях. Кроме того, технологи и строители применяют различные способы повышения морозостойкости бетона (защита поверхности, введение специальных добавок). Аналогичными способами повышают и коррозионную стойкость бетона, точнее, цементного камня в бетоне, ибо разрушается прежде всего именно он — заполнители достаточно стойки.

Проектирование конструкций с применением бетона обязательно предполагает учет его *прочности*. В соответствии с требованиями стандарта, прочность бетона определяют путем испытания образцов определенных размеров и возраста на сжатие. Проектные марки тяжелого бетона, в зависимости от величины предела прочности при сжатии (в $\text{кгс}/\text{см}^2$, не менее), 50, 75, 100, 150, 200, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800. В зависимости от гарантированной (не менее чем в 95 случаях из 100) прочности предусмотрены также следующие классы бетона: В 1; В 1,5; В 2; В 2,5; В 3,5; В 5; В 7,5; В 10; В 12,5; В 15; В 20; В 25; В 30; В 35; В 40; В 45; В 50; В 55; В 60. Классы бетона и средняя прочность бетона $R_6^{\text{сп}}$ связаны:

$$R_6^{\text{сп}} = B / 0,778.$$

Например, для класса В 5 средний предел прочности при сжатии равен 6,43 МПа.

Самый высокий класс по прочности на сжатие легкого бетона — В 40. Для теплоизоляционных материалов из легкого, в том числе с ячеистой структурой, бетона предусмотрены, кроме того, классы В 0,35; В 0,75; В 1.

Следует всегда помнить, что бетон сопротивляется растяжению или изгибу значительно хуже, чем сжатию. Предел прочности бетона при растяжении и изгибе может быть в 6—20 раз меньше, чем при сжатии.

При определении прочностных показателей бетона разрушающими методами учитывают особенности приготовления и размеры образцов различных видов (тяжелый, легкий, в том числе ячеистый) этого материала. Весьма популярны неразрушающие методы оценки прочности бетона, среди которых метод пластической деформации, упругого отскока и ультразвуковой импульсный.

Сущность метода пластической деформации (см. гл. 2) основан на связи значения предела прочности при сжатии и размера отпечатка при вдавливании индентора (штампа). С этой целью используют приборы динамического или статического действия. К приборам динамического действия относят, в частности, ударные молотки с эталонным стержнем, позволяющие отпечаток на поверхности бетона сравнивать с отпечатком на эталонном стержне. При использовании ударных молотков с заданной массой и энергией удара, дисковых и маятниковых приборов о прочности бетона судят непосредственно по отпечатку на его поверхности.

К приборам статического действия относят гидравлические штампы, основной частью которых являются сферический индентор (штамп). Плавное вдавливание индентора осуществляется с помощью гидравлического пресса.

Оценка прочности бетона методом упругого отскока основана

на зависимости между пределом прочности при сжатии и высотой отскока бойка от ударника, прижатого к бетону. Боек имеет определенную массу и ударяет по концу металлического ударника с помощью пружины. Степень отскока бойка зависит от упругих, а следовательно, и от прочностных характеристик бетона и отмечается специальным указателем на шкале приборов, например молотков-склерометров.

Оценка прочности бетона с помощью ультразвукового метода основана на измерении скорости распространения через бетон переднего фронта продольной ультразвуковой волны (скорости ультразвука). При сквозном прозвучивании предел прочности при сжатии определяют по предварительно полученной зависимости «скорость — предел прочности при сжатии», при поверхностном прозвучивании — по зависимости «время — предел прочности при сжатии». Поверхность бетона, на которую устанавливают ультразвуковые преобразователи, не должна иметь дефекты (вмятины, наплывы, раковины), воздушные прослойки глубиной более 3 и диаметром более 6 мм. Относительная погрешность измерения времени распространения ультразвука не должна превышать $\pm 0,01-0,1$ мкс.

Деформативность бетона на основе цемента зависит в большей мере от условий начального твердения и последующей эксплуатации. При твердении на воздухе происходит

определенная усадка материала. Главная причина усадки — испарение воды в процессе твердения. Наибольшую усадку имеет цементный камень. Заполнители образуют своеобразный каркас, препятствующей усадке. Поэтому усадка бетона значительно меньше, чем цементного камня. Усадочную трещиностойкость бетона можно повысить при рациональном подборе состава бетона и используемого цемента, в том числе при оправданном снижении его расхода.

В воде бетон набухает, но величина набухания значительно меньше величины усадки и, как правило, не представляет опасности.

Весьма нежелательны деформации бетона от действия повышенной температуры, а также от нагревания его теплотой, выделяющейся при экзотермических реакциях цемента с водой. Для предотвращения таких деформаций в массивных бетонных конструкциях устраивают температурные швы.

Под нагрузкой бетон деформируется иначе, чем сталь или другие сравнительно упругие материалы. Существенный недостаток бетона (как и других каменных материалов) — хрупкость, определяемая структурой, строением цементного камня и материала в целом. Область условно-упругой работы бетона — от начала нагружения до такой нагрузки, при которой образуются микротрещины по по-

верхности сцепления цементного камня с заполнителем. При дальнейшем нагружении микротрещины образуются уже в цементном камне и возникают пластические — неупругие — деформации бетона.

Деформативность легких бетонов на пористых заполнителях может существенно отличаться от аналогичного показателя тяжелых бетонов. Легкие бетоны более трещиностойки, так как их предельная растяжимость в 2—4 раза выше, чем равнопрочного тяжелого бетона. Но легкий бетон дает большую усадку, чем тяжелый, величина его набухания в воде также больше.

Деформации ячеистых бетонов в большей мере зависят от влажности изделий после тепловой обработки. После автоклавного твердения влажность бетона доходит до 25% по массе, а после пропаривания — до 50%. Усадка после высыхания достигает соответственно 1,2 и 2,5 мм/м. От усадочных деформаций могут появиться трещины, существенно снижающие долговечность материала. Усадка уменьшается при меньшем количестве воды для приготовления такого бетона, введении крупного песка, объемной гидрофобизации материала.

Железобетонные материалы обладают способностью выдерживать гораздо большие растягивающие и изгибающие нагрузки по сравнению с бетонными. Эти нагрузки воспринимает стальная арматура, пре-

Таблица 14

Прочностные показатели цементного камня и асбестоцементных листов

| Материал | Средняя плотность, кг/м ³ | Предел прочности, МПа, при | |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|
| | | изгибе | растяжении |
| Цементный камень | 1700–2000 | 9,1–11,8 | 3,44–4,22 |
| Асбестоцементный лист | 1600–1800 | 17,2–24,5 | 8,8–11,2 |

дельная растяжимость которой выше, чем у бетона, в 3–6 раз и более.

При оценке свойств **строительных растворов** учитывают особенности их применения по сравнению с бетоном: использование в сравнительно тонких слоях, нанесение на водоотсасывающее основание (кирпич, бетоны). В результате большое значение имеет вододерживающая способность растворной смеси. В зависимости от состава и назначения строительные растворы должны выдерживать 10–300 циклов попеременного замораживания-оттаивания, обладать пределом прочности при сжатии не менее 0,4–20 МПа.

Основные показатели эксплуатационно-технических свойств **силикатного кирпича** – водопоглощение, морозостойкость и предел прочности при сжатии. Водопоглощение материала по массе не менее 6%, обычно 8–16%, морозостойкость не менее 15–50 циклов. В зависимости от прочностных показателей при сжатии и изгибе (в кгс/см²) марки силикатного кирпича 100, 125, 150, 200, 250.

Силикатный кирпич уступает керамическому по эксплуатационно-

техническим характеристикам, но его себестоимость ниже.

Асбестоцементные материалы отличаются достаточно высокими морозостойкостью (не менее 25–100 циклов при снижении прочности на 10%) и коррозионной стойкостью.

Прочность материала в большей мере определяют волокна асбеста, армирующие структуру цементного камня (табл. 14).

Предел прочности асбестоцементных изделий при изгибе определяют по известной схеме, разрушая образец сосредоточенной нагрузкой, прикладываемой посередине пролета. Размеры образцов, имеющих в плане прямоугольную форму, зависят от вида материала. **Неразрушающий метод** испытания асбестоцементных изделий основывается на приложении нагрузки в виде штампа к определенному участку. Штамп имеет рабочую поверхность 100×10 мм и изготавливается из древесины. Образцы, предназначенные для определения прочности, выдерживают в помещении лаборатории не менее суток.

Недостатки асбестоцементных материалов – хрупкость и повышен-

ная деформативность (склонность к короблению).

Эксплуатационную надежность и долговечность **гипсовых строительных материалов** связывают прежде всего с их сравнительно высокими гигроскопичностью и водопоглощением. Предел прочности при сжатии таких материалов обычно 3–4 МПа, но их насыщение водой в количестве 2–8% приводит к резкому снижению прочности и разрушению.

Эксплуатационно-технические свойства **красок** в большей мере зависят от вида минерального вяжущего. При расходе красочного состава (укрывистости) в пределах 400–700 г/м² наименее долговечны известковые краски. Срок их службы обычно не более 3 лет в сельской местности и 1 года в городских условиях. Гораздо долговечнее цементные и силикатные краски. Срок службы последних превышает 10 лет.

Эстетические характеристики материалов на основе минеральных вяжущих весьма разнообразны и должны назначаться с учетом комплекса факторов, в том числе необходимой архитектурной выразительности, условий эксплуатации и технологических особенностей производства.

Эстетические характеристики **бетонных и железобетонных** материалов следует связывать с их массовым применением при комплексно-механизированной сборке зданий и сооружений. Современные

способы индустриальной отделки позволяют получать элементы зданий с декоративной и долговечной внешней фактурой при невысоких затратах труда и стоимости. В заводских условиях можно более четко управлять процессом отделочных работ, чем в построечных. Повышение архитектурной выразительности отдельных сооружений и застройки в целом достигается при умелом использовании возможностей заводской технологии.

Оценивая различные способы заводской отделки бетонных и железобетонных элементов сборного строительства, следует отметить, в частности, отделку поверхности дроблеными природными или искусственными материалами, декоративными бетонами и растворами, плитами и плитками, долговечными красящими составами.

Весьма разнообразна фактура и цветовая гамма дробленых каменных материалов (как природных, так и искусственных) и соответствующих лицевых поверхностей бетонных изделий (рис. 108).

Природные дробленые каменные материалы – гранит, габбро, сиенит, диорит, доломит, плотные известняки, песчаник, кварцит, мрамор – могут применяться без дополнительной обработки. Кроме того, декоративная окраска таких материалов может быть получена путем термической обработки или нанесением на поверхность щебня цветных силикатных пленок, глазурей или эмалей.

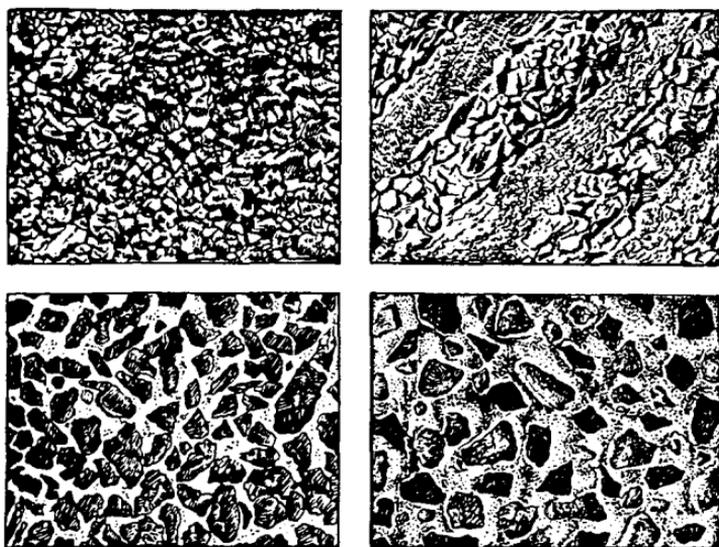


Рис. 108. Лицевые поверхности бетона после отделки дроблеными материалами

К искусственным дробленным материалам относятся прежде всего отходы промышленности: шлаки, керамический или стекольный бой и т. д., а также специально изготовленные искусственные камни, например на основе цементно-песчаной смеси.

Дробленые материалы активно участвуют в цветообразовании лицевой поверхности изделий в сочетании с цветными цементами. Но и при использовании ахроматических цементах возможно достижение интенсивной окраски поверхности. Способы подбора полихромных композиций, определение доминирующего (суммарного) цвета поверхности могут основываться на колориметрическом или визуальном методах.

В зависимости от технологии изготовления промышленных элементов применяются различные способы нанесения дробленых материалов на лицевую поверхность бетона. При формировании панелей «лицом вверх» дробленый материал наносится на свежеформованную и выровненную поверхность бетона. После термовлажностной обработки лицевую поверхность изделия промывают водой и очищают металлической щеткой или воздушной струей. При формировании изделий «лицом вниз» на дно формы насыпают слой песка, в который вдавливаются зерна дробленого материала. Дробленый материал может также укладываться на предварительно смазанное дно формы в виде подстилающего слоя или

вдавливаться на определенную глубину в слой специального быстротвердеющего состава. Через некоторое время этот состав теряет прочность (не оказывая вредного влияния на цементный камень), и поверхность дробленого материала обнажается. Сравнительно ровная и гладкая декоративная поверхность получается при использовании ковриков из крафт-бумаги, на которые предварительно с помощью жидкого стекла накладываются зерна дробленого материала (цветная крошка).

Отделка поверхности декоративным бетоном эффективна при использовании для его изготовления цветных цементов или заполнителей различного цвета.

Технико-экономические расчеты показывают возможность применения декоративного бетона и как конструкционного материала, но при средней толщине изделий до 5 см. В других случаях декоративный бетон наносят слоем толщиной 2–3 см, обеспечивая достаточно прочное сцепление с основной массой.

Одна из характерных операций при изготовлении декоративного бетона — обнажение поверхности заполнителя химическим или механическим способом. При этом использование цветных заполнителей позволяет получить поверхность определенного цветового тона без применения цветных цементов.

В зависимости от требуемых эстетических свойств лицевой поверхности реализуются различные

цветовые сочетания компонентов бетона. При сочетании цветного заполнителя и ахроматического цемента (белого или обычного серого) обычно стремятся к достижению максимального «выхода» зерен заполнителя на поверхность, что может быть обеспечено соответствующим подбором состава бетона. При сочетании цветного цемента с ахроматическим заполнителем (белым, серым, черным) большое значение имеет цвет цемента. При сочетании цветного цемента с цветным крупным заполнителем открываются более широкие возможности для достижения заданного цвета бетона.

Определить требуемые соотношения площадей цветных компонентов, выходящих на лицевую поверхность бетона, можно с помощью специальных таблиц, составленных на основании экспериментальных данных.

Наряду с декоративными бетонами в отделке стеновых панелей, главным образом из легких бетонов, часто применяются цементно-песчаные растворы. Если их физико-механические свойства характеризуются пределом прочности при сжатии не менее 10 МПа, морозостойкостью не менее 50 циклов и водопоглощением менее 10%, то такие растворы достаточно долговечны.

Вместе с тем следует учитывать склонность растворов к образованию высолов. Один из эффективных способов борьбы с этим не-

достатком — введение с водой затворения в растворную смесь гидрофобно-пластифицирующих поверхностно-активных добавок.

Лицевой поверхности цементно-песчаного раствора придается декоративный рельеф различных глубины и характера рисунка. При оценке качества лицевой поверхности учитывают, что в зависимости от формования панелей «лицом вниз» или «лицом вверх» получают следующие виды декоративного рельефа: рельеф различной глубины при формовании на специально профилированных матрицах из пластмасс, резины или металла; рисунчатый рельеф, наносимый путем прикатки поверхности свежесформованной панели рельефообразующим валом по слою эластичной полимерной пленки или гладким валом через резиновый коврик с рисунком; рельеф свободного рисунка путем обработки лицевой поверхности различными приспособлениями (воздушной струей, капроновой или металлической щеткой и др.); мелкошероховатая или мелкобугристая фактуры, получаемые присыпкой свежележенного раствора сухим или влажным песком.

Различные фактуры лицевой поверхности монолитного железобетона получают, в частности, применяя оригинальные виды опалубки (рис. 109).

При получении эстетических характеристик лицевой поверхности *декоративных растворов*: искусствен-

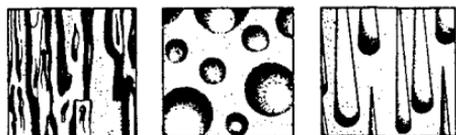


Рис. 109. Фактура лицевой поверхности монолитного железобетона, полученная при использовании оригинальных видов опалубки

ного мрамора, сграффито, известково-песчаных и известково-мраморных растворов, терразитовых, каменных штукатурок и других — также учитывают особенности технологии их изготовления. Эти декоративные штукатурки весьма выразительны с архитектурной точки зрения, но такая отделка не относится к индустриальной.

Эстетические характеристики *искусственного мрамора* регулируют с помощью пигментов, шлифования и полирования поверхности.

При изготовлении *сграффито* после нанесения растворных слоев различного цвета (минимум двух) сравнительно сложный рельефный рисунок получают способом выщарапывания с помощью ножей, скальпелей, набора резцов. Более производителен и менее трудоемок

способ получения рельефного рисунка при использовании шаблонов или трафаретов. Шаблоны изготавливают из картона, жести или фанеры двух видов для выпуклых (формы) и заглубленных (лекала) рисунков, а трафареты — из плотного картона толщиной 1 мм. Контуры рисунка переводят через копировальную бумагу или рисуют и вырезают острым концом ножа так, чтобы нужные узоры не вываливались. На каждый цвет многоцветного сграффито делают самостоятельный шаблон или трафарет.

Различную фактуру цветных *известково-песчаных растворов* получают обработкой в пластично-вязком состоянии или набрызгиванием на отделяемую поверхность.

Фактурная обработка *терразитовых растворов* производится обычно в полужатвердевшем состоянии с помощью цикли, реже бучарды, зубила, а также пескоструйного аппарата.

Сравнительно дороги и трудоемки *каменные штукатурки*, имитирующие фактуру природного камня: гранита, мрамора, известняка, туфа. Вместе с тем такие декоративные растворы, которые изготавливают из цемента с добавкой до 5% известкового теста и дробленых (в виде крошки) горных пород, весьма прочны. Разнообразные фактуры получают, обрабатывая раствор в пластично-вязком состоянии циклеванием, но чаще в затвердевшем виде — оттиркой брусками или ударными инстру-

ментами, применяющимися при обработке природного камня. Через 3–4 дня лицевую поверхность каменной штукатурки, полученную с помощью штампа, можно обработать 10%-ным раствором соляной кислоты (ее наносят кистью или распылителем). Обработка считается законченной, когда кислота перестает кипеть. После травления лицевую поверхность каменной штукатурки промывают водой. В результате обнажения поверхность дробленого материала становится чистой и блестящей.

Силикатный кирпич имеет сравнительно гладкую фактуру, но его цвет, как и бетона, можно регулировать путем объемного или, что менее долговечно, поверхностного окрашивания.

На лицевую поверхность *асбестоцементных материалов* наносят различные декоративные слои, используя метод напрессовывания специальной текстурированной бумаги, пропитанной терморезактивными смолами, или декоративные составы на минеральных и полимерных связующих, краски (эмалевые, силикатные и др.), пастовые составы.

Отделка *гипсовых строительных материалов* связана с объемным или поверхностным окрашиванием, созданием разнообразных декоративных слоев.

Объемное или поверхностное окрашивание могут использоваться при отделке гипсовых листов. Соответственно в гипсовую массу, вводят пигменты, пропитывают из-

делия лакокрасочными материалами или окрашивают поверхность водоэмульсионной краской. При создании оригинальных декоративных поверхностей используют специальные составы. Например, при имитации коры древесины поверхность плит обрабатывают смесью пигмента или кузбаслака со скипидаром и затем покрывают масляным лаком. При имитации текстуры древесины применяют смесь битумного лака и скипидара в соотношении 1:10—1:6, получая светлые или темные тона.

Гипсокартонные листы отделывают также полимерной пленкой или обоями с различными цветами и рисунками на лицевой поверхности, а также специальной декоративной бумагой с последующим покрытием ее прозрачным лаком.

При изучении эстетических характеристик материалов и изделий на основе минеральных вяжущих учитывают возможные дефекты их внешнего вида: искривление лицевой поверхности, трещины, отбитости, посторонние включения, выцветы, пятна и др. Например, при оценке внешнего вида бетонных и железобетонных материалов на их лицевой поверхности устанавливают размеры (диаметр, глубину) раковин, местных наплывов (высоту) и впадин (глубину), сколов (глубину и длину на 1 м ребра), ширину раскрытия усадочных и других поверхностных трещин. Для материалов с отделанной по-

верхностью определяют соответствие отделки утвержденному эталону. Оценка внешнего вида облицовочных плит, ступеней, накладных проступей, плит для полов и подоконников, лестничных маршей и площадок проводят с учетом количества раковин допустимых размеров на лицевых поверхностях. На основе результатов оценки, а также вида и способа возможной последующей отделки материалов были установлены восемь категорий бетонных поверхностей, условно обозначенных индексами от А1 до А8.

При оценке эстетических характеристик декоративных бетонов и растворов учитывают, что на лицевой поверхности не допускаются выцветы и высолы, пятна (в том числе масляные), полосы от цементного молока и местные наплывы, видимые с расстояния 10 м, трещины около ребер по периметру глубиной более 10 мм и общей длиной более 20 см на 1 м. На гладкой лицевой поверхности не допускаются раковины с линейными размерами более 10 мм и глубиной более 3 мм. Допускается не более трех раковин меньших размеров на 1 м лицевой поверхности. Отклонение выступающих граней декоративного заполнителя по отношению к грани соседних зерен не должно превышать 5 мм на базовой длине замера 200 мм.

На лицевой поверхности силикатного кирпича не допускаются трещины, дефекты от непогашенной

извести, ограничиваются другие возможные дефекты. Для оценки цвета и интенсивности окраски образцы силикатного кирпича и образцы-эталон укладывают на щит из древесины размером 1×1 м, установленный вертикально. Щит должен прямо освещаться дневным светом на открытом воздухе.

Внешний вид материалов на основе минеральных вяжущих оценивают визуально и с помощью микроскопов, увеличительных стекол, металлических измерительных инструментов, приспособлений, шаблонов и трафаретов.

8.5. Области применения

Широкое применение искусственных каменных материалов на основе минеральных вяжущих — конструкционных, конструкционно-отделочных, отделочных — обуславливается наличием значительных запасов сравнительно дешевых сырьевых материалов; возможностью удовлетворять разнообразным требованиям всех видов строительства, в том числе при создании разнообразных форм, вариантов отделки лицевой поверхности; конструкционной совместимостью с другими материалами; сравнительной простотой, низкой энергоемкостью, возможностью механизации и автоматизации процесса производства; сравнительно низкой себестоимостью материалов и их эксплуатационными характеристиками.

Эти причины объясняют массовое применение бетона и железобетона в современной архитектурно-строительной практике для несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений. При этом возрастающая популярность легких бетонов по сравнению с тяжелыми связана с возможностью уменьшить толщину наружных стен в 1,5 раза и более, уменьшить общий тоннаж перевозимых и монтируемых материалов, сократить трудоемкость монтажа конструкций примерно в 2 раза, укрупнить сборные элементы зданий, изготавливаемых в заводских условиях.

Из железобетона изготавливаются элементы каркаса зданий, сборных конструкций (панели, блоки и др.), монолитных и сборно-монолитных конструкций.

Элементы жесткого каркаса рамного типа с фахверковым заполнением стен использованы в домах, построенных еще в начале XX в. по проектам Ф. Шехтеля, А. Лолейта, А. Кузнецова и др. Железобетонные изделия (колонны, панели, ригели и др.) применяются для каркасов различных типов, например связевого (Институт хирургии им. А. В. Вишневского в Москве). Сравнительно крупные ячейки каркаса (12×12 м) применены при строительстве Волжского автозавода.

Железобетонные панели используются и для бескаркасных зданий различных типов, разных композиционных и пластических решений, как, например, 16–22-этаж-

ные жилые дома в районе Тропарево в Москве и др.

Большое количество одно- и двухэтажных жилых домов, а также общественных зданий высотой 9 и более этажей построено в различных странах из объемных железобетонных блоков. В зависимости от типа конструкции здания эти блоки применяют в сочетании с элементами каркаса, вантовыми и другими конструкциями. Железобетонные блоки размером $9,8 \times 3,9 \times 2,7$ м использованы при строительстве 21-этажной гостиницы в Сан-Антонио, США, 24-этажный корпус пансионата «Ставрополье» в Сочи также построен из объемных блоков.

Формообразующие возможности железобетона хорошо проявляются при строительстве монолитных сооружений. Их пластическая выразительность не вызывает сомнений. Яркие примеры использования монолитного железобетона — Останкинская телебашня, спортивные сооружения Олимпиады-80 в Москве, многоэтажные жилые дома во многих странах мира (рис. 110, 111).

Различные конструктивные системы из железобетона используются для строительства сборно-монолитных зданий. Оригинальные сборно-монолитные здания высотой 50 этажей в Сиднее и Монреале (архит. П. Л. Нерви), 70-этажный небоскреб «Лейк Пойнт» (архит. Д. Шипорейт) и 80-этажный «Вулф Пойнт» в Чикаго и другие здания с несущими наружными

стенами, с подвесными перекрытиями и этажами.

Разнообразные пространственные покрытия из железобетона — оболочки (призматические, цилиндрические, торовые, купола, полугие, коноиды, гиперблоиды) и висячие покрытия — позволяют архитектору создавать сооружения, практически не имеющие ограничений по форме. Среди характерных примеров складчатое покрытие конференц-зала ЮНЕСКО в Париже площадью 3300 м^2 , покрытия в виде ребристого купола рынка в Лейпциге, волнистого купола рынка в Руайане (Франция) и гладкого купола с опорной чашей цирка в Казани, покрытия аэровокзала в Борисполе, плавательного бассейна в Гамбурге, певческой трибуны в Таллине, плавательного бассейна, спортивной арены Олимпийского комплекса в Токио, покрытия из оболочек типа гиперболического параболоида в Мехико и др. (рис. 112—116).

Формообразующие возможности железобетона используются архитекторами при создании оригинального пластического решения фасадов и интерьеров зданий (рис. 117—120).

С эксплуатационно-технической и особенно экономической точек зрения в целом ряде случаев рационально применять и другие материалы на основе минеральных вяжущих — строительные растворы, силикатные, асбестоцементные, гипсовые, минеральные краски.

С эстетической точки зрения восприятие искусственных каменных

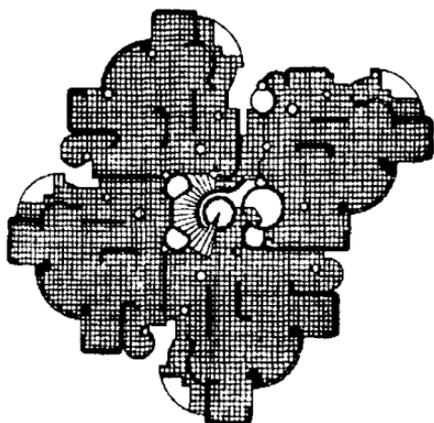
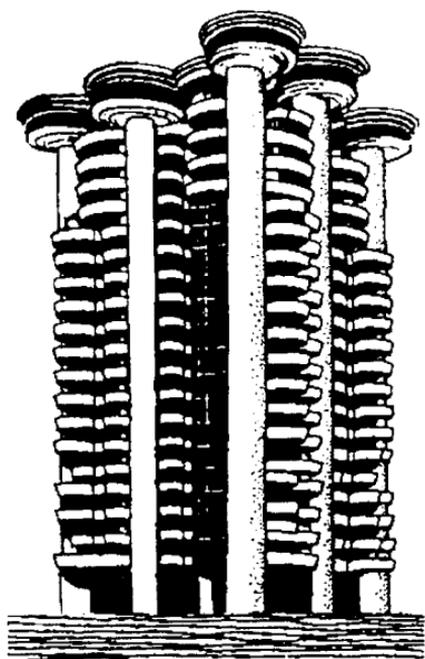


Рис. 110. Многоэтажный жилой дом
«Белые башни» из монолитного
железобетона в Мадриде.
Архит. Д. Фульяондо, Ф. де Онса

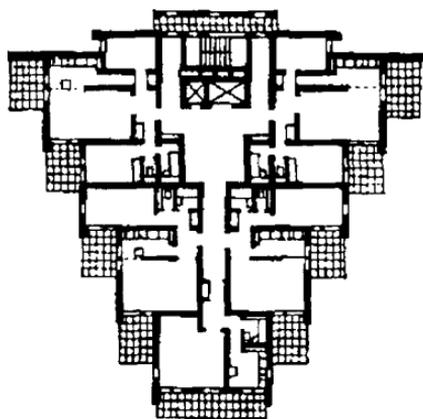
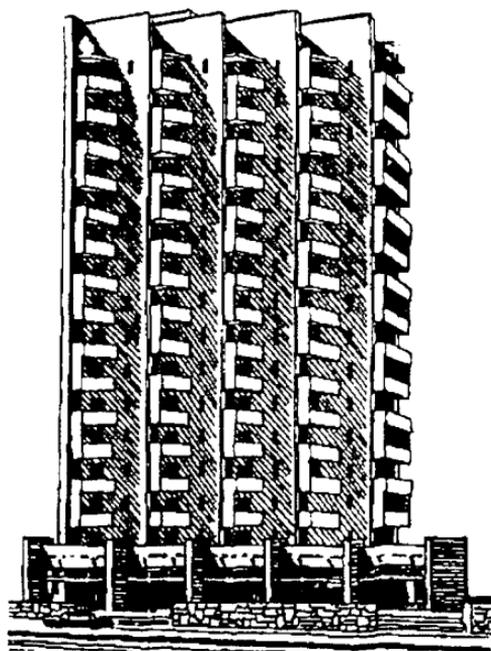


Рис. 111. Многоэтажный жилой дом из монолитного
железобетона в Баку.
Архит. А. Белоконь, Е. Сулимова

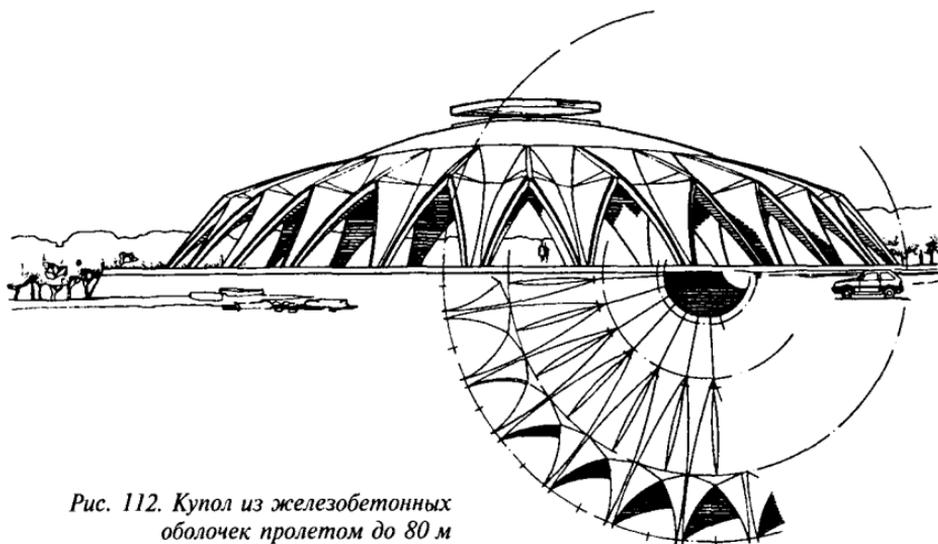


Рис. 112. Купол из железобетонных оболочек пролетом до 80 м

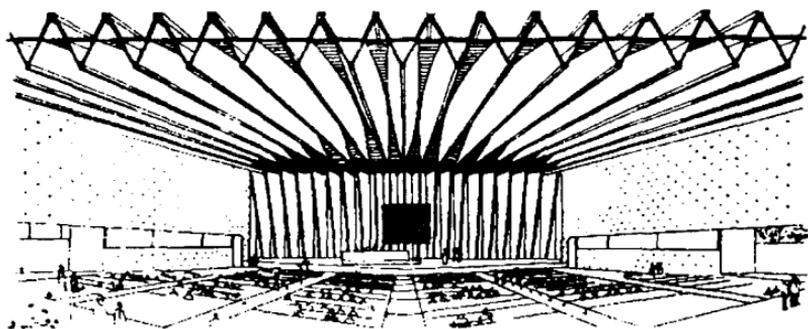


Рис. 113. Складчатое покрытие из железобетонных элементов конференц-зала ЮНЕСКО в Париже. Архит. П. Нерви, М. Брейер, Б. Зерфюсе

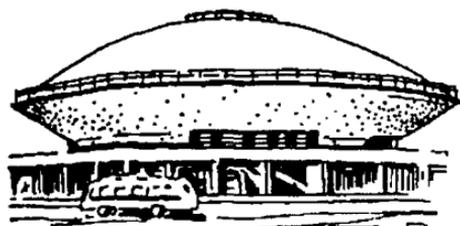


Рис. 114. Гладкий железобетонный купол с опорной чашей цирка в Казани.
Архит. Г. Пичуев

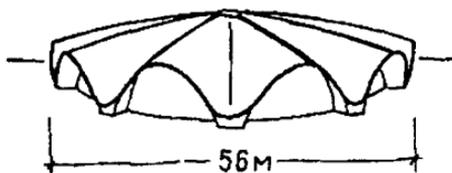


Рис. 115. Волнообразный купол крытого рынка в Руайане, Франция

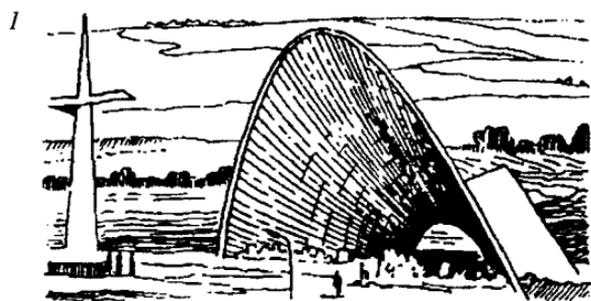


Рис. 116. Покрытия из оболочек типа гиперболического параболоида в Мехико. Архит. Ф. Кандела
1 – часовня; 2, 3 – ресторан



Рис. 117. Формообразующие возможности железобетона – фрагмент кафедрального собора из параболических арок-колонн в Бразилиа. Архит. О. Нимейер

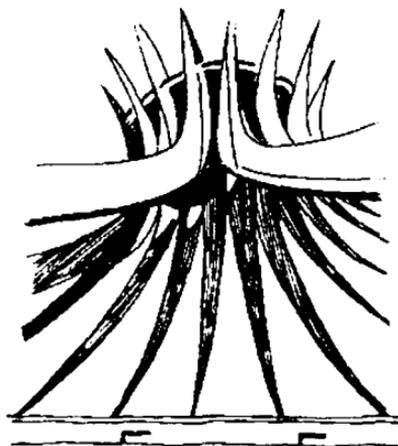
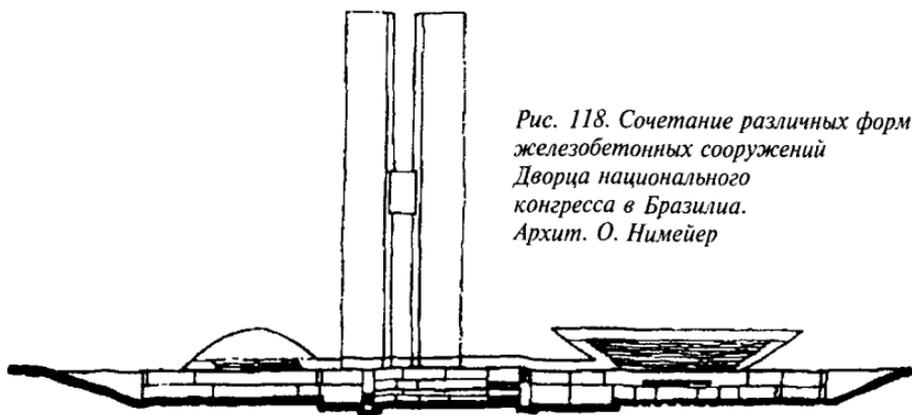
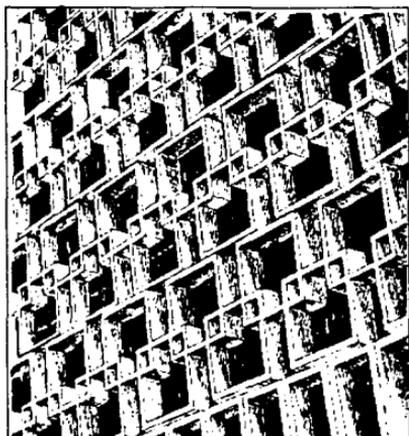
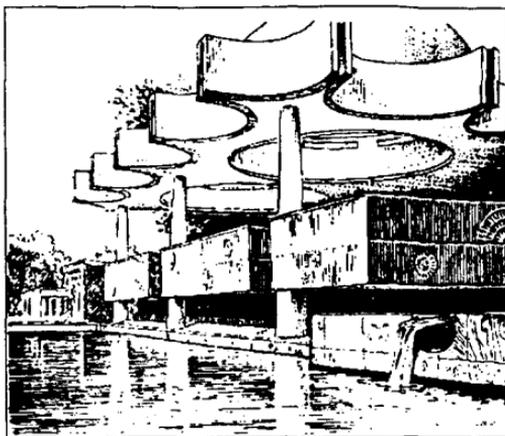


Рис. 118. Сочетание различных форм железобетонных сооружений Дворца национального конгресса в Бразилиа. Архит. О. Нимейер





*Рис. 119. Фрагмент фасада
гостиницы в Ташкенте
(по В. Ясиевичу)*



*Рис. 120. Чайхана в Ташкенте
(по В. Ясиевичу)*

материалов, и прежде всего бетона и железобетона, связано, как правило, с визуальным ощущением «каменности», тяжести.

Экологическая чистота рассматриваемых материалов не будет вы-

зывать сомнений, если заполнители из горных пород перед их использованием будут исследованы для определения количественного содержания природных радионуклидов.

Глава 9. МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ

9.1. Определение, краткие исторические сведения

Искусственные полимеры — высокомолекулярные соединения (молекулы из нескольких тысяч или сотен тысяч атомов, построенных путем многократного повторения одинаковых групп или звеньев одинаковой структуры), полученные человеком из природных веществ в процессе оригинальных реакций.

Природные полимеры — сложные смеси высокомолекулярных углеводов и их неметаллических производных. Для производства строительных материалов (как правило, специального назначения) используют битумы, дегти.

Материалы на основе полимеров — твердые, пластично-вязкие (мастики) или жидкотекучие (лаки, краски) составы, в которых, кроме полимеров, содержится еще ряд

компонентов, влияющих на их свойства. Полимерные композиции способны в процессе формования принимать требуемую форму и сохранять ее после снятия формующих нагрузок. Учитывая эту способность, материалы на основе полимеров называют также пластическими массами.

Первые искусственные полимеры, в том числе фенолформальдегид, были получены во второй половине XIX в. С 1907 г. на их основе в США было освоено промышленное производство пластмасс, и уже в 1916 г. в больших объемах производилась первая пластмасса горячего формования — бакелит.

Первые дома из пластмасс появились в конце 20-х — начале 30-х гг. XX в. в США (рис. 121). «Винилайт-хаус», представленный на Чикагской выставке 1933 г., имел панели из поливинилхлорида толщиной 5 см, размером 240×70 см и полы из поливинилхлоридных плит. Для здания конторы фирмы «Васко» использовали трехслойные панели из полиметилметакрилата и пенопласта.

Заметный количественный и качественный рост производства пластмасс отмечается с 1935 г., когда был изобретен самый прочный материал на основе полимеров — стеклопластик. С 1945 г. строительные пластмассы все чаще применяют для внутренней отделки зданий и для ограждающих конструкций.

В отечественной архитектурно-строительной практике вопросами применения материалов на основе полимеров занимались архитекто-

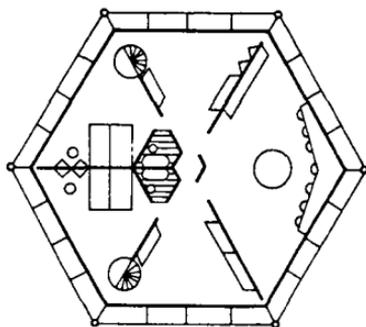
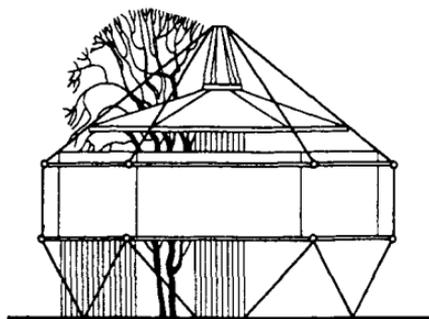


Рис. 121. Один из первых домов из пластмасс «Дай Мекин Хаус». 1927 г. США. Архит. Б. Фугер

ры А. Буров, Б. Иофан, В. Мунц, А. Криппа и др.

В середине 50-х гг. XX в. в США, Японии, Великобритании, Франции, Швейцарии освоен выпуск каркасных зданий с панелями из пластмассы. Формообразующие возможности последней были показаны при строительстве «Дома-улитки» из стеклопластика во Франции и «Дома будущего» в США (рис. 122, 123). В Париже было построено многоэтажное административное здание с наружными стенами из стеклопластика, в США — бескаркасные дома с несущими стенами из пластмассы.

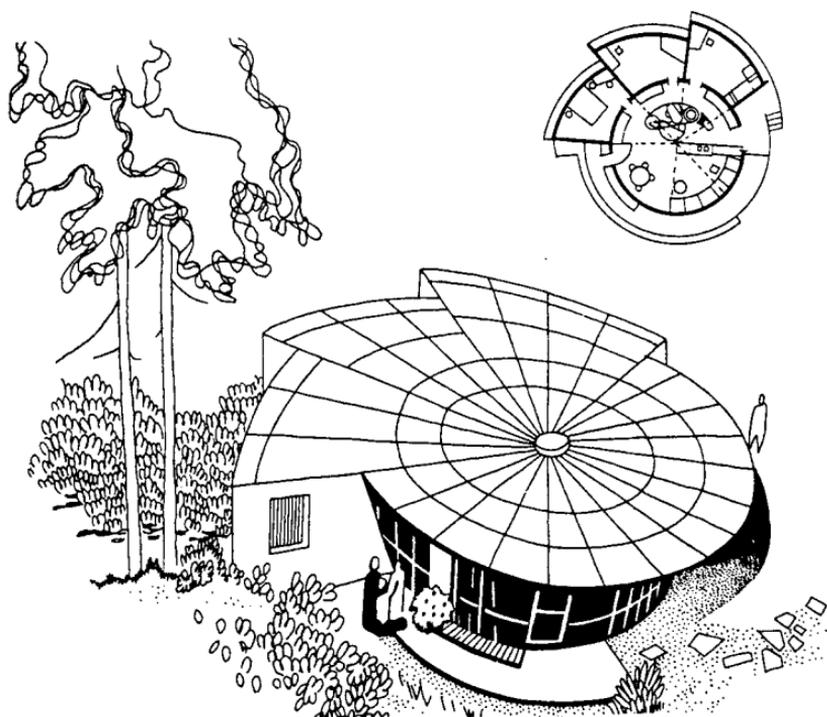


Рис. 122. «Дом-улитка» из стеклопластика. 1956 г. Франция. Архит. И. Шейн

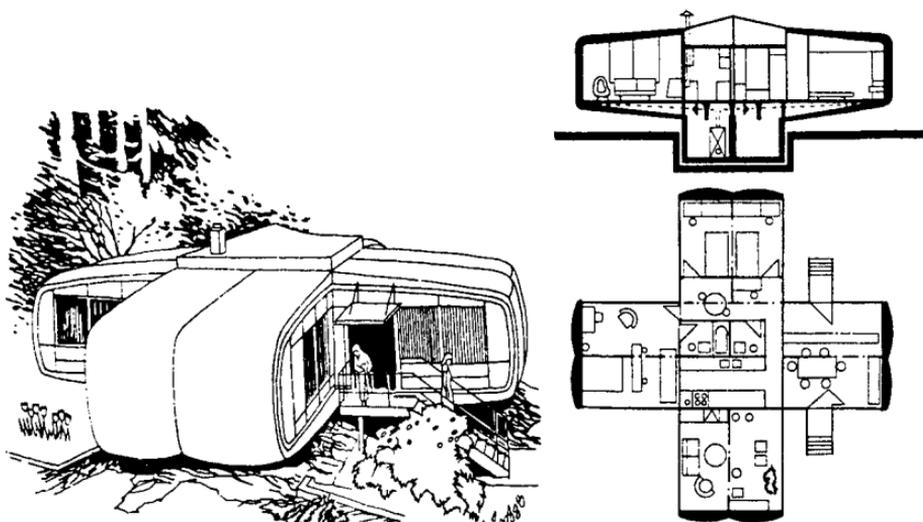


Рис. 123. «Дом будущего». 1957 г. США. Архит. Г. Дитц и др.

9.2. Основы производства

Сырье. Основные сырьевые компоненты для производства пластмасс — полимеры, пластификаторы, наполнители, катализаторы, стабилизаторы, красители.

В зависимости от способа получения *искусственные (синтетические) полимеры* разделяют на две группы: полимеризационные и поликонденсационные.

При реакции *полимеризации* происходит процесс соединения молекул низкомолекулярного вещества — мономера — без изменения его химического состава и выделения побочных продуктов. Приведем краткую характеристику некоторых полимеризационных полимеров, часто используемых для получения строительных пластмасс.

Поливинилхлорид получают различными методами из ацетилена и хлористого водорода. Из-за высокого содержания хлора полимер не воспламеняется и не горит. Однако при температуре 130–170 °С поливинилхлорид разлагается с выделением хлористого водорода. Это один из самых популярных полимеров для производства различных материалов.

Полистирол образуется в результате дегидрирования этилбензола в присутствии водяного пара. Полимер отличается высокой светопрозрачностью — до 90%, хрупок, может разрушаться при действии некоторых органических растворителей.

Полиэтилен производят на основе газа этилена, он имеет линейное строение молекул, отличается сравнительно высокой коррозионной стойкостью, прочностью, но обладает низкой теплостойкостью (80 °С).

Полиакрилаты представляют собой полимеры акриловой, метакриловой кислот и их производных. Эти полимеры светопрозрачны и способны пропускать ультрафиолетовые лучи. Полиметилметакрилат (органическое стекло) по светопрозрачности (свыше 90%) превосходит силикатные стекла.

Синтетические каучуки получают полимеризацией различных углеводородов. Такие полимеры состоят из гибких макромолекул, обладают эластичностью. Их прочность и теплостойкость повышают вулканизацией.

При реакции *поликонденсации* образуются высокомолекулярные соединения с выделением побочных продуктов. Например, при поликонденсации фенола и формальдегида получают фенолформальдегидная смола и вода. Химический состав таких полимеров отличается от исходных продуктов. Для производства материалов широко применяют, в частности, следующие поликонденсационные полимеры.

Фенолальдегидные производят при поликонденсации фенолов с альдегидами, они достаточно водостойки и прочны.

Карбамидно- и меламинаформальдегидные получают в результате ответствующей реакции аминов

с альдегидами. Эти полимеры отличаются тепло- и светостойкостью.

Полиэфиры образуются при взаимодействии двух основных кислот, их ангидридов или эфиров с многоатомными спиртами.

Полиуретаны получают в процессе реакций с участием полиэфиров, многоатомных спиртов. Они характеризуются сравнительно высокой химической стойкостью и прочностью.

Эпоксидные полимеры отличаются высокие коррозиестойчивость, прочность, незначительная усадка.

Кремнийорганические полимеры содержат в макромолекулах атомы кремния. Они обладают высокой теплостойкостью (более 400 °С), водо- и морозостойкостью, гидрофобностью. Но механическая прочность этих полимеров невысока.

Пластификаторы повышают гибкость и эластичность полимеров и тем самым облегчают условия их переработки. Их вводят в количестве 5–40% по массе полимера, в зависимости от его состава и свойств.

Наполнители вводят для повышения теплостойкости, прочности, твердости, уменьшения усадочных деформаций, улучшения других эксплуатационно-технических свойств пластмасс. Применяют волокнистые (стеклянные, асбестовые, синтетические), листовые (древесный шпон, бумага, фольга), порошкообразные (древесная мука, тонкомолотые мел, известняк, тальк и др.) наполнители, а также ткани (асбестовые, стеклоткани, хлопчатобумажные).

Катализаторы ускоряют процесс отверждения полимеров и образования их структуры.

Стабилизаторы способствуют сохранению свойств пластмасс в процессе эксплуатации. Используют, в частности, термо- и светостабилизаторы, снижающие скорость окисления полимеров.

Красители используют для объемного окрашивания пластмасс. Применяют минеральные или органические пигменты, синтетические окрашивающие составы.

Кроме перечисленных сырьевых компонентов, при производстве газонаполненных пластмасс используют порообразователи.

Основы технологии. Основные технологические операции при производстве полимерных материалов — дозировка, перемешивание, формование, отделка лицевой поверхности.

Формообразование пластмасс осуществляется разнообразными способами. Основные из них — экструзионный, литье под давлением, вакуумформование, каландрирование, прессование (рис. 124).

Экструзионный способ формования пластмасс осуществляется, как правило, с помощью шнековых экструзионных машин, куда смесь сырьевых компонентов подается в порошкообразном или гранулированном виде. Под действием нагревателей масса размягчается и выдавливается через экструзионную головку. Таким способом формуют длинномерные (погонажные) профилированные и рулонные материалы.

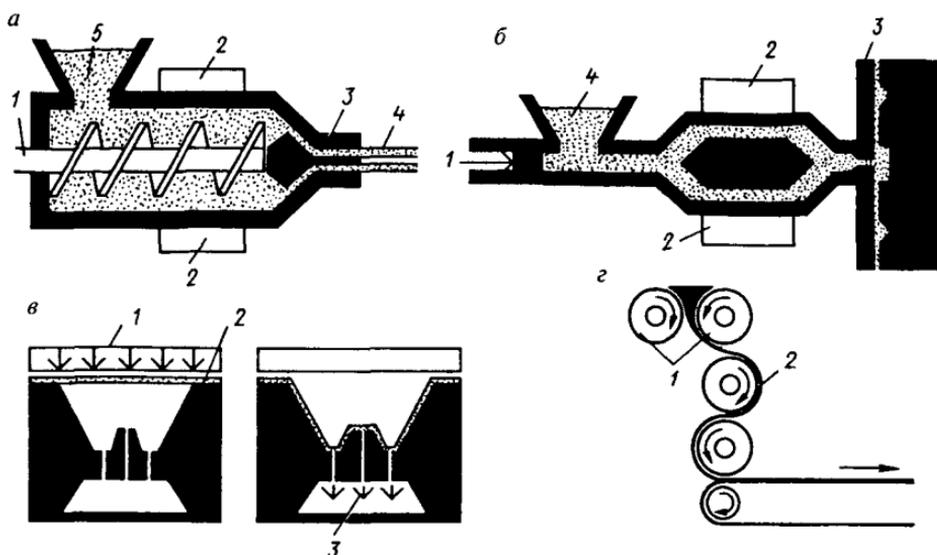


Рис. 124. Принципиальные схемы ряда способов формования материалов из пластмасс

а — экструзия: 1 — шнек; 2 — нагреватель; 3 — формующее устройство; 4 — материал; 5 — пластмасса; *б* — литье под давлением: 1 — плунжер; 2 — нагреватель; 3 — форма из стали; 4 — пластмасса; *в* — вакуум-формование: 1 — нагреватель; 2 — лист пластмассы; 3 — вакуум; *г* — каландрирование: 1 — вальцы; 2 — пластмасса

Прессование производят с помощью гидравлических прессов. При этом сырьевая смесь разогревается. Таким способом формуют материалы с большим количеством наполнителя.

Литье под давлением осуществляется путем разогревания сырьевой смеси до жидкотекучего состояния в литьевых машинах и впрыскивания ее под давлением через сопло в форму. После охлаждения и затвердевания пластмассы форму раскрывают.

Вакуум-формование производят в специальных формах. Листовая заготовка при действии теплоты от нагревателей размягчается. После

создания вакуума в форме лист пластмассы приобретает конфигурацию, соответствующую форме. Таким образом формуют сравнительно тонкие листовые и плитные материалы.

Каландрирование (вальцевание) предполагает прохождение полимерной смеси через зазоры между каландрами (валками). Таким способом формуют рулонные и пленочные материалы.

Отделка лицевой поверхности пластмасс выполняется различными способами, среди которых окрашивание (объемное и поверхностное), печатание, тиснение, аппликация, декалькомания, металлизация.

На практике в основном применяют объемное окрашивание и печатание на лицевой поверхности тонких рулонных материалов (пленок). Большое количество современных строительных пластмасс имеет после формования лицевую поверхность, готовую к применению.

При выборе способа отделки обязательно учитывают адгезионную способность поверхности, стойкость к различным химическим реагентам, влагопроницаемость, термостойкость и другие физико-химические свойства пластмасс. В большей мере качество отделки определяется качеством подготовки поверхности материала. Механические, физические и химические методы подготовки поверхности связаны главным образом с ее обезжириванием, приданием ей шероховатости, химическим модифицированием, нанесением адгезионных подслоев.

Адгезионная способность поверхности пластмасс после соответствующей подготовки к отделке оценивается различными методами, в том числе путем измерения краевого угла капли дистиллированной воды, нанесенной на поверхность; измерения угла наклона поверхности, при котором с нее начинает скатываться капля дистиллированной воды, а также измерением натяжения смачивания. В последнем случае фиксируют время (1 мин), в течение которого тонкий слой индикаторной жидкости на поверхности пластмассы

не должен собираться в капли. Для испытаний используют набор индикаторных жидкостей, например, на основе смеси третичного бутилового спирта и дистиллированной воды, с известным поверхностным натяжением.

Следует отметить прогрессирующее развитие отделки пленочных пластмасс способом *печати*. Из-за ряда свойств пластмасс не все способы печати в равной степени пригодны. Способ высокой (типографской) печати позволяет получать чистый и четкий оттиск рисунка. Но длительность высыхания используемых высоковязких красок приводит к тому, что этот способ печати почти не применяется. Разновидность высокой печати — флексографская основывается на применении маловязких быстросохнущих красок на летучих растворителях, но при этом заметно ухудшается четкость оттиска рисунка.

Принцип офсетной печати связан со смачиванием печатной формы увлажняющим раствором и накатыванием жирной краски, которая при этом избирательно задерживается на несмачиваемых (печатных) элементах. С печатной формы красочный оттиск переходит на эластичный резиновый цилиндр, а с него — на запечатываемый материал. Преимущество такого способа печати — возможность получать мягкие и плавные переходы тонов рисунка при сравнительно высокой скорости.

Целесообразно отметить высокое качество печати, которое достигается

при четырехкрасочном методе печати триадными красками (желтой, пурпурной, голубой).

Хорошим воспроизведением различных изображений отличается глубокая печать, основанная на применении цилиндра со специальными печатающими ячейками. Рядом преимуществ обладает способ трафаретной печати, который заключается в продавливании краски посредством ракеля на материал через трафарет, служащий печатной формой. Этот способ отличаются простота конструкции, высокое качество изображения (возможность получения красочной пленки толщиной до 70 мкм), экономичность.

При отделке *тиснением* рисунков получают путем переноса оттиска с металлизированного или пигментированного слоя специальной пленки под давлением горячего штампа. Различают глубокий оттиск — запечатываются углубленные места рисунка, образуемые в результате вдавливания рельефной поверхности металлического штампа; плоский оттиск — тиснение гладкой эластичной поверхностью резинового штампа; рельефный оттиск — при контакте гладкой поверхности эластичной пластины с рельефной поверхностью материала. Преимущество этого способа — возможность применения высокопроизводительного оборудования, четкость рисунка и его разнообразие.

Интерес представляет *аппликация* — нанесение на поверхность отделываемого материала накладных элементов различных составов (бумага, полимерная пленка, ткань и др.). Такие элементы отделки наносятся на поверхность готового материала или закрепляются на изделии в процессе его формования. Соответственно различают накладную или заформованную аппликацию. В последнем случае отделка материала отличается более высокими эксплуатационными характеристиками. Но по сравнению с накладной аппликацией технологический процесс заформования рисунка более сложен.

При *декалькомании*, в отличие от прямого запечатывания, изображение наносят предварительно на специальную подложку, а затем переводят на поверхность материала одним из трех способов — мокрым, сухим или термическим. Соответственно в качестве материалов для подложки используются загрунтованная клеевым слоем бумага, полимерная пленка, целлофан, металлическая фольга и др. С помощью декалькомании можно наносить рисунок на отделочные материалы весьма сложной формы и фактуры. К недостатку декалькомании относится сложность механизации этого процесса.

При *металлизации* поверхности пластмасс (нанесении тонкого слоя металла) она приобретает отражательную способность, большую твердость и абразивостойкость.

Химическая металлизация основана на осаждении тонких слоев металла на поверхности материала при восстановлении из растворов солей или в газовой среде. При обработке материала таким способом учитывают, что покрытия в виде сплошной металлической оболочки толщиной около 100 мкм вызывают напряжения сжатия полимерного материала. Качество получаемого покрытия весьма низкое, а процесс металлизации происходит длительное время.

Химико-гальваническая металлизация основана на наращивании электролитическим путем на электропроводящем подслое материала слоя металла. В этом случае для получения покрытия высокого качества применяют полимерные материалы с определенной механической прочностью.

Металлизация напылением в вакууме связана с испарением нагреваемых металлов и конденсации их паров на поверхности материала. Не все пластмассы в равной степени пригодны для металлизации напылением в вакууме. Пластификаторы или растворители, содержащиеся в материале, испаряются при создании вакуума и препятствуют адгезии металла. Наиболее пригодны для металлизации в вакууме пластмассы на основе полиметилметакрилата и полистирола.

Металлизация пневмораспылением заключается в покрытии поверхности полимерного материала тонким слоем металла путем рас-

пыления его в расплавленном виде с помощью сжатого воздуха. Рисунок может быть получен при изоляции поверхности трафаретным экраном. Толщина металлопокрытия 20 мкм и более. Фактура получается матовой, для получения блеска проводят дополнительную обработку.

Металлическое покрытие получают также кратковременным погружением материала в псевдооживленный слой дисперсного металла, нагретого до температуры, превышающей температуру плавления полимера. При этом частицы диспергированного и разогретого металла внедряются в поверхностный слой материала. Адгезию металлопокрытия к поверхности материала увеличивают путем предварительной ее обработки известными методами активирования (физическими или химическими).

9.3. Номенклатура

Различают рулонные, погонажные, листовые и плитные, монолитные, мастичные и жидкотекучие (лакокрасочные) материалы на основе полимеров. Кроме того, выделяют материалы специального назначения — кровельные и гидроизоляционные, гидроизолирующие, теплоизоляционные.

К **рулонным** материалам относят линолеумы, ковровые, пленки, обои, кровельные и гидроизоляционные (на основе битумов и дегтей).

Линолеумы — плотные рулонные материалы толщиной 2–6 мм для покрытия полов. Длина рулона не менее 12 м, ширина до 6 м. Линолеумы выпускают без подосновы, а также на тканевой, войлочной, синтетической подосновах, одно- и многослойными. В массовом количестве выпускают поливинилхлоридные линолеумы.

Линолеумы поливинилхлоридные одно- и многослойные — основные материалы, изготавливаемые экструзионным или вальцовокаландровым способом из смеси, составляемой на основе поливинилхлоридного полимера с наполнителем, пластификатором и красителем.

Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе — материал из смеси, составленной на основе поливинилхлоридного полимера с наполнителями, пластификатором и красителем, наносимыми на тканевую подоснову промазным способом с полимеризацией в процессе тепловой обработки.

Линолеум поливинилхлоридный на теплозвукоизоляционной подоснове — двухслойный материал, состоящий из поливинилхлоридного верхнего слоя и синтетического или войлочного неткановолокнистого (иглопробивного) либо вспененного синтетического — нижнего.

Линолеумы применяют для покрытия полов общественных, жилых и некоторых промышленных зданий (без существенных механических воздействий).

Вместе с тем название «линолеум» имеет отношение к рулонному материалу не на основе искусственных полимеров, а на основе натурального сырья — льняного масла, живицы, пробки, древесной и известняковой муки. Эти сырьевые компоненты используют, например, на предприятиях в Германии при выпуске «классического» линолеума, весьма привлекательного с экологической точки зрения.

Синтетические ковровые материалы, как правило, превосходят линолеумы с эстетической точки зрения. Их изготавливают на подоснове, обычно из поливинилхлорида, полиуретана, вспененного латекса. Верхний слой ковров представляет собой тканые и нетканые покрытия из синтетического волокна. Длина ковровых материалов в рулонах 6–50 м, ширина от 0,7 м.

Ворсолин состоит из петельного ворса (смеси синтетических и хлопчатобумажных волокон) высотой 4 мм, закрепленного на слое поливинилхлоридной пасты, нанесенной на поливинилхлоридную пленку. Применяется для покрытия полов в помещениях общественных зданий.

Ворсонит — одно- или двухслойный материал, изготавливаемый путем пропитки холстов (из полиэфиров, полиамидов и других полимеров) жидким связующим, термообработки и отделки.

Ковровое ворсовое покрытие на *вспененной латексной подоснове* производят путем нанесения на

специальную синтетическую ворсовую ткань латексной пены, превращающейся в процессе вулканизации в губчатую резину толщиной 4 мм. Применяется для покрытия несгораемых оснований полов в гостиницах, библиотеках, театрах, ресторанах, детских садах и помещениях других общественных и жилых зданий с повышенными требованиями к акустическому и тепло-техническому комфорту.

Тафтинговые ворсовые ковровые покрытия изготавливают из ворсовых текстурированных нитей на вспененной латексной подоснове или без нее. Материал используют для покрытий полов общественных зданий — библиотек, комнат отдыха и др.

Пленки изготавливают из поливинилхлорида, полиэтилена и других полимеров.

Пленки из пластифицированного поливинилхлорида выпускают безосновные, на бумажной и тканевой основах. Безосновные поливинилхлоридные пленки выпускают шириной 50—75 см, толщиной 0,1—0,2 мм и др. На тыльную сторону пленки может быть нанесен невысыхающий клеевой слой, защищенный специальной, легко удаляемой перед применением бумагой. Безосновные пленки служат для отделки стен, встроенной мебели, дверных полотен, а также для лицевых поверхностей листовых и плитных облицовочных материалов (ДВП, ДСП, гипсокартонных и асбестоцементных

листов и др.). Пленки на бумажной и тканевой основах изготавливают промазным способом путем нанесения пасты на соответствующую основу. Поливинилхлоридный пленочный слой может быть микропористым (вспененным), утолщенным, с тиснением поверхности или без него. Пленки на тканевой основе (разновидность таких пленок называют искусственной кожей) применяют в производстве мебели, для высококачественной акустической отделки стен, устройства раздвижных перегородок.

Пленку поливинилхлорида толщиной около 0,2 мм используют также в качестве гидроизоляционного материала. Для повышения ее долговечности в состав пластмассы вводят стабилизатор, защищают ее от действия солнечного света.

Полиэтиленовую пленку, выпускаемую в рулонах длиной не менее 40 м, шириной до 1,4 м, толщиной 0,1—0,2 мм, относят к гидроизоляционным материалам. Она отличается незначительной массой, эластичностью, стойкостью к загниванию. Однако такая пленка склонна к старению, ее желательно защищать от действия солнечного света. В ряде случаев используют пленку с высокой светопрозрачностью при строительстве теплиц, оранжерей, соляриев и т. п.

Определенный интерес представляют армированные пленки — с тканью из прочных полимерных волокон. Такие пленки сравнительно долговечны и могут

использоваться для покрытий значительных площадей.

Обои влагостойкие (моющиеся) выпускают на бумажной подоснове, используя для лицевого слоя синтетические лаки, эмульсии полимеров, слюды, пластификаторы, кислоты и специальный клей. Длина обоев в рулоне обычно 7–12 м, ширина 50–75 см и др.

Кровельные и гидроизоляционные рулонные материалы на основе битумов и дегтей широко применяются в современном строительстве.

Пергамин — кровельный картон, пропитанный нефтяными битумами, используемый для нижних слоев многослойных мягких кровель и для пароизоляции. Ширина рулона материала обычно 0,75 м, площадь до 20 м².

Рубероид получают путем пропитки кровельного картона мягкими нефтяными битумами и последующего нанесения на одну или обе стороны тугоплавкого битума. Верхний слой имеет минеральную посыпку, повышающую стабильность свойств материала при воздействии различных климатических факторов. Ширина полотна рулона рубероида 0,75–1,025 м, площадь 10–20 м², масса рулона 22–27 кг.

Стеклорубероид изготавливают двухсторонним нанесением битумного (битумно-полимерного, битумно-резинового) вяжущего на стекловолокнистый холст, который является, в отличие от кровельного картона, биостойкой основой. Ма-

териал в рулоне имеет ширину до 1 м и площадь около 10 м².

Фольгорубероид — алюминиевая фольга различной толщины, покрытая с обеих сторон битумной мастикой.

Фольгоизол получают из рифленной или гладкой алюминиевой фольги, покрывая ее нижний слой битумно-резиновым составом. Лицевая сторона материала может быть покрыта атмосферостойким лаком. Ширина рулона фольгоизола 1 м, длина 10 м.

Гидроизол изготавливают путем пропитки асбестового картона нефтяным окисленным битумом.

Стеклоизол — стеклохолст, покрытый с двух сторон битумно-резиновым составом.

Изол — бесосновный рулонный материал, получаемый при прокатке битумно-резиновой смеси, состоящей из девулканизированной резины, нефтяного битума, минерального наполнителя, антисептика и пластификатора. Ширина рулона изола 0,8 и 1 м, толщина материала 2 мм, общая площадь полотна 10–15 м².

Гидробутил также бесосновный материал на основе бутилкаучука, отличающийся эластичностью в широком диапазоне температур от –60 до +120 °С.

Толя изготавливают путем пропитки и покрытия кровельного картона дегтями с последующей посыпкой песком или минеральной крошкой. Качество толя заметно ниже, чем у кровельных и гидроизоля-

ционных материалов, перечисленных выше.

К рассматриваемой группе относятся и *рулонные наплавляемые материалы*, отличающиеся повышенной индустриальной готовностью. При изготовлении в заводских условиях на них наносят дополнительный битумный или битумно-каучуковый слой. В результате при использовании материала не требуется битумных мастик и других вяжущих — склеивание плотниц с основанием и между собой происходит после расплавления или разжижения упомянутого слоя. К таким материалам относятся *наплавляемый рубероид, экарбит* (кровельный картон, пропитанный нефтяными битумами с покровными слоями из битума, бутилкаучука, индустриального масла и наполнителя), *армобитэп* (стеклоткань, стеклосетка или стеклохолст, пропитанные нефтяными битумами или битумно-каучуковой смесью с покровным слоем из этой же смеси и мелкозернистой посыпки), *монобитэп* (на основе полиэтиленовой пленки, покрытой с обеих сторон пропитанной мягким нефтяным битумом сульфатной бумагой и с покровным слоем из битумно-полимерной смеси с антисептиком и наполнителем в количестве 1–3 кг/м²), *фольгобитэп* (тонкая рифленая фольга с аналогичными покровными слоями), *эластобит* (безосновный материал из битумно-полимерной композиции с повышенным содержа-

нием эластомерных добавок, ширина рулона 0,8 и 1 м, толщина материала 4–20 мм и др.

Следует подчеркнуть, что синтетические полимеры, резиновые компоненты, антисептики и минеральные наполнители улучшают эксплуатационно-технические свойства и повышают долговечность кровельных и гидроизоляционных битумных материалов.

Погонажные материалы — изготавливаемые методом экструзии цветные длинномерные, гибкие, эластичные, полужесткие и жесткие элементы различного назначения, имеющие постоянный по всей длине профиль поперечного сечения. Они отличаются достаточной эластичностью, теплостойкостью, малой горючестью, химической стойкостью, водонепроницаемостью, нетоксичностью, гигиеничностью, удобной функциональной формой.

Применяют их внутри помещений для обработки стыков, швов и угловых соединений элементов облицовки и для монтажа скрытой проводки в жилых, общественных зданиях.

Среди *погонажных поливинилхлоридных материалов* — раскладки для крепления листовых и рулонных отделочных материалов, рейки стеновые, вспомогательные профили для крепления наличников, нащельники, планки солнцезащитных жалюзи, плинтусы, порожки, уголки для обработки стыков облицовочных материалов, накладки для защиты выступающих углов,

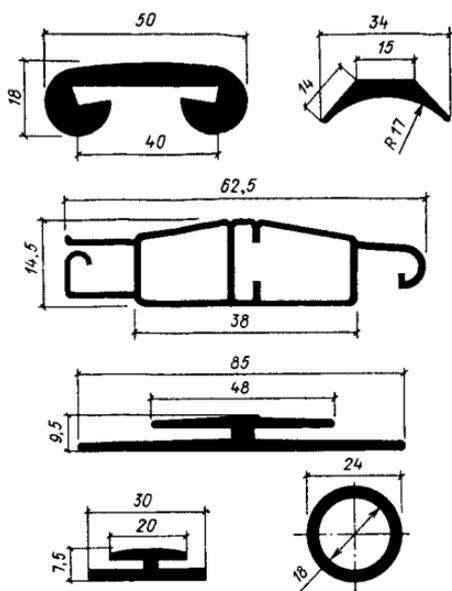


Рис. 125. Профили погонажных полимерных материалов

торцевые раскладки для дверных полотен и встроенного оборудования, поручни, прокладки для стеклопакетов и др. (рис. 125).

К погонажным герметикам — материалам, обеспечивающим влаго- и воздухопроницаемость стыковых сопряжении конструкций и деталей, — относятся пористые или пустотелые элементы. Их изготавливают в виде жгутов различного сечения из резиновых смесей (поризол, гернит и др.).

Листовые и плитные материалы на основе полимеров применяются в качестве конструкционных, конструкционно-отделочных, отделочных, теплоизоляционных и, реже, кровельных.

Стеклопластики, используемые в основном в виде листов различного профиля, представляют собой пластмассы, армированные стекловолокнистыми наполнителями.

Применяют плоские и волнистые листы из стеклопластика для устройства светопрозрачной кровли промышленных зданий, теплиц, оранжерей, обшивок трехслойных светопрозрачных и глухих панелей для ограждений и покрытий. Из стеклопластика изготавливали также оболочки и купола, оконные и дверные блоки, санитарно-технические материалы, малые архитектурные формы.

Листовые полиэфирные стеклопластики выпускают с наполнителем из рубленого стекловолокна длиной 40–50 мм.

Стеклотекстолиты получают путем полимерной пропитки стеклоткани и последующей обработки.

Стекловолокнистый анизотропный материал (СВАМ) производят, склеивая стеклошпон с параллельным распределением волокон и прессуя на гидравлических прессах при повышенной температуре.

Декоративные бумажно-слоистые пластики представляют собой листы из нескольких слоев специальной бумаги, пропитанной полимерами и подвергнутой горячему прессованию. Для внутренних слоев материала применяют крафт-бумагу, для лицевых — декоративную. Такие пластики выпускают трех марок — А, Б и В. Пластики марок А и Б обладают повышенной износостой-

пользоваться в горячем виде (битумно-полимерные).

Лакокрасочные материалы на основе полимеров широко используют в современном строительстве.

Лаки содержат два основных компонента — полимер и летучий растворитель, а также специальные добавки, улучшающие качество материала. Полимеры являются связующими (пленкообразующими) компонентами.

Синтетические (смоляные) лаки на основе мочевиноформальдегидного и полиэфирного полимеров используют для покрытия паркетных полов, отделки фанеры, древесностружечных плит, столярных изделий. Применение перхлорвинилового лака позволяет защищать материал от коррозии. Алкидный лак используют для покрытия древесины, цветных металлов.

Масляно-смоляные лаки выпускают для наружных работ и покрытий древесных материалов в интерьерах.

Нитролаки получают, растворяя производные целлюлозы в органических растворителях. Состав быстро высыхает и образует пленку коричневого или желтого цвета (этилцеллюлозный лак бесцветен). Эти лаки обычно используют для покрытия древесных материалов.

Спиртовые лаки — растворы полимеров в спирте — отличаются коричневым или желтым цветом. Их применяют для покрытия древесных, металлических и стеклянных материалов.

Битумные лаки — коллоидные растворы битумов в летучих растворителях. Пленка битумных лаков черного цвета. Они служат для антикоррозионного покрытия металлических материалов.

Битумно-масляные лаки по составу аналогичны битумным, но с добавкой растительного масла, улучшающего эксплуатационные характеристики материала при наружной отделке металлических поверхностей.

Краски состоят из растворов полимеров, пигментов и добавок (растворители, наполнители), улучшающих эксплуатационно-технические свойства. Можно выделить прежде всего водоразбавляемые и водонеразбавляемые краски (в жидко-текучем состоянии). К водоразбавляемым краскам относятся акрилатные, бутадиенстирольные, поливинилацетатные, смешанные (полимерцементные и др.). Водонеразбавляемые краски — масляные, эмалевые, летуче-смоляные (каучуковые и др.). В зависимости от условий эксплуатации краски делят на несколько групп: 1 — атмосферостойкие, 2 — ограниченно атмосферостойкие, 3 — консервационные, 4 — водостойкие, 5–9 — специальные, в том числе маслобензостойкие, термостойкие.

Поливинилацетатные краски — водные пластифицированные дисперсии поливинилацетата с пигментом — используют для окраски материалов на основе минеральных вяжущих, из древесины.

Акрилатные краски применяют преимущественно для отделки фасадов, а также влажных помещений, *бутадиенстирольную краску* — для отделки внутри зданий.

Полимерцементные краски изготовляют на основе водной дисперсии полимера с пигментом, белого портландцемента и наполнителя. Эти составы применяют для окраски материалов из бетона и керамики.

Эмалевые краски — перхлорвиниловые, эпоксидные, кремнийорганические, битумные — используют преимущественно для наружных малярных работ, а также для отделки материалов в помещениях. Эти краски представляют собой композицию из лака, пигмента и других составляющих, их пленка часто отличается блеском.

Масляные краски представляют собой смесь олифы, пигментов и наполнителей. Олифы — священные вещества, различают олифы натуральные (получаемые специальной обработкой растительных масел), полунатуральные (изготавливаемые путем растворения уплотненного масла в летучем органическом растворителе) и синтетические (глифталевые, пентафталевые и др.).

Применяя масляные краски, учитывают вид олифы. Краски на натуральной олифе используют для особо ответственных малярных работ — окраски стальных конструкций мостов, гидросооружений, а также для окраски оконных деревянных переплетов.

Каучуковые краски представляют собой дисперсию хлоркаучука в летучем растворителе с пигментом. Они отличаются высокой водостойкостью. Применяют их для защиты от коррозии металлических и бетонных материалов. Пленка краски обладает высокой эластичностью и не разрушается при деформации конструкций.

9.4. Свойства

Эксплуатационно-технические свойства материалов на основе полимеров непосредственно связаны с их структурой, составом и могут регулироваться в широких пределах.

Средняя плотность пенопластов 20–200 кг/м³, аналогичный показатель у стеклопластиков до 2000 кг/м³ и более.

Свойства пластмасс *при действии воды* (гигроскопичность, водопоглощение, водопроницаемость) определяются характером пористости материала и степенью его гидрофильности. Водопоглощение плотных гидрофобных пластмасс 0,1–0,5%, высокопористых с гидрофильными наполнителями — 30–90%.

Теплостойкость материалов на основе полимеров выражается температурой, при которой под действием определенной заданной нагрузки деформация образца пластмассы достигает известного значения. Большинство пластмасс можно эксплуатировать при температуре не выше 100 °С, но материалы на

основе кремнийорганических полимеров служат при температуре до 400 °С.

При определении теплостойкости по Мартенсу стандартный образец пластмассы размером 120×15×10 мм при постепенном нагревании подвергают действию изгибающего усилия 5 МПа. Теплостойкость пластмасс по методу Вика определяют путем вдавливания в испытуемый образец цилиндрического наконечника под действием постоянной нагрузки.

Пенопласты обладают самой низкой теплопроводностью по сравнению с другими материалами. Их коэффициент теплопроводности (0,028–0,04) приближается к соответствующей величине у воздуха (рис. 127).

Огнестойкость полимерных материалов оценивают известными методами огневой трубы или калориметрии: те материалы, которые при нагревании до 750 °С не горят, имеют потерю массы после испытания менее 10% и не выделяют горючих газов в количестве, достаточном для воспламенения, считают несгораемыми. Большинство пластмасс относится к сгораемым материалам. Их огнестойкость повышают добавлением антипиренов и минеральных наполнителей.

Ряд пластмасс обладает сравнительно невысокой прочностью, но пределы прочности при сжатии, изгибе и растяжении стеклопластиков могут превышать соответственно 400, 1000 и 900 МПа,

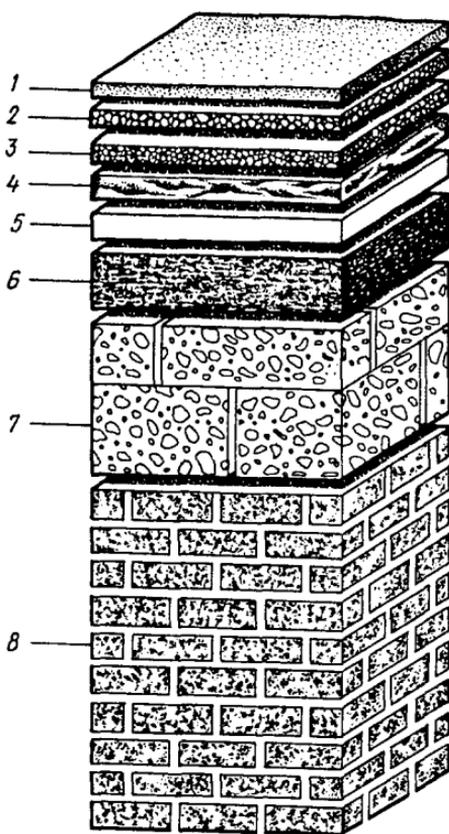


Рис. 127. Слои различных материалов толщиной, необходимой для обеспечения одинаковой степени теплоизоляции

1 – пенополиуретан – 25 мм; 2 – пенополистирол – 40 мм; 3 – минеральная вата – 45 мм; 4 – пробка – 50 мм; 5 – ДВП – 65 мм; 6 – ДСП – 140 мм; 7 – легкий бетон – 380 мм; 8 – кирпич керамический полнотелый – 860 мм

т. е. быть выше, чем у материалов из стали. В результате один из важных показателей материалов, особенно для современного индустриального строительства, – коэффициент конструктивного качества (отношение предела прочности

материала к его средней плотности) у стеклопластика весьма высок.

Твердость пластмасс, как правило, ограничена и не находится в прямой зависимости от прочности, как, например, у металлических материалов. Этот важный показатель для листовых материалов определяют по Бринеллю — оценивают способность пластмассы сопротивляться проникновению стального шарика диаметром $5 \pm 0,1$ мм при определенной нагрузке в течение 1 мин.

Твердость рулонных, плиточных и мастичных материалов на основе полимеров для покрытия полов часто определяют на приборах ТШМ-2 и ПВ-2. Приборы позволяют измерить деформацию материала при вдавливании стального шарика (ТШМ-2) или индентора цилиндрической формы с плоским концом площадью 1 см^2 (ПВ-2). При определении твердости на приборе ТШМ-2 размер образцов должен позволить провести измерения в трех точках, расположенных на расстоянии 10 мм одна от другой и от краев; на приборе ПВ-2 размер образца 50×50 мм.

Истираемость ряда пластмасс, несмотря на пониженную твердость, сравнительно низкая. Так, если истираемость материалов из твердых горных пород в пределах $0,01 - 0,1 \text{ г/см}^2$, то истираемость безосновного поливинилхлоридного линолеума $0,035 - 0,05$, полимерцементных покрытий полов $0,3 - 0,4 \text{ г/см}^2$.

Деформативность пластмасс характеризуется склонностью к ползучести — необратимым деформациям при длительном действии нагрузок. При нормальной температуре модуль упругости пластмасс значительно меньше, чем у многих других материалов. С повышением температуры ползучесть пластмасс резко возрастает. Указанный недостаток ограничивает применение пластмасс в качестве конструкционного материала.

Многие материалы на основе полимеров при действии растягивающих нагрузок способны к значительному относительному удлинению без нарушения целостности структуры. Это характерно для рулонных гидро- и герметизирующих материалов, их относительное удлинение может достигать 20% (пороизол), 100% (бутилкаучук) и 300% (пленки).

Эксплуатационно-технические свойства лакокрасочных материалов на основе полимеров в *жидкотекучем* состоянии характеризуются главным образом вязкостью, укывистостью, скоростью высыхания.

Вязкость красок и лаков относится к реологическим свойствам и непосредственно связана со структурой материала. Этот показатель в большей мере влияет на технологию малярных работ. В соответствии с современными стандартами условная вязкость боль-

шинства красок и лаков определяется по скорости истечения определенного объема материала через калиброванное сопло определенного диаметра при известной температуре (обычно 20 °С).

Для соответствующих испытаний большинства красок используют вискозиметр ВЗ-4 — цилиндрический сосуд (пластмассовый или дюралевый) емкостью $100 \pm 0,5$ мл, переходящий в полый конус.

Укрывистость красочных составов связана с разностью показателей преломления среды и пигмента и зависит от комплекса факторов, в том числе от оптических свойств пигмента, его дисперсности, химического состава и цвета связующего (пленкообразующего).

Укрывистость определяется визуальным методом с помощью стеклянной пластины с тремя полосами (две полосы нанесены черной и одна белой краской) или «шахматной доски» (с черными и белыми квадратами), инструментальным или инструментально-математическим методами. Сущность визуального метода связана с нанесением определенным образом на стеклянную пластину с цветными полосами или на «шахматную доску» испытуемой краски до тех пор, пока полосы или квадраты будут не видны. От массы пластины с непрозрачным слоем краски вычитают массу предварительно взвешенной пластмассы без упомяну-

того слоя. Укрывистость измеряется в $г/м^2$.

Степень высыхания лакокрасочных покрытий связана с комплексом физико-химических факторов, определяющих структуру и составные поверхности материалов с течением времени. Современные стандарты предусматривают определенные степени высыхания по специальной шкале. Этот метод связан с измерением способности лакокрасочного покрытия удерживать на своей поверхности инородные тела через определенное время после начала высыхания.

Указанные свойства лакокрасочных полимерных материалов в жидкотекучем состоянии зависят от вида полимера, состава и многих других факторов. Вязкость их 20–80 с, укрывистость 60–200 $г/м^2$ и более. Скорость высыхания некоторых эмалевых красок 0,5–2 ч, полимерцементных 1–2 ч, масляных 20–24 ч.

Свойства лакокрасочного покрытия *после высыхания* характеризуются, в частности, степенью адгезии (прочностью сцепления с отделяемой поверхностью), твердостью, прочностью при изгибе (изгибают металлическую пластину с лакокрасочным покрытием).

Большое значение имеет долговечность лакокрасочного покрытия. Срок службы при наружной отделке в городских условиях часто весьма ограничен — у масляных красок 3–5, полимерцементных 8–10 лет.

Эстетические характеристики пластмасс весьма разнообразны. Они могут обладать практически неограниченной цветовой гаммой, включающей самые насыщенные тона. Лицевая поверхность может быть одноцветной или полихромной, цвет часто сочетается с блеском. Например, по степени блеска лакокрасочных полимерных покрытий, измеренной на блескомере, выделяют пять категорий фактур: высокоглянцевые (блеск выше 60%), глянцевые (59–40%), полуглянцевые (39–25%), полуматовые (24–10%), матовые (9–3%), глубокоматовые (менее 3%).

Эстетические характеристики связаны со структурой, составом и функциональным назначением пластмасс. Так, в многослойных поливинилхлоридных линолеумах верхний слой — ненаполненная поливинилхлоридная прозрачная пленка толщиной около 0,6 мм, на тыльную сторону которой методом многоцветной печати нанесен рисунок, а нижний более толстый слой — пленка из высоконаполненного поливинилхлорида. Обе пленки, изготовленные методом экструзии, сдублированы (соединены друг с другом) на специальных каландрах. Цветной рисунок просвечивает через верхнюю износостойкую пленку, которая защищает его от истирания. Лицевой слой релина (резинового линолеума) толщиной 0,8–1 мм получают одноцветным или многоцветным.

Из отходов линолеума можно изготавливать плитки различной формы.

Ковровые материалы могут быть однотонными или иметь многоцветный рисунок. Рельефная поверхность ковров создается сочетанием ворса различной высоты, комбинаций разрезного и петельного ворса (в одном материале), тиснением и другими способами. Из иглопробивных и других ковров производят прямоугольные и фигурные плитки.

Поливинилхлоридные пленки и обои могут быть одноцветными и полихромными, с различным рисунком, гладкими и тисненными.

Листы декоративного бумажно-слоистого пластика изготавливаются одноцветными и многоцветными с односторонней и двухсторонней лицевой отделкой, с гладкой глянцевой или матовой, зернистой фактурой, с любым рисунком.

На поверхности листового стеклопластика может быть отчетливо видно расположение наполнителя — хаотичное или ориентированное. По аналогии с природным камнем как бы выявляется «текстура» пластмасс. Разнообразны цвет и рельефный рисунок у полистирольных листов (панелей) и плиток.

Пластмассы предоставляют возможность имитации фактуры и рисунка любого материала, в том числе природного камня или древесины. Но поиски эстетических характеристик должны исходить из структуры и свойств пластмассы

как сравнительно нового искусственного материала.

Учитывая разнообразные эстетические характеристики пластмасс их сочетают в отделке с другими отделочными материалами, например с металлическими.

Качество отделки пластмасс оценивают визуально, обращая внимание на возможные дефекты лицевой поверхности, а также с помощью измерительных инструментов и специальных приспособлений. При отделке печатанием возможны непропечатки в отдельных местах оттиска, нечеткое изображение или пятна на пробельных местах, затекание краски по контуру элементов оттиска, полосы краски, отпаривание краски, несовмещение красок на оттиске. Необходима определенная степень адгезии оттиска с поверхностью. Отделка тиснением предполагает четкость краев изображения, достаточную адгезию переводной фольги. Возможные дефекты аппликации — отслаивание, вздутия, заусенцы, растекание краски. Качество металлопокрытий связано с величиной адгезии к поверхности пластмассы. Возможные дефекты — местные потери блеска, просветы, пробелы, трещины, бугры, неровности.

Внешний вид пластмасс изучают с учетом цветоустойчивости отделки, равномерности окраски и светлоты. Соответствующие измерения основываются на определении координат цвета образцов-эталонов

и испытуемых образцов. При оценке цветоустойчивости устанавливают цветовые различия между образцами до и после светового облучения, при оценке равномерности окраски — между различными участками материала или изделия. Светлоту пластмасс характеризуют коэффициентом отражения. Для указанных определений используют компараторы цвета.

При оценке внешнего вида полимерных лакокрасочных покрытий после сравнительно длительной эксплуатации в атмосферных условиях фиксируют следующие возможные виды разрушений: потерю блеска, изменение цвета, белесоватость (появление белого налета), бронировку (появление побелости на поверхности), загрязнение, меление (образование на поверхности пигментированного покрытия свободных частиц пигмента), выветривание (износ слоя покрытия вплоть до обнаружения грунта или подложки), растрескивание, отслаивание, пузыри, сыпь. В зависимости от внешнего вида лакокрасочного покрытия определяют его устойчивость при эксплуатации в атмосферных условиях по пятибалльной шкале: 5 — высший балл, 1 — низший балл.

Изучение эстетических характеристик конструкционно-отделочных и отделочных материалов на основе полимеров предусматривает учет их размеров и возможных дефектов внешнего вида (табл. 15).

Таблица 15

| Материал | Возможные характерные дефекты |
|--|---|
| Пластик бумажно-слоистый декоративный ДБСП | Отслаивания, трещины, вздутия, вмятины, загрязнения |
| Панели поливинилхлоридные декоративные «Полидекор» и полистирольные «Полиформ» | Непараллельность кромок, кривизна, заусенцы |
| Плитки облицовочные полистирольные и декоративные «Превинил» | Неплоскостность лицевой поверхности, трещины, вздутия, наплывы, царапины, посторонние включения |
| Линолеумы | Непараллельность кромок, раковины, бугры, вмятины, пятна, царапины, наплывы, складки, пузыри |
| Пленки поливинилхлоридные декоративные | Непараллельность кромок, разрывы, проколы, складки, загрязнения |

Оценку возможных дефектов внешнего вида и размеров материалов на основе полимеров проводят визуально и с помощью измерительных инструментов.

9.5. Области применения

Строительные пластмассы в качестве конструкционных и конструкционно-отделочных материалов применяются для основных типов конструкций: линейно-плоскостных, стеновых панелей, жестких пространственных покрытий, пневматических сооружений.

Два слоя стеклопластика и пенополиуретан использованы для коробчатых панелей перекрытия жилого дома «ФГ-2000», построенного в 1968 г. в Германии. Длина панелей 9,2 м, ширина 1,25 м.

Ограждающие конструкции малозэтажных зданий — основная область применения пластмассовых па-

нелей. Из них можно строить и бескаркасные здания. При этом прочность конструкции обеспечивается внутренним каркасом самих панелей, как, например, в трехслойных панелях жилого дома «Пети Шато» в Италии. Рельефная пластика панелей использована в экспериментальном жилом доме в Германии (архит. Д. Шмидт), где их волнистый рельеф обеспечил жесткость стеклопластиковых обшивок. Панели пространственного типа (складчатые, многогранные, оболочковые, мембранные) могут быть значительных размеров: так, стеклопластиковые панели здания склада в Великобритании имеют пролет 15 м. Объемную многогранную форму японскому павильону химии на «ЭКСПО-70» придали полупрозрачные панели с профилированными ребрами. На этой же выставке для павильона промышленности Италии были выполнены стеклопластиковые панели-мембра-

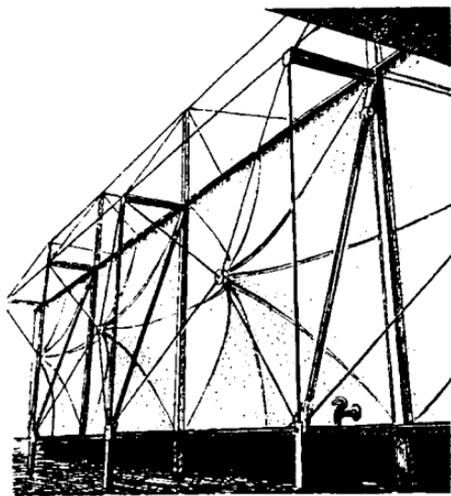


Рис. 128. Фрагмент фасада павильона промышленности Италии на Всемирной выставке «ЭКСПО-70» в Осаке, Япония.
Архит. Р. Пиано

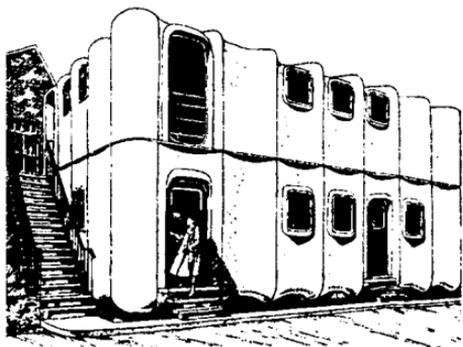


Рис. 129. Административное здание из пластмасс в Бирмингеме, Великобритания (по Д. Айраетову, С. Заварихину, М. Макотинскому)

ны, предварительно напряженные системой тросов (рис. 128).

Стремление применить строительные пластмассы для жестких пространственных покрытий связано с возможностью свести к минимуму массу конструкции. Пластмассовые складчатые покрытия плавательных бассейнов в Великобритании имеют пролеты от 7 до 30,2 м. Покрытия с волнистым профилем использованы фирмой «Бакелит» при строительстве двухэтажного административного здания размером в плане 11,5×17,2 м и высотой 5,8 м (рис. 129). Ромбовидные элементы для сборно-разборных сводов предложены архит. Р. Пиано (Италия), а седловидные (1,2×1,2 м и толщиной 3 мм) — М. Вильямом и Д. Орром (США).

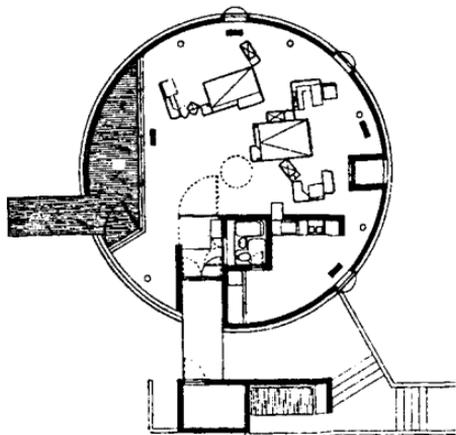
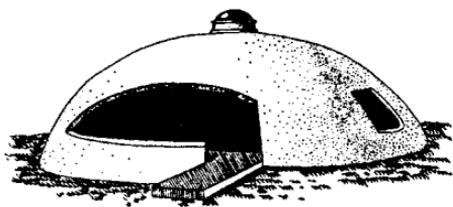


Рис. 130. Общий вид и план жилого пенопластового дома-купола диаметром 12 м. Япония.
Архит. М. Курокава

Крупнейший пластиковый купол павильона на Ганноверской выставке смонтирован из 40 сегментных элементов. Известны примеры изготовления покрытий из пенопластов, причем сравнительно больших размеров, например диаметром 12 м (рис. 130).

Лотковые элементы шириной от 0,3 до 2,1 м из стеклопластиковых обшивок и пенополивинилхлорида толщиной 70 мм применялись для жилых домов в США. Полиэфирный стеклопластик с пенополистирольным утеплителем толщиной 25 мм использован для воронкообразных элементов (размером 4,8×4,8 м) покрытия школы в Лос-Анджелесе и (размером 19,4×19,4 м) покрытия аэровокзала в Дибаве (рис. 131). Из аналогичных элементов других профилей и размеров сделаны покрытия рынка во Фресне (пригороде Парижа), павильона Национальной выставки в Лозанне и др. Пространственность, малая толщина ограждающих поверхностей, замкнутость контура — характерные черты сооружений из пластмассовых блок-оболочек с разнообразными геометрическими характеристиками (рис. 132). Горизонтально-цилиндрическая форма стеклопластиковых оболочек использована для жилого дома «Диоген», демонстрировавшегося на выставке в Ганновере (рис. 133), сочетания прямоугольных и треугольных панелей применены в пластмассовых домах системы «Корнет»,

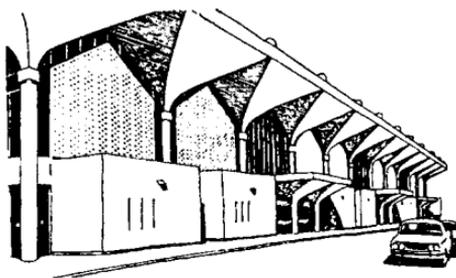


Рис. 131. Фрагмент фасада аэропорта с покрытием из пластмассовых воронкообразных элементов в Дибаве, Оман

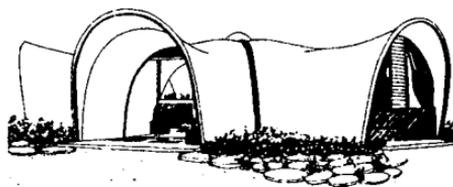


Рис. 132. Жилой дом из гиперболических пластмассовых элементов. Мексика. Архит. Х. Инфанте

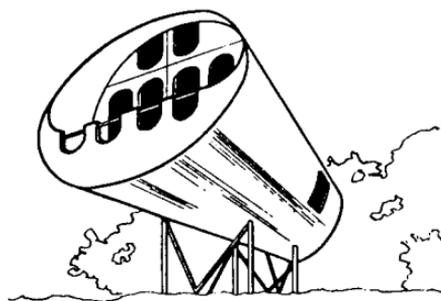


Рис. 133. Жилой дом «Диоген». Германия. Архит. Ф. Дютлер

многогранники — в системе «ДО» (Германия) и др. (рис. 134—136).

Рулонные материалы из синтетических тканей с полимерными покрытиями применяют для пневма-

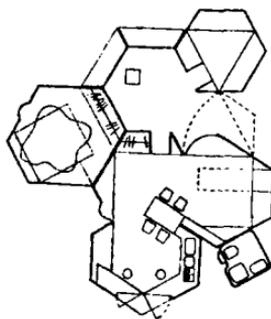
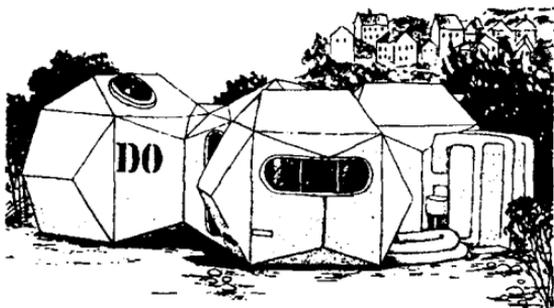


Рис. 135. Жилые дома из пластмассовых многогранников системы «ДО». Германия. Архит. Ж. Венталон, А. Склелер

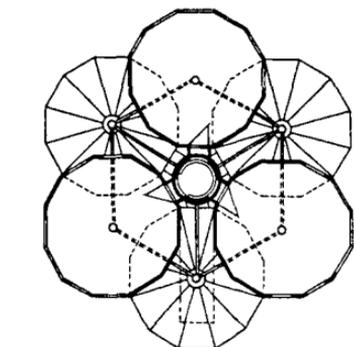
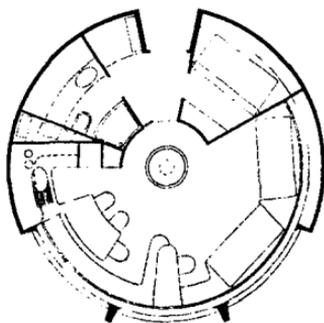
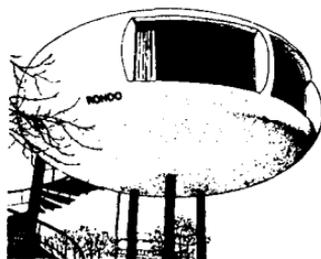
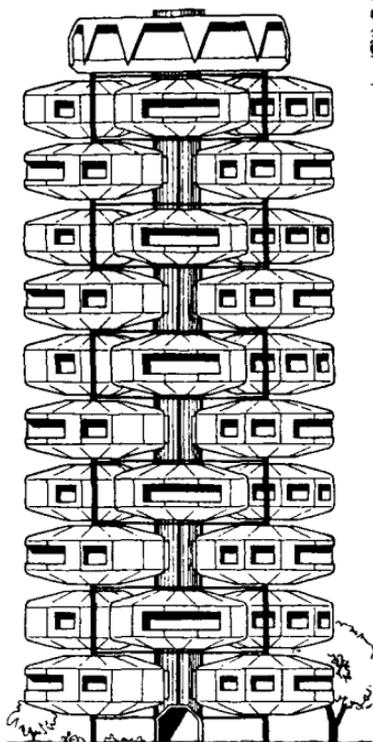


Рис. 134. Фасад и план дома из пластмассовых объемных блоков системы «Корнет». Германия. Архит. Г. Грисхабер

Рис. 136. Общий вид и план мобильного жилого дома «Рондо» из пластмассы. Швейцария. Архит. К. Казани

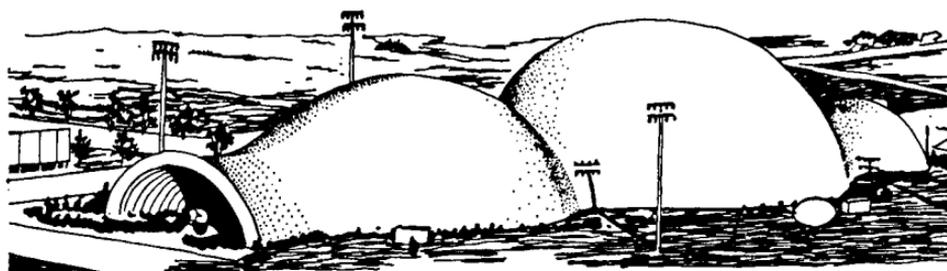


Рис. 137. Павильоны передвижной выставки из двухслойной воздухоопорной оболочки. США. Архит. Ф. Ланди

тических сооружений. Волокна для тканей получают из различных полимеров: полипропилена, полиэфигов (дакрон, терилен, лавсан и др.), поливинилспиртовых (куралон, виол и др.), полиакрилонитрильных (орлон, нитрон и др.), полиамидных (найлон, капрон, дедерон и др.). Применяют полимерные покрытия в виде пасты или пленок из синтетических каучуков или пластифицированного ПВХ. Полимерные оболочки применялись для воздухоопорных (подача воздуха под оболочку) и воздуходнесомых (подача воздуха в несущие конструкции стержневого типа) сооружений (рис. 137). Сферическая оболочка спортивного зала в Форссе, Финляндия, диаметром 73 м и цилиндрическая оболочка ледового катка в Анегасаки, Япония, пролетом 53 м — примеры сравнительно крупных сооружений. Для увеличения их размеров использовались стальные тросы: павильон США на «ЭКСПО-70» эллиптического плана с осями 84×142 м, покрытие площади в 1 га под Парижем и др.

Представляет интерес проект интернациональной бригады архитекторов и инженеров (автор идеи и руководитель проф. Ф. Отто из Германии) двухслойного сферического купола из прозрачной пленки с подкрепляющими канатами из высокопрочного полиэфирного волокна. Под воздухоопорным куполом диаметром 2 км и высотой 240 м для жителей Арктики можно создать искусственный климат.

Интересной областью применения армированных пленок явились шатровые покрытия, представляющие собой несущие конструкции из свободно висящих мембран. Один из таких шатров перекрывает старую улицу в центре Вуппертала, Германия. Возведение этого «городского шатра» вызвано стремлением оживить торговлю в центральном квартале города, которая все больше перемещается на окраины, в районы крупных жилых массивов. Светопрозрачный шатер, перекрывающий всю улицу, изготовлен из плотной сетевидной ткани, покрытой с двух сторон по-

ливинилхлоридной пленкой. Ткань выполнена из прочных синтетических волокон (диолен). Жесткость этого восьмипролетного шатрового покрытия осуществляется натяжением параболически выгнутых тросов, обеспечивающих устойчивость полотен к ветровым нагрузкам. Высокая светопрозрачность материала, достигающая 75%, сочетается с достаточной огнестойкостью, прочностью на растяжение и разрыв, эластичностью при разных колебаниях температуры.

Весьма многочисленны примеры применения в современной архитектурно-строительной практике отделочных материалов на основе полимеров: рулонных, листовых и плиточных, монолитных, погодонажных.

Пленки для внутренней отделки использовали в Чехии, Словакии, Польше, Болгарии, США, Франции и других странах. В Германии различные фирмы выпускают пленки поливинилхлоридные, в том числе из жесткого непластифицированного поливинилхлорида, полиэтиленовые, полиэфирные, меламиновые. Декоративные пленки из мягкого поливинилхлорида устойчивы к истиранию, не царапаются, не подвержены действию влаги, трудно загораются и технологичны при использовании. Достоинства материала — повышенная стойкость к старению, отсутствие отслаивания или пузырения. Оригинальны пленки для обогрева больших поверхностей, состоя-

щие из среднего электропроводящего слоя и двух наружных слоев из терморезистивной пластмассы. Нагревательные пленки выпускают различного цвета, они отличаются хорошей износостойкостью, электрически полностью изолированы, химически стойки. Пленки на основе ПВХ изготавливают разной толщины, причем пленки толщиной более 1 мм используются преимущественно для помещений с высокой влажностью. Пленки меньшей толщины выпускают, как правило, на бумажной основе, причем прочность сцепления полимерного состава и бумаги очень высока.

Для покрытия полов в зданиях различного функционального назначения широко применяют линолеумы и ковровые покрытия. При выборе соответствующих материалов многие архитекторы и дизайнеры считают, что полы, особенно в коридоре и холлах, должны быть спокойного цвета и рисунка, нескользкие, эластичные, не требующие трудоемкого ухода. Светлые тона полов повышают их отражательную способность и непосредственно влияют на освещенность помещения. Увеличение коэффициента отражения цвета полов на 20% повышает освещенность всего помещения на 15%, например, при замене коричневого или синего цвета пола с коэффициентом отражения 10% на светло-бежевый или голубой цвет с коэффициентом отражения 30%.

Следы и пятна меньше видны на полах с рисунком, чем на однотонных, поэтому рекомендуется для полов из линолеума подбирать мраморовидные или крапчатые фактуры не слишком темные или цветные. Установлено, что загрязнение меньше всего видно на полах средней светлоты с коэффициентом отражения 20—40%. Практика также показала, что на полах теплого тона (красновато-желтых и др.) пятна не так заметны, как на покрытиях холодных тонов (например, голубых той же светлоты).

В спортивных зданиях и сооружениях часто используют специальные покрытия на основе полимеров, в том числе с использованием отходов резинотехнической промышленности и др.

Индустриализация работ по устройству полов в ряде общественных и промышленных зданий достигается при широком внедрении монолитных покрытий на основе эпоксидных, полиуретановых и полиэфирных полимеров заводского изготовления; пропитанных полимерными составами; эластичных мастик

на основе полиуретанов. Снижение трудозатрат по сравнению с традиционными покрытиями полов (цементными, бетонными и асфальтовыми материалами) достигается также при использовании сборных плит из полимерцементных бетонов, армированных полимеррастворов и полимербетонов.

Эффективность многих современных несущих конструкций связана с применением полимерных материалов специального назначения — тепло- и гидроизоляционных, герметизирующих, звукопоглощающих.

В заключение следует отметить, что строительные пластмассы — сравнительно новые материалы и их восприятие человеком нередко связано с ощущением искусственного, «ненастоящего» материала. Кроме того, многие специалисты отрицательно оценивают большинство материалов на основе полимеров с экологической точки зрения — в процессе эксплуатации они могут выделять токсичные и отравляющие вещества в количестве, опасном для здоровья человека.

Глава 10. МАТЕРИАЛЫ В РУССКОЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Своеобразие русской исторической архитектуры в большой мере связано с номенклатурой и характеристиками применяемых мате-

риалов — древесных, из природного камня, керамических, стеклянных, металлических, на основе минеральных вяжущих.

Древесные материалы применялись в той или иной степени в каждом памятнике архитектуры. Причем использовались, как правило, древесные породы, характерные для данной географической местности. Реже, для выполнения особых заказов, применяли древесину, привезенную из других регионов.

Часто в конструкциях древних сооружений употреблялись хвойные породы как наиболее дешевые, дающие возможность получать прочные, сравнительно стойкие древесные материалы разных размеров. Так, например, бревна в деревянных постройках могли иметь длину до 5–6 м, а ширина отдельных досок достигала 60–70 см.

В качестве основных пород при изготовлении столярных изделий применялись сосна, лиственница, дуб. В помещениях с постоянным влажностным режимом использовали ель, кедр, каштан. Для различного вида отделки и резных работ применялись дуб, береза, орех, бук, ясень, клен, ольха, груша, красное дерево и другие ценные породы дерева. В дворцовых постройках в качестве основного материала и для отделки дверных полотен, оконных и дверных коробок использовался дуб. Кровельные покрытия часто выполняли из осиновых лемехов или гонта (рис. 138).

Среди *природных камней*, применявшихся в древней русской архитектурно-строительной практике, выделяются песчаник и особенно известняк — белый камень. Назва-

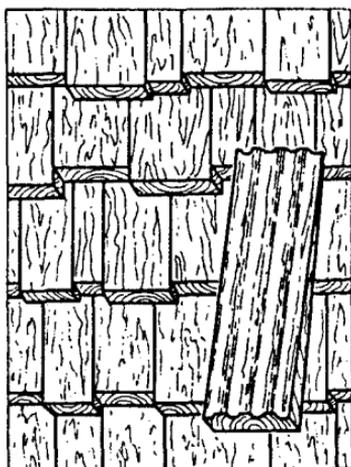


Рис. 138. Гонт нешпунтованный и фрагмент кровли

ние «белый камень» (в соответствии с цветом известняка) устоялось и применяется в современной реставрации.

В XIV–XVI вв. из белого известняка строились многие московские здания. Главные потребители природного камня для монументальных построек в XVIII–XIX вв. — Санкт-Петербург и Москва, но белым камнем снабжались и другие города России.

К основным историческим месторождениям известняка относятся Мячковское, Пахорское, Григоровское, Тарусское, Волковское, Пудостское и др. Из песчаников наиболее часто использовали татаровский, лыткаринский, кокшенский, известные под общим названием «дикарь».

Камни каждого месторождения отличались определенными

свойствами. Например, мячковский известняк, обладавший прекрасными эстетическими характеристиками, не мог выдержать значительной нагрузки, но был устойчивее песчаников при колебаниях температуры. Он сравнительно однороден и хорошо обрабатывался, в готовых блоках имел гладкую поверхность белого цвета. Мячковским камнем оформляли фасады.

Григоровский и пахорский известняки отличались от мячковского цветом и несколько худшим качеством. Григоровский часто шел на строительные работы, в которых не требовалась прочность, превышающая прочность глиняного кирпича (например, прокладки в кирпичных стенах). Однако именно этот известняк использовали для устройства фундамента храма Христа Спасителя в Москве. Пахорский известняк лучших сортов часто заменял мячковский (например, при облицовке цоколей в служебных зданиях).

Тарусский — прочный, морозоустойчивый камень — применяли для различных архитектурных элементов зданий, например для дома Пашкова в Москве.

Волховский известняк — сравнительно прочный, сероватого цвета — в XVIII в. использовался в различных постройках, особенно для кладки стен в сырых местах, и, реже, для изготовления гидравлической извести высокого качества.

Пудостский пористый камень обладал способностью набирать проч-

ность при 10–30-летней выдержке на открытом воздухе и употреблялся для строительства крепостей в XI в. При реставрации следует учитывать, что он подвержен механическим разрушениям, хотя и удобен в обработке.

Лыткаринский и татаровский песчаники отличались высокой прочностью и употреблялись в основном для ступеней лестниц, облицовки. Иногда их использовали как декоративный материал.

В современной реставрационной практике часто применяется крымский бодрасский камень. Однако он заметно уступает по эксплуатационно-техническим и эстетическим характеристикам мячковскому известняку.

Керамический кирпич на протяжении многих сотен лет с успехом применялся в русской архитектуре. Кирпичное производство выделилось из гончарного ремесла в России в XI–XII вв.

Строительство кирпично-каменных культовых сооружений было распространено во многих русских городах: Киеве, Великом Новгороде, Суздале, Смоленске, Чернигове и др.

До конца XIV в. кирпичи использовались в основном для культовых построек, для возведения городских стен и башен. В XV в. производство кирпича увеличилось, и византийская система каменной кладки была заменена на русскую, пригодную для жилого строительства.

В зависимости от типоразмеров и форм кирпича, которые на протяжении столетий претерпели изменения, различают плинфу, большемерный кирпич, маломерный и стандартный.

Условный период построек из плинфы XI—XII вв., размер плинфы $28 \times 23 \times 4,5$ см. Из этого тонкого, хорошо обожженного кирпича выложены стены культовых построек XII в., древние сооружения Киева, Смоленска и других городов.

Большемерный кирпич размерами $29 \times 14 \times 8,5$ см, $28 \times 13 \times 7,5$ см, $27 \times 13 \times 7$ см и других габаритов с отклонением 1—2 см широко применялся в XV—XVIII вв. Из него строили стены, своды, перемычки и другие элементы конструкций.

Маломерный кирпич толщиной 4,4—5,5 см использовался в XVI—XVIII вв., в частности, при строительстве зданий в Санкт-Петербурге.

Стандартные кирпичи близки по размерам к современному ($25 \times 12 \times 6,5$ см) и применялись в XVII—XX вв.

Неповторимые композиции и многообразие архитектурных форм памятников русской архитектуры достигались применением фасонного кирпича различных типоразмеров (рис. 139). Например, всего девять типоразмеров использовали зодчие при строительстве храма Вознесения в Коломенском и в 2 раза большее их количество — для храма Василия Блаженного в Москве.

Регламентация и унификация размеров кирпича были проведены строительными положениями и указами лишь в XVII—XVIII вв.

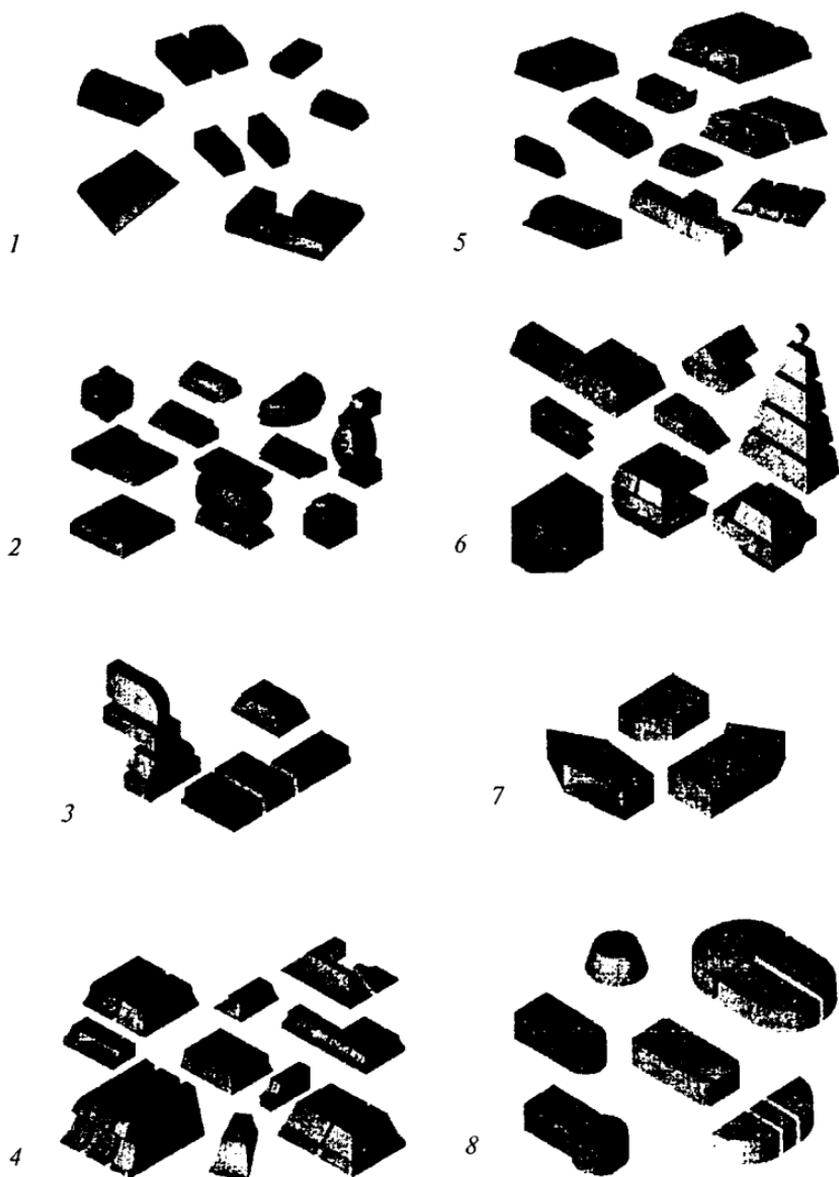
Древние кирпичи всегда имели клейма завода-изготовителя. Обычно клеймо устанавливалось на тычковой стороне. Каждое клеймо соответствовало названию кирпичного производства, где он был изготовлен. По установленным клеймам представляется возможным определить время и дату постройки сооружения и время укладки кирпича в здание.

На современных кирпичных заводах также могут наноситься клейма на кирпичи, предназначенные для реставрации. В партиях кирпича, выпускаемых, например, Никольским заводом (Москва), устанавливались клейма НК. Кирпичи, выпускаемые московским Очаковским заводом, имели клейма ОЧЗ и ОЧК.

Новые кирпичи в реставрируемом сооружении требуется укладывать клеймом наружу, чтобы реставраторы последующих десятилетий имели возможность определить место и время замены того или иного реставрируемого элемента.

На Руси, в районах крупных месторождений глин, развивалось производство керамических изразцов, плитки, черепицы.

Изразцы изготавливались различной формы и цвета, ими украшали многие сооружения древности. Наиболее распространенные цвета — зеленый, синий, желтый, белый.



*Рис. 139. Формы кирпича керамического фасонного в Шуйском уезде
Владимирской губернии середины XVII – начала XX вв. (по А. Е. Иродову)*

1, 2 – с выпуклыми лицевыми гранями; 3 – прямолинейного сечения с полочкой; 4 – с вогнутыми лицевыми гранями и полочкой; 5 – с выпуклыми лицевыми гранями и полочкой; 6, 7 – прямолинейного сечения; 8 – с криволинейными лицевыми гранями

Истоки русского изразцового искусства следует искать в древнем Киеве в X—XI вв., старой Рязани, Владимире XII в. Именно в этих городах при раскопках были найдены изделия, покрытые многоцветными глазурями.

Производство керамики, прерванное татаро-монгольским нашествием, возродилось в Пскове и Москве. Муравленые (зеленые) изделия Пскова, московские терракотовые плиты XIV в., многоцветные изразцы Дмитрова и Старицы XIV—XVI вв. являются наиболее древними изделиями послемонгольского периода.

В XVI в. керамическое производство распространилось по всей территории центральной части русского государства, но ведущее место принадлежало Москве и Ярославлю. При всем многообразии изделий четкие отличительные особенности имеют многоцветные изразцы Ярославля второй половины XVI в. и изразцы Владимира. Изделия остальных производств схожи с московскими. Для определения их принадлежности необходимы точные аналитические исследования.

Производство керамики в северных районах началось в Орле — городке на Каме в XVI в., затем распространилось в Соликамске, Балахне и других городах. Северные мастера до первой половины XIX в. сохраняли рельефное изо-

бражение растительного и орнаментального характера. Для петербургского производства XVIII в. характерны своеобразный профиль румпы и синяя роспись по белому фону гладкого изразца.

Во второй половине XV в. церкви в Москве начинают строить из кирпича и украшают их декоративными поясами и фризами из терракотовых плит, имитирующих резьбу по камню.

Черепица производилась в основном плоская, но иногда ее делали выпуклой по форме главы. Этим кровельным материалом покрывали колокольни и главы, сложенные из кирпича. Черепица толщиной обычно 1—1,5 см крепилась коваными гвоздями. Один слой перекрывал другой, предохраняя от воды основную конструкцию шатра. При этом угол наклона для слива воды должен быть не менее 60°. Черепицу окрашивали в желтовато-коричневые цвета и часто поливали зеленой глазурью.

Для остекления оконных проемов в исторических зданиях применяют в основном *листовые строительные стекла* различных форм и размеров. Важнейшим требованием реставрации является сохранение первоначальных рисунков оконных переплетов, характера и толщины элементов обрамления, соответствующего материала, иначе историческому облику зданий наносится значительный урон.

Некоторые памятники архитектуры имеют остекление проемов зданий в виде различных однотонных или многоцветных витражей. В случаях повреждения или утраты отдельных элементов витражей с них снимается цветная копия для воспроизведения утраченной части. Затем выполняется картон с необходимой цветовой окраской; заказываются и изготавливаются утраченные цветные стекла, и по установленному эскизу набирается часть или полностью весь витраж. Смонтированный и подготовленный к установке в производственной мастерской витраж транспортируется на место для окончательного крепления на реставрируемом участке.

Большую роль в архитектурном облике русских исторических сооружений играли *металлические материалы*.

Обработка руды в России известна с незапамятных времен, о чем свидетельствуют найденные в древнейших славянских городищах остатки железных шлаков и сыродутных горнов, в которых наши предки «варили железо». Уже в IV–V вв. изготовление железа и железных изделий занимало значительное место в хозяйстве северных и некоторых других славянских племен.

В современной реставрационной практике используют черные (чугун,

сталь) и цветные (золото, медь и ее сплавы, цинк, олово, мельхиор и некоторые другие сплавы, например титановые, магниевые) металлы.

Особо следует отметить способность *чугуна* передавать разнообразные филигранные формы. Русские мастера создали непревзойденные образцы художественного чугунного литья в архитектуре (рис. 140). Имена почти всех выдающихся зодчих XVIII и первой половины XIX вв. связаны с работой в области художественного чугунного литья.

Золото как строительный материал встречается только в древних сооружениях: им покрывались главы соборов, «золотились» украшения фасадов, в интерьерах культовых построек золотом украшали резные иконостасы, а в дворцовых зданиях оно применялось и в элементах декоративно-прикладного искусства.

В современной реставрационной практике для позолоты применяется *сусальное золото*, изготовляемое ручной ковкой в специальных формах. Его листы толщиной в несколько микрон уложены на папиросную бумагу и собраны в книжки (по 60 листов). При весе книжки до 2,5 г золото называется «тяжелым», а при весе до 1,5 г — «легким». Золотом одной книжки позолачивают поверхность около 0,5 м².

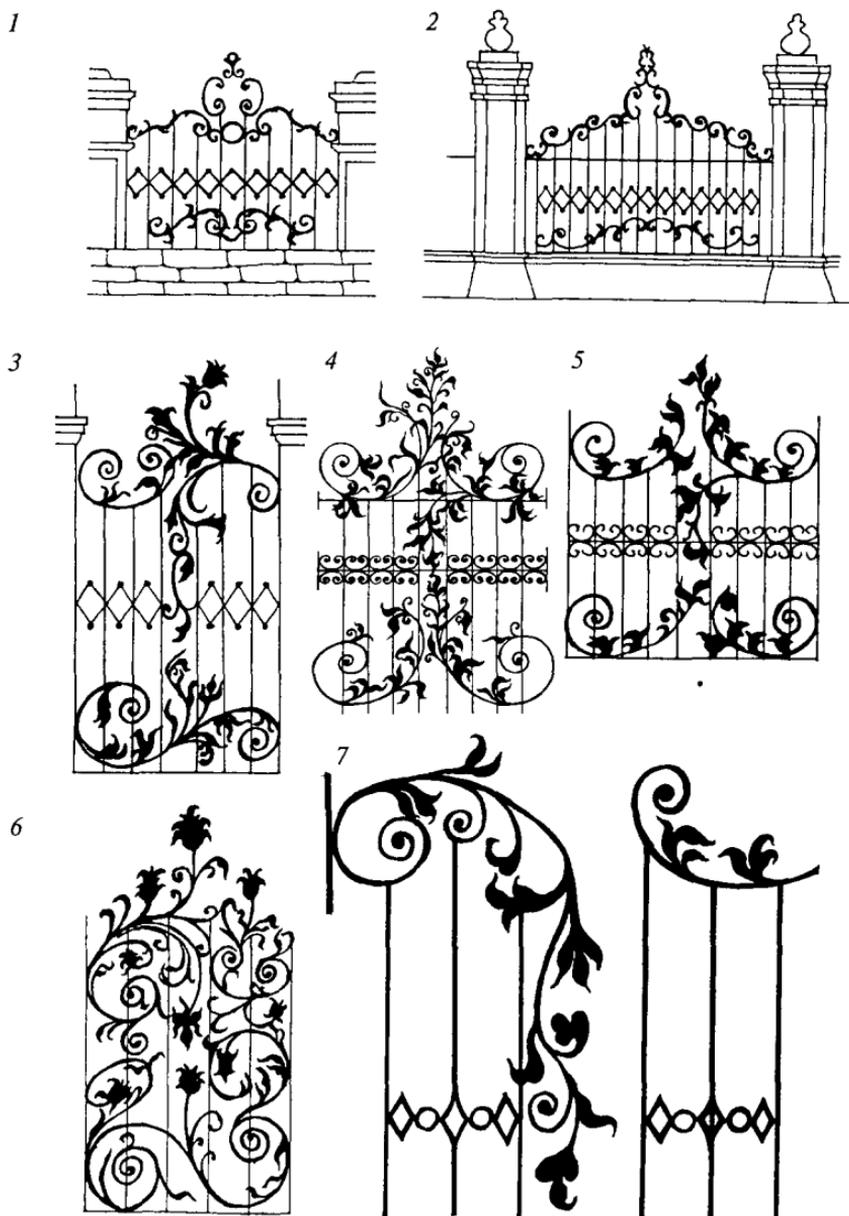


Рис. 140. Фрагменты кованых решеток с накладными орнаментальными деталями.
Москва, XVIII в. (по В. С. Ледзинскому, А. А. Теличко, А. В. Звереву)

1 — ограда Казанского собора; 2 — ограда церкви Николая в Хамовниках; 3 — решетка церкви Космы и Дамиана на Б. Полянке (не сохранилась); 4 — ограда церкви Спаса на Спасской (перенесена на Н. Басманную ул., 11); 5 — ограда церкви Климента на Пятницкой ул.; 6 — решетка церкви Троицы на Арбате (не сохранилась); 7 — разъем решетки церкви Ивана Воина на ул. Димитрова

Для золочения наружных элементов зданий используют «тяжелое» золото, для золочения внутренних частей интерьера — исключительно «легкое».

Большое внимание при реставрации следует уделять способам отделки лицевой поверхности металлических материалов, в том числе механическому (кругами и ручными полировальниками) и электролитическому полированию, фосфатированию (обработке в растворе «мажефа» — из дигидроортофосфатов марганца и железа) и оксидированию черных металлов, азотированию стали, лакокрасочным покрытиям. В результате повышается коррозионная стойкость металлов и получается требуемый декоративный эффект.

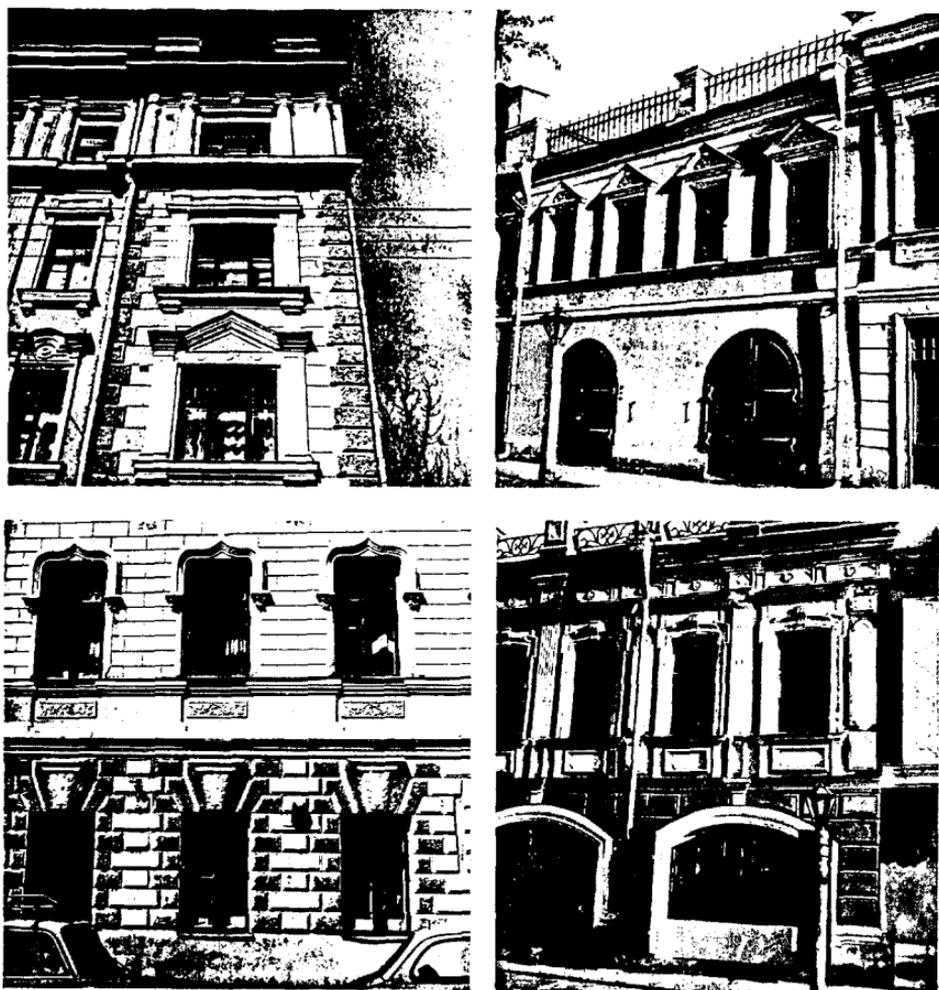
Среди реставрационных *материалов на основе минеральных вяжущих* выделяются известковые растворы, искусственный мрамор и гипсовые.

При строительных работах на Руси наиболее часто употребляли *известковый раствор*. Его приготовление начиналось с гашения извести в специальных ямах, которые устраивали на месте работ. Иногда при реставрации кладки сводов, арок и т. д. для большей прочности применяется известковый раствор с добавкой портландцемента и песка. Пропорция компонентов зависит от назначения раствора и ка-

чества извести. Известковая обмазка (по кирпичной кладке) представляет собой раствор чистой, жирной и хорошо выдержанной извести. Перед обмазкой необходима тщательная подготовка поверхности.

Декоративные штукатурные растворы на фасадах исторических, в том числе московских, зданий отличаются своеобразием с эстетической точки зрения (рис. 141).

Необходимо учитывать, что часто в состав отделочных и кладочных растворов вводились добавки, которые в свете современных представлений относятся к гидрофобно-пластифицирующим поверхностно-активным веществам (ПАВ). Для улучшения свойств растворов древнерусские мастера практиковали введение куриных яиц, коровьего молока, ячменной мякни, отвара еловой коры и других природных веществ. Имеющиеся исторические сведения служат подтверждением долговечности эффекта гидрофобизации рассматриваемых материалов. Так, известково-карбонатный раствор, содержащий добавки природных органических веществ, был применен в конце XII века при строительстве Дмитриевского собора во Владимире. Это сооружение на протяжении многих столетий, особенно в XIV—XV вв., находилось в тяжелых эксплуатационных условиях. Кровля была



*Рис. 141. Декоративные растворы на фасадах
исторических московских зданий
(фото О.И. Пруцына)*

разрушена, в стенах были трещины, здание стояло без окон. Однако раствор и через 750 лет имел сравнительно большую прочность — 8 МПа. Кроме того, испытанные нами образцы старинного извест-

кового раствора из стен Дмитриевского собора обнаруживали признаки гидрофобности: в измельченном состоянии они плохо смачивались, а порошок плавал на поверхности воды.

Природные органические добавки, применявшиеся зодчими в старину, впоследствии, с появлением гидравлических минеральных вяжущих были забыты. В наше время целесообразность использования гидрофобно-пластифицирующих добавок ПАВ для строитель-

ных растворов при реставрации не вызывает сомнений. Выбор соответствующих добавок, в основном попутных продуктов и отходов химической и нефтехимической промышленности, может осуществляться на основе результатов научных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиции и своеобразие русской архитектуры зодчие должны учитывать при выборе строительных материалов для современных зданий и сооружений. К основным критериям выбора современных материалов с эксплуатационно-технической и экономической точек зрения относятся: наличие заводского лицензированного производства; сравнительно меньшая средняя плотность при сохранении требуемых прочности и других эксплуатационно-технических характеристик; многофункциональность, возможность снизить расход энергетических ресурсов при эксплуатации здания и сооружения.

К преимуществам заводского выпуска материалов относятся: мобильность производства, возможность в кратчайшие сроки изменять технологические параметры, в том числе за счет оснащения заводов современным оборудованием, работающим в автоматическом режиме; возможность заказа архитектором, дизайнером, реставратором материалов с требуемыми характеристиками; срав-

нительно комфортные условия труда.

Характерной тенденцией развития производства материальной базы зодчего является заметное увеличение выпуска материалов, отличающихся сравнительно невысокой массой, легкостью при сохранении требуемой прочности и других эксплуатационно-технических характеристик. В результате снижаются затраты на перевозку материалов (в нашей стране большое количество железнодорожных и речных грузов составляют строительные материалы и сырье для них) и мощность транспортных и монтажных средств; укрупняются конструкции; уменьшается стоимость и трудоемкость строительства.

Не случайно во многих странах мира одним из важных критериев эффективности строительства является масса 1 м^3 строительного объема здания, сооружения. Соответствующая величина при использовании современных материалов со сравнительно низкой средней плотностью может составлять 160 кг

и менее. Если учесть, что соответствующая величина в нашей стране часто достигает 430 кг и более, то ясно, сколь велики резервы снижения материалоемкости в отечественном строительстве. Доля материалов для легких ограждающих конструкций увеличилась в развитых зарубежных странах за последние 20 лет с 30–40 до 70–75%.

К сравнительно эффективным с точки зрения рассматриваемого показателя следует отнести элементы деревянных клееных конструкций, тонкопиленные плиты из природного камня, пустотелые и поризованные керамические стеновые материалы, легкие и особо легкие бетоны, тонкостенные металлические, из строительных пластмасс.

С каждым годом все большую значимость приобретает производство и применение энергосберегающих материалов.

Экономия энергетических затрат при эксплуатации зданий, сооружений связана прежде всего с использованием эффективных теплоизоляционных материалов. Современный отечественный и зарубежный опыт позволяет к эффективным теплоизоляционным материалам отнести пенопласты (пенополистирол, пенополиуретан и др.), минераловатные и стекловатные плиты, изделия на основе перлита (перлитофосфатные, перлитопластбетонные и др.). Например, использование легкой конструкции

покрытия зданий в сочетании с утеплителем из полужестких минераловатных плит взамен железобетонного покрытия с пенобетонным утеплителем позволяет снизить массу конструкций в 5 раз, уменьшить на 40% затраты труда на возведение конструкций, сократить в 8 раз потребность в транспортных средствах, а также получить значительную экономию цемента и других материалов. Заметно снижается стоимость покрытия зданий.

Применение утеплителя из полужестких минераловатных плит в ограждающих конструкциях, например в облегченных кирпичных стенах, дает возможность по сравнению со сплошной кладкой сократить расход кирпича в 2–2,5 раза, цемента и извести – в 3 раза. При этом значительно снижаются масса конструкций и потребность в транспортных средствах. В результате стоимость стен уменьшается до 30%, улучшаются теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций, ускоряются темпы строительства. В крупнопанельном домостроении замена однослойных керамзитобетонных стеновых панелей слоистыми панелями с минераловатным или пенопластовым утеплителем позволяет в расчете на 1 м² стены сократить расход цемента в 2 раза, затраты труда – на 20% и снизить стоимость зданий.

Понятие «энергосберегающий материал» предполагает его срав-

нительно высокую долговечность. Вместе с тем способность разрушаться под действием различных агрессивных веществ характерна для всех без исключения современных материалов. Например, городская пыль может сорбировать оксиды серы и азота из атмосферы современного города с развитой промышленностью и способствовать интенсивной коррозии бетона и других материалов. Весьма агрессивна среда на многих промышленных предприятиях. Специфика эксплуатации городских дорог связана как с действием климатических факторов, так и с интенсивным движением транспорта. Существует возможность биологической коррозии ряда строительных материалов. Понятно, что преждевременное разрушение материалов приводит к значительным энергетическим затратам на трудоемкие ремонтно-восстановительные работы.

К основным направлениям повышения долговечности строительных материалов относятся повышение коррозионной стойкости вещества, из которого они состоят, плотности вещества и плотности структуры, защита поверхности материалов.

В современной архитектурно-строительной практике популярны материалы, выполняющие при эксплуатации не одну, а несколько функций: отделка и теплоизоляция, отделка и гидроизоляция, отделка и звукоизоляция и т. п.

Многофункциональные материалы состоят, как правило, из двух или более слоев, каждый из которых при эксплуатации выполняет определенную роль. Таковы, например, материалы для вертикальной облицовки с лицевым слоем сравнительно плотной структуры (тонкопиленая плита из гранита или мрамора, керамическая плитка и др.) и вторым слоем с пустотелой (сотовая структура из тонких элементов — отоженная алюминиевая фольга и др.) или поризованной структурой (пенопласты и др.).

В весьма агрессивной городской среде жизнедеятельности человека к одному из основных критериев выбора материалов следует отнести его **экологическую чистоту**. При этом важно, чтобы материал оставался экологически безопасным в процессе всего срока его службы в конструкциях. Профессиональная оценка экологической чистоты материалов предполагает также учет воздействий на среду при добыче сырья, при производстве и последующей утилизации.

Основные критерии выбора материалов с **эстетической точки зрения** связаны с количественным и качественным аспектами.

Количественный аспект определяется возможностями технологии производства. Если, например, она позволяет получать только один вид фактуры и ограниченное количество цветовых решений лицевой поверхности конструкцион-

но-отделочного или отделочного материала, то он менее эффективен, чем материал аналогичного назначения с разнообразными требуемыми видами фактуры и цвета.

Качественный аспект при осуществлении проектов в области архитектуры и дизайна предполагает учет индивидуальности заказчика и современных представлений об особенностях восприятия эстетических характеристик лицевой поверхности упомянутых материалов и их физической сущности.

Сохранение подлинности конструкционно-отделочных и отделочных материалов при реставрации памятников архитектуры является обязательным требованием. Поэтому применению современных материалов, например, на основе искусственных полимеров, позволяющих на первый взгляд решить комплекс эксплуатационно-технических задач при реставрации, должен предшествовать тщательный анализ, в том числе с эстетической точки зрения.

Список основной литературы

Айрапетов Д. П. Материал и архитектура. — М., 1978.

Айрапетов Д. П., Заварихин С. П., Макотинский М. П. Пластмассы в архитектуре. — М., 1981.

Байер В. Е. Лабораторные работы по курсу архитектурного материаловедения. — М., 1987.

Байер В. Е. Современные конструкционно-отделочные строительные материалы. — М., 1996.

Викторов А. М., Викторова Л. А. Природный камень в архитектуре. — М., 1983.

Гинзбург В. П. Керамика в архитектуре. — М., 1984.

Лисенко Л. М. Дерево в архитектуре. — М., 1984.

Мардер А. П. Металл в архитектуре. — М., 1980.

Пруцын О. И. Реставрационные материалы. — М., 1997.

Соловьев С. П., Динеева Ю. М. Стекло в архитектуре. — М., 1981.

Строительные материалы / Под ред. В. Г. Микульского. — М., 2000.

Ясиевич В. Е. Бетон и железобетон в архитектуре. — М., 1980.

Предметный указатель

А

- Абразив 32
- Аглопорит 175
- Адгезия 27, 151, 207, 209, 221, 223
- Алюминий 140, 145, 151
- Анализ
 - квалитетический 13
 - люминесцентный 15
 - люминофоров 15
 - рентгеноструктурный 15
 - спектральный 15
 - хроматографический 15
- Ангибирование 107, 108, 116
- Антипирены 53
- Антисептики 53, 213
- Аппликация 206, 208
- Арболит 65, 74
- Арматура 176, 188
- Атлас цвета 36, 71

Б

- Базальт 81, 84, 89, 91, 92, 132
- Белизна 116
- Бетон 163, 174, 176, 181, 185, 186, 188
 - газобетон 176
 - легкий 17, 175, 188, 219
 - пенобетон 176
- Блеск 27, 37, 68, 69, 71, 94, 209, 222
- Блоки
 - дверные 61, 64
 - из природного камня 82, 97
 - стеновые 108, 119, 179
 - стеклянные 128

В

- Варка стекла 123
- Вата минеральная 219
- Витраж 121, 122, 127, 136, 140, 236
- Влажность 19, 47, 68, 169, 173
- Водопоглощение 17, 20, 67, 91, 112, 149, 218
- Водостойкость 20
- Волокна асбеста 182, 183, 189
 - стеклянные 214
- Вязущие минеральные 161
- Вязкость красок 220

Г

- Гигроскопичность 19, 149
- Гипс 42, 84, 90, 111, 137
- Глазурование 107, 108
- Глина 105
- Гранит 84, 88, 89, 92, 166

Д

- Декалькомания 206
- Деталь карниза 88
 - пояса 88
- Деформативность 187, 188
- Дисперсность 56, 106, 221
- Добавки 106, 164, 167, 170, 184, 194, 217, 238, 240
- Долговечность 12, 18, 22, 88, 92, 168, 173, 188
- Доломит 85, 106, 122, 132, 143, 164, 190
- Доски (щиты) паркетные 61, 62, 63, 68, 80

Ж

Железобетон *10, 12, 40, 98, 172, 174, 176, 188, 196*

З

Заполнители *171, 175, 178, 188, 192, 195, 216*

Звукопоглощение *17, 25, 26*

И

Известняк *85, 91, 143, 164, 190, 231, 232*

Известь *162, 165, 184*

Изразцы *233, 235*

Ингибиторы *151*

Инкрустация *57*

Интарсия *57*

Истираемость *32, 92, 220*

К

Каландрирование *206*

Камни керамические *112, 114*

— природные *165, 190*

Каркас *10, 64, 73, 146, 152, 154, 172, 196*

Картотека цветовых эталонов *36*

Катализаторы *205*

Качество *13, 39, 64, 94, 136, 145, 173, 219, 223*

Кварцит *32, 85, 101, 190*

Керамзит *175*

Кирпич дорожный *109, 111, 113*

— керамический *103, 109, 113, 118, 119, 232*

— кислотоупорный *111, 112*

— лицевой *119*

— силикатный *181, 189, 194*

Классификация материалов *39*

Клинкер *166*

Конструкции вантовые *9, 197*

— каркасные *10, 73*

— клееные *45, 52, 61, 62, 74, 80, 242*

— несущие *148, 176, 196, 227, 230*

— ограждающие *21, 22, 28, 40, 130, 132, 148, 176, 186, 196, 216, 242*

— стеновые *10*

Коррозия *28*

Коэффициент звукопоглощения *25*

— отражения *36, 135, 223, 229*

— поглощения *135*

Краски керамические *111*

— масляные *217, 218*

— минеральные *162, 183, 197*

— полимерные *223*

Л

Лаки *108, 143, 152, 195, 201, 217*

Линолеум *209, 210*

М

Макет *10*

Макроструктура *14, 46, 69*

— древесины *46, 50, 69*

Маркетри *57*

Масса *17, 18*

Мастики *201, 216*

Материалы строительные *7, 14, 16*

— асбестоцементные *182, 183, 189, 194*

— высокопористые *16, 131*

— герметизирующие *220*

— гидроизоляционные *21, 209, 211, 212*

— гипсовые *183, 190, 194, 238*

— древесные *44, 59, 64, 71, 231*

— — лесоматериалы круглые *59*

— — пиломатериалы *59, 60, 72*

— из минеральных расплавов *123*

— — из стеклянных расплавов *42, 120*

— керамические *42, 101, 106*

— конструкционно-отделочные *84, 118, 196, 223*

— конструкционные *42, 118*

— кровельные *174, 212*

— лакокрасочные *151, 217*

— металлические *33, 140, 236*

— негораемые *24*

— низкопористые *16*

— отделочные *42, 43*

— пластичные *33*

- погонажные *61, 213, 214*
- полимерные *201, 230*
- природные *91*
- — каменные *81, 231*
- реставрационные *238*
- сгораемые *24*
- среднепористые *16*
- трудносгораемые *24*
- упругие *188*
- эффективные *26, 119*
- Мел *106, 122, 205*
- Металлизация *174, 208*
- Металлы
- сталь *27, 32, 140, 143, 147, 236*
- цветные *140, 144, 148, 236*
- черные *140, 236*
- чугун *125, 140, 143, 144, 145, 236*
- Микроструктура *14, 51*
- древесины *46, 47*
- Минералы *31, 83, 89*
- Модуль *40, 41*
- упругости *32, 133, 220*
- Мозанка *57, 121*
- Морозостойкость *21, 92, 112, 171, 185*
- Мрамор *18, 25, 32, 85, 89, 91, 101, 190, 193, 238, 243*

Н

- Наполнители *204, 205, 216*
- Насыщенность *36, 39, 96*

О

- Обжиг *105, 107, 164*
- Обои *43, 59, 65, 209, 212, 222*
- Обработка автоклавная *172, 174*
- механическая *52, 53, 107, 124, 174*
- тепловая *173*
- химическая *124*
- Огнестойкость *24, 219*
- Олифы *218*
- Оникс *85*
- Отделка древесины *54–57*
- Отжиг *124, 125*

П

- Патина *152*
- Пенопласты *17, 119, 202, 216, 219, 226, 242*
- Песчаник *81, 84, 91, 190, 231*
- Пигменты *37, 116, 170, 183, 193, 205, 217*
- Пластики бумажно-слоистые *55, 214, 222*
- Пластики древесные *59, 65*
- Пластификаторы *204, 205*
- Пластичность *33, 149*
- Пластмасса *9, 28, 202, 204*
- Пленки полимерные *64, 128, 143, 193, 195*
- Плитки керамические *43, 104, 116, 119*
- полистирольные *216*
- «превинил» *216*
- Плиты древесно-волоконистые *64, 73*
- древесно-стружечные *64*
- облицовочные *97, 195*
- покрытий *72, 179*
- теплоизоляционные *65, 125, 216*
- фасадные *109, 112*
- Плотность *11, 16, 17, 23, 91, 111, 132, 149, 171, 175, 185, 218*
- Полимеры природные *201*
- синтетические *201*
- — карбамидно-формальдегидные *204*
- — каучук *204, 227*
- — кремнийорганические *205*
- — мочевиноформальдегидные *217*
- — полиакрилат *204*
- — поливинилхлорид *204*
- — полистирол *204*
- — полиуретан *205*
- — полиэтилен *204*
- — полиэфир *205*
- — фенолальдегид *204*
- — эпоксидные *216*
- Помол *164*
- Пористость *16, 17, 91*
- Породы горные *83, 101, 141, 164*

- древесные 47, 50
- изверженные 83
- метаморфические 85
- осадочные 84
- Пороки древесины 48, 49
- Портал 88
- Портландцемент 74, 163–165, 169, 170, 238
- белый 170
- быстротвердеющий 169
- глиноземистый 171
- напрягающий 171
- с добавками 170
- сульфатостойкий 170
- цветной 170
- расширяющийся 171
- Предел прочности 28, 31, 92, 113, 186
- текучести 150
- Прессование 55, 206
- Просвечиваемость 116, 117
- Прочность 7, 12, 20, 28, 68, 113, 168, 189

Р

- Раскряжевка 52
- Распиловка 52
- Растворы строительные 174, 181, 197
- Рисунок на лицевой поверхности материала 38
- Рубероид 212

С

- Светлота 36
- Свойства механические 28
- оптические 134
- химические 26
- эксплуатационно-технические 14
- эстетические 11, 68
- Сериография 108, 116
- Скальвание 66, 86
- Склеивание 45, 52, 57, 213
- Смешивание 172, 182
- Стабилизаторы 204, 205
- Стандартизация 39

- Стандарты 29, 39, 40
- Стекло строительное 129
- непрозрачное 126
- — глушеное 130
- — марблит 130
- — пеностекло 131
- — смальта 130
- — стеклокремнезит 131
- — стемалит 130
- — шлакоситалл 131
- светопрозрачное 123, 126
- — армированное 127
- — витринное 126
- — закаленное 127
- — матовое 126
- — матово-узорчатое 126
- — многослойное 128
- — профильное 129
- — стеклопакеты 128
- — стеклополотно 128
- — узорчатое 126
- — цветное 126
- Стеклопластики 202, 214
- Стеклотекстолиты 214
- Стойкость коррозионная 26, 27, 185
- Строение древесины 46–47
- Структура материала 14
- Сушка 52

Т

- Твердость 90, 145, 150, 220
- Текстура 34, 47, 54, 57, 69, 96, 222
- Теплопроводность 23, 68, 109, 112, 132, 219
- Терракота архитектурная 105, 110
- Типизация 40, 41
- Тональность цветовая 36
- Травертин 84
- Трубы керамические 111

У

- Удобоукладываемость 168, 184
- Укрывистость 190, 220, 221

Унификация *40, 41*

Упругость *32, 133*

Усадка *21, 33, 67, 105, 168, 188, 205*

Ф

Фактура *11, 34, 37, 86, 94, 95, 152, 190, 194, 222*

Фанера *51, 52, 55, 61, 64*

Фибролит *65*

Флоат-способ *124*

Фольгоизол *212*

Форма архитектурная *12, 153*

Формование *27, 52, 101, 107, 124, 144, 173, 205, 206*

Фрезерование *52*

Х-Ч

Хрупкость *33, 188*

Цвет *11, 34, 36, 56, 68, 93, 115, 138, 164*

Цементы *27, 65, 162–172*

Черепица *110, 235*

Ш

Шелкография *108, 116*

Шкала твердости Мооса *31, 32, 89–91*

Шлифование *54, 86, 124, 152, 193*

Шпон *56, 57, 60*

Шунгизит *175*

Щ-Э

Щебень *88, 171, 175*

Экструзия *205*

Учебное издание

Байер Владимир Евгеньевич

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
ДЛЯ АРХИТЕКТОРОВ, РЕСТАВРАТОРОВ, ДИЗАЙНЕРОВ**

Учебное пособие

Зав. редакцией *Т.М. Минеджян*
Художественный редактор *Л.Л. Сильянова*
Технический редактор *О.Л. Серкина*
Корректор *И.Н. Мокина*
Компьютерная верстка *С.А. Соколова*

ООО «Издательство Астрель»
143900, Московская обл.,
г. Балашиха, пр. Ленина, 81

ООО «Издательство АСТ»
667000, Республика Тыва,
г. Кызыл, ул. Кочетова, д. 28

Наши электронные адреса: www.ast.ru
E-mail: astpub@aha.ru

ООО «Транзиткнига»
143900, Московская обл, г. Балашиха,
ш. Энтузиастов, д. 7/1

ОАО «Санкт-Петербургская типография № 6».
191144, Санкт-Петербург, ул. Моисеенко, 10.
Телефон отдела маркетинга 271-35-42.

Книги издательской группы АСТ вы сможете заказать и получить по почте в любом уголке России. Пишите:

107140, Москва, а/я 140

ВЫСЫЛАЕТСЯ БЕСПЛАТНЫЙ КАТАЛОГ

Вы также сможете приобрести книги группы АСТ по низким издательским ценам в наших фирменных магазинах:

Москва

- м. «Алексеевская», Звездный б-р, д. 21, стр. 1, тел. 232-19-05
- м. «Алтуфьево», Алтуфьевское шоссе, д. 86, к. 1
- м. «Варшавская», Чонгарский б-р, д. 18а, тел. 119-90-89
- м. «Крылатское», Осенний б-р, д. 18, к. 1
- м. «Кузьминки», Волгоградский пр., д. 132, тел. 172-18-97
- м. «Павелецкая», ул. Татарская, д. 14, тел. 959-20-95
- м. «Перово», ул. 2-я Владимирская, д. 52, тел. 306-18-91, 306-18-97
- м. «Пушкинская», «Маяковская», ул. Каретный ряд, д. 5/10, тел. 209-66-01, 299-65-84
- м. «Сокол», Ленинградский пр., д. 76, к. 1, Торговый комплекс «Метромаркет», 3-й этаж, тел. 781-40-76
- м. «Сокольники», ул. Стромынка, д. 14/1, тел. 268-14-55
- м. «Таганская», «Марксистская», Б. Факельный пер., д. 3, стр. 2, тел. 911-21-07
- м. «Царицыно», ул. Луганская, д. 7, к. 1, тел. 322-28-22
- Торговый комплекс «ХЛ», Дмитровское шоссе, д. 89, тел. 783-97-08
- Торговый комплекс «Крокус-Сити», 65—66-й км МКАД, тел. 942-94-25

Регионы

- г. Архангельск, 103-й квартал, ул. Садовая, д. 18, тел. (8182) 65-44-26
- г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, д. 132а, тел. (0722) 31-48-39
- г. Калининград, пл. Калинина, д. 17-21, тел. (0112) 44-10-95
- г. Краснодар, ул. Красная, д. 29, тел. (8612) 62-55-48
- г. Курск, ул. Ленина, д. 11, тел. (0712) 22-39-70
- г. Н. Новгород, пл. Горького, д. 1/16, тел. (8312) 33-79-80
- г. Новороссийск, сквер имени Чайковского, тел. (8612) 68-81-27
- г. Оренбург, ул. Туркестанская, д. 23, тел. (3532) 41-18-05
- г. Ростов-на-Дону, пр. Космонавтов, д. 15, тел. (88632) 35-99-00
- г. Рыбинск, ул. Ломоносова, д. 1 / Волжская наб., д. 107, тел. (0855) 52-47-26
- г. Рязань, ул. Почтовая, д. 62, тел. (0912) 20-55-81
- г. Самара, пр. Кирова, д. 301, тел. (8462) 56-49-92
- г. Смоленск, ул. Гагарина, д. 4, тел. (0812) 65-53-58
- г. Тула, пр. Ленина, д. 18, тел. (0872) 36-29-22
- г. Череповец, Советский пр., д. 88а, тел. (8202) 53-61-22

Издательская группа АСТ

129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, 7-й этаж

Справки по телефону:

(095) 215-01-01, факс 215-51-10

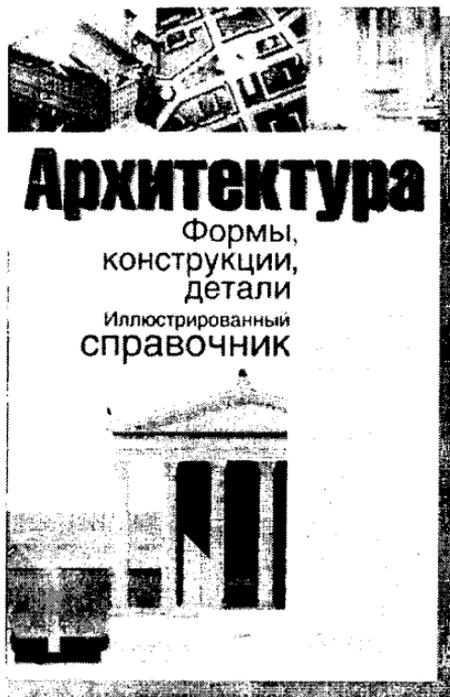
E-mail: astpub@aha.ru <http://www.ast.ru>

Издательство «АСТРЕЛЬ»

предлагает вниманию читателей
иллюстрированный справочник

«АРХИТЕКТУРА

Формы, конструкции, детали»



■ Книга «Архитектура. Формы, конструкции, детали» — это иллюстрированный справочник, содержащий сведения по типологии зданий и сооружений, архитектурным и конструктивным элементам, деталям декора и эмблематике.

■ В книге две части — иллюстрированные таблицы с перечнем терминов и Словарь терминов, который в значительной части объясняет понятия, представленные в таблице. Подобная композиция книги позволяет не только выяснить значение какого-либо термина (как это принято в традиционных справочниках), но и идентифицировать по иллюстрированной таблице тот или иной архитектурный элемент (деталь декора и т. п.) и найти его описание в Словаре терминов.

- *Издание снабжено обширным справочным аппаратом, в котором содержится ценнейшая информация по периодизации архитектурных стилей в США и европейских странах, включая Россию (в виде наглядной хронологической таблицы), а также сведения о местах расположения важнейших архитектурных памятников.*

 - *В книге представлены:*
 - гражданская, культовая и фортификационная архитектура,
 - эмблематика и геральдика,
 - более 1000 схематических изображений,
 - более 110 типов и деталей сооружений,
 - более 280 конструктивных деталей,
 - более 300 декоративных деталей,основные сведения о стилях европейской и американской архитектуры,
 - биографические сведения о 90 крупных архитекторах с указанием их важнейших произведений,
 - географические карты, на которых указаны места расположения крупнейших архитектурных памятников.

 - *Представленное издание, безусловно, станет настольной книгой не только архитекторов, дизайнеров и студентов архитектурных и художественных вузов, но и всех интересующихся историей материальной культуры.*
-

По вопросам приобретения
обращаться
по адресу:

129085, Москва,
Звездный б-р, д. 21, этаж 7.

Отдел реализации
учебной литературы
издательской группы

«АСТ»

Справки по телефону:

(095) 215-53-10

факс: 232-17-04

E-mail: astpub@aha.ru

<http://www.ast.ru>



Издательство «АСТРЕЛЬ»
предлагает вниманию читателей
иллюстрированное руководство
по созданию цветowych комбинаций



Здесь собраны 1662 цветowych комбинации

- СХОЖИЕ ОТТЕНКИ
- РОДСТВЕННЫЕ ЦВЕТА
- КОНТРАСТНЫЕ ЦВЕТА
- ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЦВЕТА
- АХРОМАТИЧЕСКИЕ ЦВЕТА
- ЧЕТЫРЕХЦВЕТНЫЕ КОМБИНАЦИИ
- ЦВЕТОВАЯ ПРОГРЕССИЯ
- ПРИРОДНЫЕ ЦВЕТА
- КОНТРАСТИРУЮЩИЕ ЦВЕТА
- ЯПОНСКИЕ ЦВЕТА
- НАЦИОНАЛЬНЫЕ ЦВЕТА
- РОЗОВЫЙ И СИНИЙ

По вопросам приобретения
обращаться
по адресу:

**129085, Москва,
Звездный б-р, д. 21, этаж 7.**

**Отдел реализации
учебной литературы
издательской группы
«АСТ»**

Справки по телефону:

(095) 215-53-10

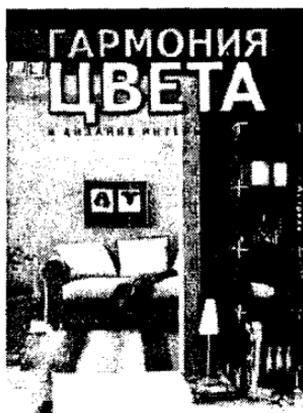
факс: 232-17-04

E-mail: astpub@aha.ru

<http://www.ast.ru>



Издательство «АСТРЕЛЬ» предлагает
вниманию читателей иллюстрированное
руководство
**«Гармония цвета в дизайне
интерьера»**



- Верно подобранная цветовая гамма — источник вдохновения
- Цветовое решение каждой комнаты — источник положительных эмоций
- Готовые образцы цветовых гамм — для создания собственного дизайна
- Советы по выбору цвета и гаммы, создание собственного стиля

По вопросам приобретения
обращаться
по адресу:

129085, Москва,
Звездный б-р, д. 21, этаж 7.
Отдел реализации
учебной литературы
издательской группы
«АСТ»

Справки по телефону:

(095) 215-53-10
факс: 232-17-04
E-mail: astpub@aha.ru
<http://www.ast.ru>

