

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова

*ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
В АРХИТЕКТУРЕ*

Учебное пособие



Белгород
2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

ПРИРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АРХИТЕКТУРЕ

Утверждено ученым советом в качестве учебного пособия
для студентов специальностей 270301 – Архитектура
и 270302 – Дизайн архитектурной среды

Белгород
2008

УДК 691 (075)

ББК 38.3я7

П77

Рецензенты:

Председатель Правления Белгородской
организации Союза архитекторов РФ *С.И. Доценко*

Доцент кафедры Архитектуры и дизайна
БГТУ им. В.Г. Шухова *А. Т. Божко*

П77 **Природные** материалы в архитектуре: учебное пособие /
В. М. Воронцов, В.И. Мосьпан, М.С. Агеева, Д.В. Савин. – Бел-
город: Изд-во БГТУ, 2008. – 100 с.

В пособии приводится исторический обзор использования природных материалов в строительстве и архитектуре, излагаются характеристики структуры природных каменных материалов и древесины, классификационные признаки изделий на их основе, эксплуатационно-технические свойства и области применения в современной архитектуре. Отмечается высокая эффективность применения природных материалов в современном строительстве, их надежность и долговечность, эстетические и экологические качества.

Учебное пособие может быть использовано студентами-архитекторами специальностей 270301 и 270302 при изучении дисциплины «Архитектурное материаловедение».

УДК 691 (075)

ББК 38.3я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ.....	5
1.1. История применения деревянных конструкций в архитектуре.....	5
1.2. Строение и свойства древесины. Основные древесные породы	11
1.2.1. Структура древесины.....	11
1.2.2. Свойства древесины.....	13
1.2.2.1. Физические свойства.....	13
1.2.2.2. Механические свойства.....	16
1.2.2.3. Химические свойства.....	18
1.2.2.4. Эстетические свойства.....	18
1.2.2.5. Достоинства и недостатки древесины.....	18
1.2.2.6. Пороки и дефекты древесины.....	19
1.2.2.7. Долговечность древесины и способы ее повышения.....	23
1.2.2.8. Основные древесные породы.....	24
1.3. Классификация изделий из древесины и области их применения	25
1.4. Архитектурно-строительные детали и изделия из древесины.....	33
1.4.1. Фрезерованные детали для строительства.....	33
1.4.2. Изделия для паркетных покрытий полов.....	35
1.4.3. Блоки оконные и дверные.....	39
1.4.4. Клееные деревянные несущие конструкции.....	41
1.5. Древесина в архитектуре. Состояние и перспективы развития.....	44
2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ.....	52
2.1. История развития архитектурных форм из природного камня.....	54
2.2. Минералы и горные породы.....	65
2.2.1. Общие сведения.....	65
2.2.2. Классификация горных пород.....	70
2.2.3. Важнейшие горные породы, применяемые в строительстве и архитектуре.....	73
2.3. Природный камень в архитектуре.....	79
2.3.1. Основы технологии добычи и обработки природных каменных материалов.....	79
2.3.2. Виды и свойства природных каменных материалов.....	82
2.3.2.1. Грубообработанные каменные материалы.....	82
2.3.2.2. Каменные изделия правильной геометрической формы.....	83
2.3.2.3. Каменные изделия специального назначения.....	89
2.3.3. Перспективы применения природного камня в современной архитектуре.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Современная стройиндустрия располагает десятками, а то и сотнями разновидностей различных строительных материалов и изделий, ассортимент которых все увеличивается. На дворе XXI в. и, казалось бы, что такие древнейшие материалы как древесина и природный камень, должны уступить место современным эффективным искусственным материалам. Однако это не так. Древесина и по сей день считается самым экологически чистым строительным материалом, а деревянные дома характеризуются наивысшим коэффициентом комфортности. Незаменим и природный камень как великолепный декоративно-отделочный материал. Удачная обработка камня, игра его природных красок, надежность и долговечность предопределили его место в фасадной отделке зданий, интерьеров, станций метро.

Современная технология пиления каменных блоков алмазным инструментом позволила получить новый материал – облицовочную каменную плитку толщиной 5–8 мм. До сих пор в облицовке общественных зданий и даже в интерьере применяют мраморные и гранитные плиты. Эффективность их использования очевидна, ведь каменная облицовка стен почти не работает на истирание, силовые нагрузки воспринимает конструкция в целом, а эстетические качества природного камня просто неописуемы.

Древесина – древнейший строительный материал в масштабах всего земного шара, но вместе с тем, это важнейший материал будущего. Рассматривая древесину в узком смысле, т.е. как строительный материал в обширном поле всех строительных материалов, можно легко заметить ее уникальность. В отличие, например, от разнообразных искусственных материалов, древесина почти в любом конкретном изделии или его элементе представляет единственное в своем роде сочетание формы, фактуры и текстуры.

При изучении дисциплины «Архитектурное материаловедение» студенты часто испытывают некоторые затруднения, вызванные тем, что во многих учебниках не достаточно полно уделено внимания материалам естественного происхождения. Авторы настоящего учебного пособия попытались устранить данный пробел, подробно описав строение и свойства древесины, горных пород, каменных материалов на их основе, области практического применения и перспективы дальнейшего использования.

Пособие рекомендовано для студентов-архитекторов и дизайнеров специальности 270301 и 270302.

1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Дерево, как прочный, легкий по массе и обработке, гигиеничный и относительно дешевый строительный материал, всегда находило и находит широкое применение. Оно широко применяется в зданиях и сооружениях в виде несущих конструкций, работающих на сжатие и изгиб – колонны, балки, прогоны, стропила, фермы; в ограждающих конструкциях – стены, перегородки, перекрытия, покрытия, кровли и т.п.

Древесина – древнейший из всех материалов, используемых человеком. Практически все, что окружало человека 300–400 лет назад, было создано из древесины, но и в современном мире древесина занимает важное место. По объему применения и разнообразию использования с древесиной не может сравниться никакой другой материал. Древесина применяется для строительства зданий и сооружений различного назначения, для изготовления столярно-строительных изделий (двери, окна, полы, паркет, облицовка и т.д.), а также для изготовления мебели. Пиломатериалы, древесно-стружечные, древесно-волокнистые и столярные плиты, фанера являются одними из основных конструкционных материалов, используемых в строительстве и архитектуре.

Современная строительная древесина, бесспорно, обладает рядом преимуществ, которые помогают созданию новых архитектурных форм и определяют индустриальность и массовость строительства. Трудно назвать отрасль народного хозяйства, которая обходилась бы без древесины. Широкое применение она получила в целлюлозно-бумажной промышленности, производстве высококачественных музыкальных инструментов, мебели и т.п. Основной же объем древесины используется в строительстве и архитектуре, которые остаются главными ее потребителями.

1.1. ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АРХИТЕКТУРЕ

Древесина – самый древний строительный материал, такой же древний, как и само строительное искусство. На ее примере можно наглядно проследить диалектический закон развития техники по спирали, в которой каждый новый виток открывает все новые возможности этого материала. История применения деревянных конструкций насчитывает много веков и теряется в глубине столетий. В первобытном обществе дерево играло особо важную роль в строительстве, что объясняется обилием лесных ресурсов, сравнительно легкой обработкой древесины и ее высо-

кой прочностью. Первобытные люди строили из деревянных стволов каменными топорами небольшие примитивные жилища на грунте и сваях, небольшие ограды и мосты. Из дерева возводились различные постройки простейших шалашевидных конструкций, которые обрабатывались несовершенными каменными орудиями. Этот период, видимо, следует назвать началом строительства.

Первые конструкции строчной-балочной системы были примитивны. В них использовались для опирания балок естественные развилки стволов, а для их закрепления – лозины, лык, кожаные ремни и т.п. Совершенствование техники рубки накатника позволило сооружать односкатные и двускатные стропильные кровли. Примером тому являлись дома секционного типа трипольской культуры (IV тыс. до н.э.). Однако расцвет бревенчатой архитектуры, рожденной с помощью каменного топора, начался намного позже. К ранним письменным источникам, содержащим сведения о деревянном строительстве, относится труд древнегреческого историка Геродота (V в. до н.э.). По сведению данного источника в центральной и восточной Европе возводились деревянные города с высокими крепостными стенами и храмами.

Металлический топор и врубка, как новый надежный способ сопряжения бревен, были главными двигателями прогресса деревянного зодчества. Сруб позволил деревянным строениям расти вверх, расширяться и сужаться шатром, он воспринял распоры пологих стропильных конструкций крыш. Широким железным плотничным топором научились тесать «на четыре канта» брусья. Первые половицы и доски были колотыми с помощью металлических клиньев, а для получения «плахи» (плоской доски) горбыль стесывали топором.

Особо высокий уровень строительного искусства характерен для Древнего Рима, где были созданы рациональные каменные и деревянные конструкции. Древнеримские строители возводили деревянные дома, храмы и мосты уже через крупные реки. Так, легионами Цезаря был построен крупный мост через р. Рейн. Римские строители возводили многопролетные арочные и балочные мосты, применяли деревянные конструкции перекрытий общественных зданий. До наших дней сохранились выдающиеся деревянные храмы, построенные в средние века в Китае и Японии с применением бамбуковой древесины.

В странах северной Европы получило широкое развитие деревянное каркасное строительство, там же широко применялись деревянные стропила крыш. В Норвегии до нынешнего времени сохранились деревянные церкви, датируемые XII–XIII вв.

Особо широкое распространение получили деревянные конструкции в нашей, богатой лесами стране. В средние века практически все жилые

дома, дворцы, большинство храмов и крепостей строились деревянными со стенами из круглых бревен. В X в. в Новгороде была воздвигнута дубовая 13-главая церковь святой Софии. Первые башни Московского Кремля и соединяющие их стены были возведены из дубовой древесины в XIII в. До наших дней сохранилась маленькая церковь воскресения Лазаря в г. Муроме, построенная в XIV в.

Подлинной революцией в обработке древесины было применение пилы. Пиленый брус и доска становятся главными строительными материалами. Резко сократившиеся отходы при обработке бревна позволили применять дерево и там, где его было мало.

В XVI–XVIII вв. в основном на севере и востоке страны продолжалось интенсивное строительство жилых домов и церквей со стенами из срубов из круглых бревен. В 1551 г. было произведено первое крупное скоростное строительство целой деревянной крепости Свияжска на берегу Волги в устье р. Свияги. Крепостные стены длиной 3 версты с 18 башнями, 370 домов, лавки и башни были изготовлены в районе г. Углича. После пробной сборки они были вновь разобраны, сплавлены по Волге к устью Свияги, и там всего через месяц выросла новая крепость, послужившая базой войскам Ивана Грозного при осаде и взятии Казани.

В конце XVII в. под Москвой, в селе Коломенском, был построен великолепный дворец царя Алексея Михайловича. Модель этого дворца находится в музее Коломенского заповедника. В 1714 г. была сооружена и сохранилась до наших дней замечательная 22-главая деревянная Преображенская церковь в селе Кижы. В 1738 г. был возведен деревянный шпиль башни высотой 72 м здания Адмиралтейства в Петербурге. В XVIII в. началось широкое строительство деревянных стержневых конструкций из брусев, бревен и досок.

Дальнейший процесс механизации обработки древесины как строительного материала обязан изобретению в 1799 г. дисковой пилы, позволившей намного увеличить скорость пиления. Примерно в это же время появились первые строгальные машины, заменившие издавна применявшиеся в плотничном деле рубанки.

В конце XVIII в. И. П. Кулибиным был разработан оригинальный проект деревянного огромного моста через р. Неву в Петербурге пролетом 300 м. Мост имел комбинированную систему и состоял из ряда гибких арок и жестких арочных ферм. Была изготовлена модель этого моста в 0,1 натуральной величины, ее испытания показали правильность решения и достаточную прочность конструкции. В натуральную величину такой мост построен быть не мог ввиду отсутствия в то время способов сооружения таких крупных конструкций. Идея комбинированных

конструкций Кулибина нашла применение в дальнейшем в решениях крупных строительных конструкций.

В начале XIX в. в России при строительстве Московского Манежа (арх. А. Бетанкур) были разработаны и впервые применены в покрытии большепролетные деревянные брусчатые треугольные стропильные фермы пролетом 50 м. В середине того же века Д. И. Журавский спроектировал и руководил строительством ряда деревянных мостов Московско-Петербургской железной дороги. Крупнейший из них – мост через р. Мсту имел семь пролетов длиной по 61 м каждый. Фермы этого моста имели деревянные брусчатые перекрестные раскосы и стойки в виде стальных тяжей. Он также создал метод расчета деревянных элементов на скалывание при изгибе и метод определения допускаемых напряжений древесины экспериментальным способом.

В начале XX в. В. Г. Шухов разработал первые деревянные пространственные конструкции. В Нижнем Новгороде был изготовлен под его руководством первый, предложенный им, деревянный свод пролетом 21 м из трех слоев досок, соединенных гвоздями. В г. Орске была построена разработанная им башня-градирня высотой 36 м сетчатой конструкции из стержней, расположенных перекрестно по поверхности гиперболоида вращения и соединенных болтами в местах пересечений.

Богатейшие лесные ресурсы нашей страны всегда обуславливали широкое применение древесины в качестве основного строительного материала. Деревянное строительство на территории России, Финляндии и Швеции основывалось на своеобразной срубной конструктивной системе. Усовершенствование техники обработки древесины способствовало возникновению разнообразных конструкций и архитектурных форм. Это были различные жилые, хозяйственные, крепостные и культовые срубные постройки. Они отличались своеобразием, самобытной красотой и не имели аналогов в других странах [1].

Пройдя длинный и сложный путь развития от полуземлянок, шалашей и свайных построек, русское деревянное жилище получило характерную трактовку, сохранившуюся вплоть до XX в. Особый интерес представляли крестьянские жилые дома русского севера, характеризующиеся своеобразными конструкциями и планировкой, богатством декора в виде резьбы и росписи. Дерево повсеместно использовалось и для строительства культовых зданий. Применение шатра в венчании столпов храмов привело к созданию великолепных произведений архитектуры.



Рис. 1. Кижский погост. Справа – Преображенская церковь

Высшим достижением деревянной строительной техники и эстетики являются Кижские храмы и уже упомянутая 22-главая Преображенская церковь (рис. 1). В этом памятнике конструктивные формы, несмотря на кажущуюся сложность объема, отличаются целесообразностью и ясностью. Они обеспечивают устойчивость церкви и в то же время способствуют, с одной стороны, ее сохранности, защите от атмосферных воздействий, вентилированию внутренних пространств, а с другой – созданию гармоничных пропорций с учетом поправок на зрительное восприятие.

В 30-х годах XX в. в связи с дефицитом стали и цемента значительно расширилось применение деревянных конструкций, особенно в промышленном строительстве. Началось применение дощато-гвоздевых балок и рам, брусчатых и сегментных ферм и балок на деревянных пластинках, предложенных В. С. Деревягиным. Был разработан и построен ряд кружально-сетчатых сводов и дощато-гвоздевых сводов-оболочек

пролетом до 50 м. В Москве было возведено из дерева большинство павильонов Всесоюзной сельскохозяйственной выставки.

Новые композиционные решения жилых и общественных зданий были предложены архитекторами И. В. Жолтовским и Н. В. Марковниковым. Высокими художественными достоинствами отличались павильоны И. В. Жовтовского «Шестигранник», «Полеводство», «Триумфальная арка» и другие, где открытые деревянные конструкции создавали совершенную архитектурную форму. Удачно найденными пропорциями, выразительной обработкой фасадов с декоративными деталями характеризовалась жилая застройка опытно-показательного поселка «Сокол» в Москве. Жилые дома, выполненные по проектам Н. В. Марковникова, представляют интерес и для современного строительства.

После Великой Отечественной войны развитие деревянной архитектуры было ориентировано на индустриальные методы строительства и на использование клееных конструкций. Создание в СССР мощной деревообрабатывающей промышленности способствовало развитию деревянных конструкций. Основным их потребителем было промышленное строительство. В 50-е годы началось производство клееных деревянных конструкций. Развитие этих прогрессивных конструкций оказалось возможным благодаря производству клеев на основе синтетических полимерных смол высокой прочности, водостойких и не подверженных гниению. Сначала применялись фенолоформальдегидные клеи, в дальнейшем – более надежные резорциновые и эпоксидные клеи. Позднее появилась клееная водостойкая фанера, были разработаны и начали изготавливаться первые клеелесовые балки, стойки, рамы, клеелесовые плиты и панели, а также первые типовые конструкции – клеелесовые фермы со стальными нижними поясами.

С середины 60-х годов с применением клеевых соединений строительство из дерева начало интенсивно развиваться, особенно в области несущих конструкций покрытий. Возникают новые их виды и в ассортимент несущих конструкций входят криволинейные элементы таких сложных для древесины форм как арки, своды, куполов.

Внедрение клееных деревянных конструкций совершило коренной переворот в использовании древесины в архитектуре: появились новые конструкции и новые формы, возросла пролетность сооружений, совершенно иными стали методы расчета и проектирования деревянных построек. Особенно зримо отразился научно-технический прогресс и, прежде всего, успехи химии и технологии полимеров на номенклатуре материалов и изделий из древесины в последние десятилетия. Наряду с прогрессивными клееными материалами и конструкциями широко внедряются в архитектурно-строительную практику древесно-стружечные и

древесно-волоконистые плиты, древесно-слоистые пластики, древополимерные и древометаллические детали и конструкции и т.п. Так, со второй половины XX в. древесина стала вновь одним из главных материалов архитектуры.

1.2. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ. ОСНОВНЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ПОРОДЫ

Древесина (ксилема) – сложная ткань древесных и травянистых растений, составляющая основную массу ствола корней и ветвей дерева. Строительные качества древесины определяются ее трубчато-волоконистым строением, анизотропией свойств, небольшой плотностью и сравнительно высокой прочностью вдоль волокон.

1.2.1. Структура древесины

Под микроскопом клетки древесины имеют форму спиралевидных (веретенообразных) волокон-трубочек (трахеидов), стенки которых состоят из вещества целлюлозы (рис. 2, поз. *a* и *б*).

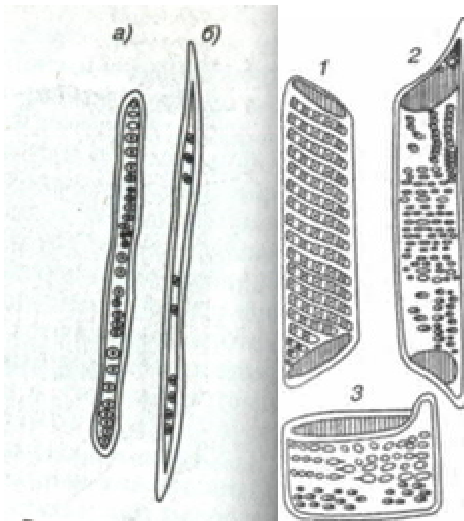


Рис. 2. Трахеиды ранней (*a*) и поздней (*б*) древесины сосны; проводящие сосуды лиственных пород:
1 – липы, 2 – бука, 3 – дуба

В зависимости от выполняемой функции клетки древесины классифицируются на три группы:

1) механические (опорные) – пустотелые отмершие клетки, вытянутые вдоль ствола. Их древесная ткань наиболее прочна и стойка к гниению. Они придают древесине механическую прочность;

2) проводящие – сосуды древесных пород (тонкостенные трубочки диаметром 0,04–0,3 мм), расположенные вдоль ствола. По этим трубочкам-сосудам передаются питательные вещества с влагой (рис. 2, поз. 1–3);

3) сердцевинные лучи – располагаются в радиальном направлении на торцевом срезе. По ним древесина сравнительно легко раскалывается, по ним же образуются трещины при высыхании.

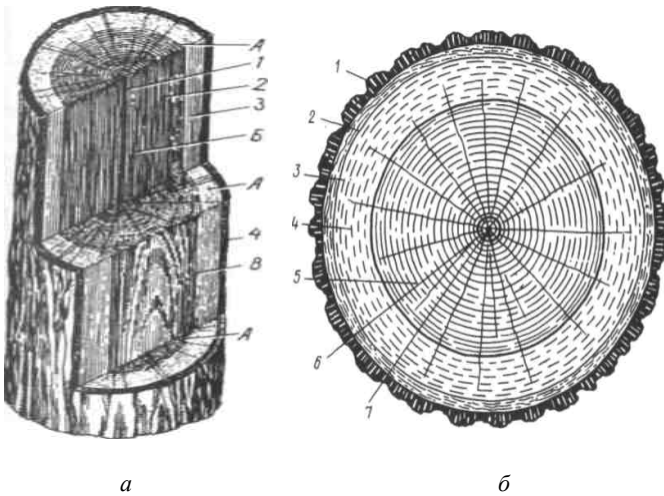


Рис. 3.

a – Разрезы ствола дерева:

A – торцевой (поперечный), *B* – радиальный, *V* – тангенциальный;

1 – сердцевина, *2* – ядро, *3* – заболонь, *4* – кора;

б – торцевой разрез ствола дерева:

1 – пробковый слой коры, *2* – лубяной слой коры, *3* – камбий, *4* – заболонь,

5 – ядро, *6* – сердцевинные лучи, *7* – сердцевина

Как известно, ввиду своего волокнистого строения, древесина обладает ярко выраженной анизотропией свойств. Поэтому для изучения макроструктуры древесины и ее свойств пользуются тремя основными разрезами: поперечным (торцевым); радиальным, проходящим через ось ствола и тангенциальным, проходящим по хорде вдоль ствола (рис. 3, *a*).

На торцевом срезе прослеживаются три разных участка древесины: сердцевина, ядро и заболонь (рис. 3, б).

В центральной части ствола располагается *серцевина* – рыхлая первичная ткань из тонкостенных клеток, имеет малую прочность и легко загнивает. Она представляет собой перезревшую древесину пониженной прочности, легко переходящую в трухлявость. Эта часть древесины недопустима в тонких досках и брусках, используемых для вытянутых и изгибаемых конструкций. Легко выкрашивается.

Окружающая сердцевину область называется *ядром*. Это спелая древесина, представляющая прекратившие свой рост клетки, лишённые соков. Она выделяется темным цветом. Ядровая часть древесины обладает наивысшей прочностью и стойкостью к загниванию, поэтому является лучшим по качеству строительным материалом.

Заболонь занимает периферийную часть ствола и состоит из колец более молодой древесины, окружающей ядро. Это живые клетки дерева. По ним перемещается влага с растворенными питательными веществами. Заболонь имеет большую влажность, чем ядро, менее стойка к загниванию и, вследствие значительной усушки, усиливает коробление пиломатериалов. Она обычно светлее ядра. Ежегодно нарастая концентрическими слоями, заболонь увеличивает толщину дерева. Ширина годовых колец зависит от породы дерева, его возраста, климата и места произрастания. Чем уже годовые кольца прироста и чем они равномернее, тем выше сорт древесины как строительного материала [2].

1.2.2. Свойства древесины

Свойства древесины определяются структурой и составом различных ее пород. Древесина обладает специфическими свойствами, подаренными ей природой. Человек с глубокой древности оценил это и приспособил древесину к своей повседневной жизни. Физические и механические свойства древесины – это и есть то, что резко выделяет ее среди других материалов, определяет способы ее заготовки, переработки, условия эксплуатации и способствует широкому использованию в строительстве и архитектуре.

1.2.2.1. Физические свойства

Физические свойства древесины характеризуются плотностью древесины, ее влажностью, гигроскопичностью, теплопроводностью, а также внешним видом, определяющим ее эстетические качества – цветом, блеском, текстурой, что имеет немаловажное значение в архитектуре.

Плотность. Истинная плотность древесины имеет примерно одинаковое значение для всех пород дерева и составляет 1,52–1,54 г/см³. Средняя же плотность колеблется в значительных пределах в зависимости от пород, условий роста дерева, влажности. Плотность древесины имеет большое значение. Ценность древесины с высокой плотностью заключается в ее прочности и хорошей обрабатываемости. К таким породам относятся: самшит, бук, клен, граб, груша. Поздняя древесина имеет более высокую плотность, чем ранняя, поэтому содержание поздней древесины в строительных изделиях и конструкциях должно быть не менее 20 %. Древесина хвойных пород имеет, как правило, сравнительно малую плотность, а лиственных – более высокую.

Влажность. Находящаяся в древесине вода заполняет частично каналы сосудов, полости клеток, межклеточное пространство и определяется как свободная (капиллярная) влага, а та, которая пропитывает оболочки (стенки) клеток, является связанной (гигроскопичной) влагой. Состояние, при котором древесина содержит максимальное количество гигроскопичной влаги, а капиллярная отсутствует, называется *пределом гигроскопичности*. В среднем он составляет 30 %.

При сушке древесины сначала с ее поверхности испаряется свободная влага, а затем – гигроскопическая. При постоянной температуре и влажности воздуха влажность древесины будет стремиться к определенной величине, называемой *равновесной* (устойчивой) влажностью. В комнатных условиях равновесная влажность 8–12 %, в воздушно-сухих (уличных) – 15–18 %. Она достигается в результате высыхания древесины (десорбции) или в результате поглощения древесиной влаги из воздуха (сорбции). При увлажнении древесины влагой, содержащейся в воздухе, влажность древесины не может превысить предела гигроскопичности, поскольку увлажняются только клеточные стенки – микрофибриллы. Увеличение влажности древесины выше предела гигроскопичности, т.е. заполнение влагой полостей клеток и межклеточных пространств, возможно только при непрерывном контакте с водой [3].

После удаления всей свободной влаги и с момента удаления гигроскопичной влаги начинается усушка древесины. Вследствие анизотропии усушка древесины по разным направлениям различна. Величина усушки пропорциональна плотности: чем выше плотность древесины, тем больше усушка. В результате того, что усушка в древесине происходит неравномерно, то в процессе сушки в древесине возникают внутренние напряжения, которые могут вызвать появление трещин. При изменении влажности от абсолютно сухого состояния до предела гигроскопичности и наоборот происходит изменение формы поперечного сечения пиломатериалов (коробление). Этот процесс сопровождается увеличени-

ем линейных размеров и объема древесины (набухание) – явление, обратное усушке. При эксплуатации изделий из древесины следует учитывать температурно-влажностные условия и защищать древесину от влажностных деформаций.

Гигроскопичность. Древесина, как капиллярно-пористый материал, обладает гигроскопичностью, т.е. способностью поглощать водяные пары из воздуха в зависимости от влажности и температуры окружающей среды и влажности самой древесины. При длительном нахождении древесины на воздухе с постоянной температурой и влажностью устанавливается состояние гигрометрического равновесия, характеризующееся тем, что упругость водяных паров в воздухе и капиллярах древесины одинакова. При нарушении равновесия в сторону повышения относительной влажности воздуха или понижения его температуры древесина будет поглощать влагу, и наоборот, при уменьшении относительной влажности воздуха или повышения его температуры будет наблюдаться испарение из древесины влаги до достижения равновесной влажности, соответствующей изменившимся температурно-влажностным параметрам среды.

Гигроскопичность древесины обуславливает изменяемость размеров деревянных конструкций в процессе эксплуатации зданий и сооружений при изменении температуры и влажности окружающего воздуха. С целью обеспечения стабильности размеров деревянных конструкций на их поверхность наносят водо- и воздухо непроницаемые покрытия: краски, лаки и т.д.

Теплопроводность. Древесина, как высокопористый материал, характеризуется относительно низкой теплопроводностью, которая зависит от ее породы, плотности, направления волокон и влажности. Теплопроводность вдоль волокон примерно в 2 раза выше, чем поперек волокон. Так, у сосны она равняется 0,35 и 0,17 Вт/(М·К) соответственно. Теплозащитные свойства древесины широко используются в строительстве. Толщина стен деревянных зданий может быть значительно меньше, чем каменных. В деревянных домах наблюдается и лучший обмен воздухом между внутренними помещениями и внешней средой – своеобразная естественная вентиляция, имеющая большое гигиеническое значение. Таким образом, малая теплоотдача и гигиеничность древесины обусловили ей издавна широкое применение в ограждающих конструкциях отопляемых зданий.

Акустические свойства. В древесине звук распространяется в различных направлениях по-разному: быстрее всего он распространяется вдоль волокон, медленнее – в радиальном и тангенциальном. Звукопроводность древесины вдоль волокон в 16 раз, а поперек волокон – в 3–4

раза выше, чем воздуха. Повышение влажности древесины снижает ее звукопроводность.

1.2.2.2. Механические свойства

Они характеризуют способность древесины сопротивляться воздействию внешних сил (нагрузок) и внутренних напряжений. По характеру действия эти нагрузки подразделяются на статические, динамические и вибрационные. Статические нагрузки возрастают медленно и плавно и, по достижению определенного значения, их величина либо остается постоянной, либо изменяется медленно и плавно. Динамические (ударные) нагрузки действуют мгновенно, достигая сразу всей максимальной величины. Вибрационные нагрузки непостоянны по величине (импульсные), меняющие направление. По продолжительности действия нагрузки делятся на постоянные и временные. Под воздействием внешних сил или каких-либо других воздействий в древесине возникают напряжения.

Прочность. Определяется способностью древесины сопротивляться механическим усилиям (растягивающим, сжимающим, изгибающим, скальвающим и т.п.). Благодаря анизотропии ее механические свойства неодинаковы в разных направлениях. Так, прочность поперек волокон составляет 0,1–0,3 прочности вдоль волокон. Кроме того, прочность древесины существенно зависит от ее влажности, причем влияние оказывает только гигроскопичная влага, с ростом которой прочность снижается. После достижения предела гигроскопичности (точки насыщения волокон) влажность практически не влияет на прочность древесины.

Испытания древесины на прочность производятся на образцах размером 20x20x30 мм, лишенных пороков. Результаты испытаний обрабатываются методом вариационной статистики в пересчете на стандартную влажность, равную 12 %:

$$R_{12} = R_w[1 + \alpha(W - 12)] \text{ [МПа]},$$

где R_w – предел прочности при влажности W , МПа; W – влажность испытуемой древесины, %; α – поправочный коэффициент на влажность, который показывает, на сколько изменяется прочность древесины при изменении влажности на 1 % (в пределах влажности от 0 до 30 %) [4].

Древесина характеризуется высокой прочностью при растяжении вдоль волокон. В среднем она составляет 120 МПа, что в 2–3 раза превышает прочность при сжатии в этом же направлении. Однако прочность при растяжении поперек волокон очень мала и составляет всего 6 МПа, поэтому следует избегать таких конструктивных решений, при

которых древесина работает на растяжение поперек волокон. Прочность при растяжении мало зависит от влажности, но весьма существенно изменяется у одной и той же породы в зависимости от строения и наличия пороков. Прочность при статическом изгибе также очень высока: она превышает прочность при сжатии вдоль волокон в среднем в 1,5–2 раза и составляет около 70–80 % прочности при растяжении, поэтому деревянные балки выдерживают очень большие нагрузки [5]. Прочность при скалывании имеет значение при устройстве врубок.

Коэффициент конструктивного качества (удельная прочность). Величина удельной прочности древесины при растяжении вдоль волокон приближена к сортам высокопрочной стали, следовательно, древесина по показателю коэффициента конструктивного качества конкурирует с современными конструктивными материалами.

По величине коэффициента конструктивного качества древесина опережает такие материалы как бетон, керамический и силикатный кирпич, стекло и ситаллы, металлы и сплавы, подавляющее большинство природных каменных материалов, но уступает пластмассам.

Статическая твердость. Она численно равна нагрузке, которая необходима для вдавливания в образец половины металлического шарика радиусом 5,64 мм, что соответствует площади отпечатка шарика в 1 см². Твердость древесины по торцу на 15–50 % больше, чем в радиальном и тангенциальном направлениях. Согласно значений показателя твердости к мягким древесным породам относятся: сосна, кедр, пихта, тополь, ель, осина, ольха; к твердым – дуб, бук, граб, береза, вяз, лиственница, клен. Твердые породы труднее обрабатываются, но обладают повышенной износостойкостью.

Жесткость. Способность древесины деформироваться под нагрузкой, характеризуется модулем упругости:

$$E = R/\varepsilon \text{ [МПа]},$$

где R – предел прочности древесины, МПа; ε – относительная деформация.

Модули упругости при сжатии и растяжении вдоль волокон одинаковы и для сосны составляют 12 300 МПа.

Кроме того, древесина стойко сопротивляется ударным и вибрационным нагрузкам. Это позволяет изготавливать из нее детали сложных конфигураций и надежно их соединять. В отличие от других видов строительных материалов древесина легко поддается механической обработке. Это ее свойство, а также малая масса (по сравнению, например, с железобетоном и металлом) облегчают конструирование не только про-

стых, но и сложных изделий. Для обработки древесины не требуются большие физические усилия, при этом применяются простые инструменты. Именно поэтому дерево издревле служило материалом для возведения жилищ, изготовления орудий труда, предметов быта.

1.2.2.3. Химические свойства

Стенки клеток (оболочки) древесины состоят преимущественно из целлюлозы – высокомолекулярного углеводорода состава $[C_6H_{10}O_5]_n$ со сложным строением макромолекул. Макромолекулы целлюлозы эластичны и сильно вытянуты, они способны сопротивляться химической агрессии. Как показала практика, древесина является химически более стойким материалом, чем металлы и железобетонные изделия. При строительстве складов химикатов и некоторых видов химических предприятий деревянные конструкции могут быть использованы без особой дополнительной защиты, которая обязательна для железобетонных или металлических конструкций.

1.2.2.4. Эстетические свойства

Фактура, цвет блеск и текстура определяют архитектурно-художественные свойства древесины. Каждая древесная порода обладает специфической поверхностью, дающей возможность использования ее в тех или иных архитектурных элементах.

Текстура. Это рисунок дерева, зависит от сочетания видимых элементов древесины, годовых слоев, сосудов, сердцевинных лучей. Цвет и текстура характерны для всех пород дерева. Это важнейшие свойства древесины и ее диагностические признаки. Текстура дуба, карельской березы, бука, груши высоко ценятся в отделочных работах.

Цвет – важнейшее эстетическое свойство древесины. Для каждой породы дерева характерен свой цвет. Он зависит от возраста, условий роста, времени после срезки, физико-химических воздействий.

Блеск – наблюдается, главным образом, у лиственных деревьев на радиальном срезе. Он зависит от плотности и степени обработки. Его придают и искусственным путем: полированием и покрытием лаком.

1.2.2.5. Достоинства и недостатки древесины

К положительным качествам древесины относятся: достаточно высокая механическая прочность; низкая теплопроводность; малая плотность; высокая морозостойкость; химическая и коррозионная стойкость;

легкость обработки; высокая удельная прочность; хорошее сопротивление ударным и вибрационным нагрузкам; высокие эстетические качества и природная декоративность; при правильном проектировании, изготовлении и эксплуатации долговечна и надежна. Древесина сравнительно легко и просто соединяется крепежными деталями; прочно и надежно склеивается; долго сохраняет красивый внешний вид; является, как правило, экологически чистым материалом. На нее хорошо наносятся защитные и декоративные составы. Энергоемкость изготовления изделий из древесины самая маленькая по сравнению с другими материалами. Все эти качества сделали употребление древесины в архитектуре экономически выгодным почти во всех областях, начиная с малых архитектурных форм и кончая большепролетными общественными и производственными зданиями [6].

К недостаткам древесины как строительного материала относятся: анизотропия свойств; неравномерная усушка и набухание; коробление при попеременном увлажнении и высушивании; низкая биостойкость и огнестойкость; высокая гигроскопичность. Существенно снижают эксплуатационно-технические свойства древесины ее пороки.

1.2.2.6. Пороки и дефекты древесины

Пороками древесины называются отклонения строения древесины от нормального, нарушения внешней формы ствола дерева и т.п. Пороки снижают качество древесины и ограничивают области ее применения в строительстве. Среди пороков наиболее распространены: сучковатость, наличие трещин, косослой, свилеватость, сбежистость, завиток.

Сучки – части ветвей, заключенные в древесине. Они нарушают однородность строения древесины, вызывают искривления волокон и затрудняют механическую обработку. Сучки подразделяются на здоровые и пораженные гнилью (рис. 4). В последнем случае древесину нельзя применять для ответственных деревянных конструкций, так как такие сучки не только понижают механические свойства древесины, но и могут явиться источником распространения грибковой инфекции. Здоровые сучки по степени срастания делят на сросшиеся, частично сросшиеся, несросшиеся и выпадающие.

Трещины – это разрывы древесины вдоль волокон. Они нарушают ее целостность, снижают механическую прочность и долговечность. Метиковые трещины имеют радиальное направление в ядре и заболони и отходят от сердцевины. Они возникают в растущем дереве и увеличиваются в срубе при его высыхании. Различают простые и сложные метиковые трещины. Простые состоят из одной-двух расположенных на обеих сто-

ронах бревна и лежащих в одной плоскости трещин. Сложный метик состоит из одной или нескольких трещин, расположенных на торцах бревна и лежащих в разных плоскостях.

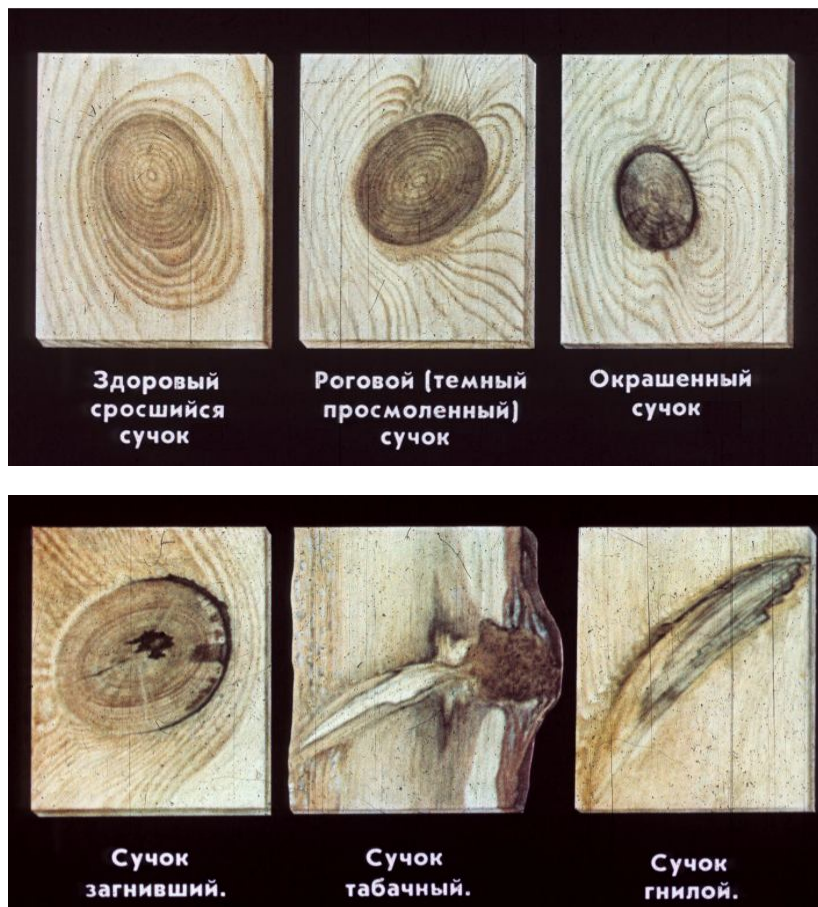


Рис. 4. Разновидности сучков

Морозные трещины (морозобоины) образуются в растущем дереве, направлены радиально и проходят из заболони в ядро. Отлупные трещины (отлупы) проходят между годичными слоями (рис. 5). Есть также трещины усушки, которые возникают при высыхании древесины.

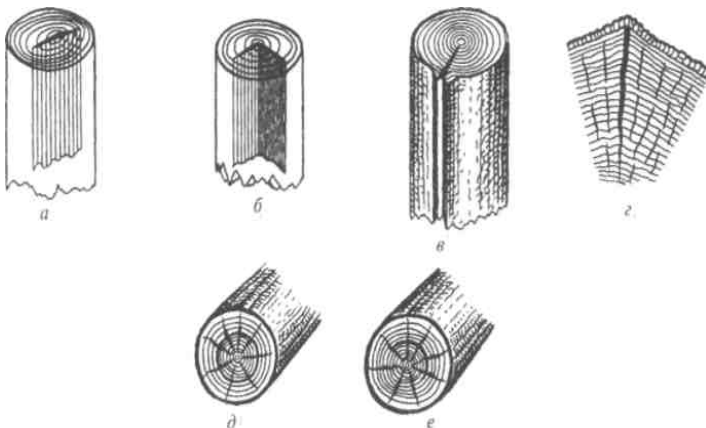


Рис. 5. Виды трещин:

a, б – метиковая простая и сложная; *в, з* – морозобоина открывающаяся и закрывающаяся;
д, е – отлуп кольцевой и частичный

Завиток – порок, характеризующийся местным искривлением годовых слоев. Завиток понижает прочность древесины, в частности, при сжатии вдоль волокон и при изгибе.

Косослой – порок древесины, характеризующийся винтообразным, косым расположением волокон в стволе. Прочность древесины, в частности при сжатии вдоль волокон, заметно понижается при отклонении направления волокон от оси ствола более чем на 5 см на 1 м длины. Косослой повышает усушку и коробление древесины.

Свилеватость – порок, выражающийся в волнистом и путаном расположении древесных волокон. Свилеватость понижает прочность древесины при изгибе, но повышает сопротивление сжатию и раскалыванию.

Крень – изменение строения древесины, когда годовые кольца имеют разную толщину и плотность по разные стороны от сердцевины. Крень нарушает однородность древесины.

Двойная сердцевина. Наличие в стволе двойной сердцевины снижает ценность древесины и ее качества. Она имеет вид двух систем концентрических слоев древесины при общей системе годовых слоев на периферии ствола, который в этом месте в поперечном сечении имеет обычно не круглую, а овальную форму. Этот порок затрудняет переработку (особенно распиловку и лущение) древесины и повышает количество отходов. Древесина, окружающая двойную сердцевину, приобретает повышенную склонность к растрескиванию.

Разновидности данных пороков изображены на рис. 6.

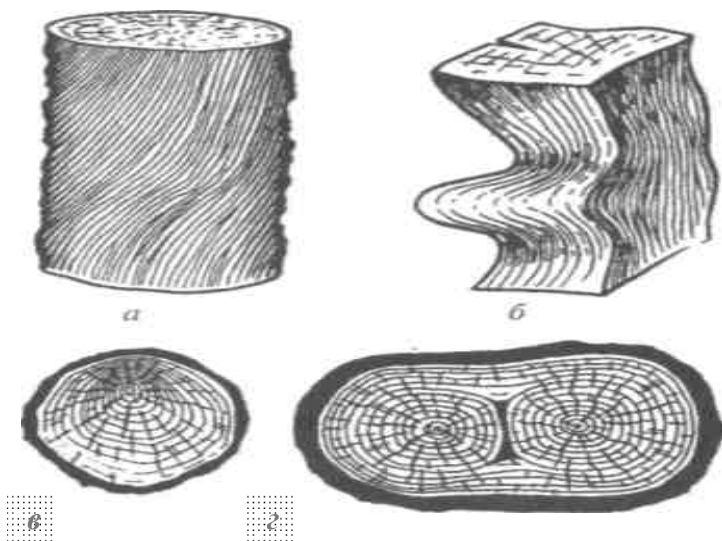


Рис. 6. Пороки строения древесины:

а – косошлой; б – свилеватость; в – крень; г – двойная сердцевина

Сбежистость – порок, характеризующийся уменьшением диаметра ствола от комля к вершине более чем на 2 см на 1 м длины ствола. Сбежистость понижает выход пиломатериалов, а в некоторых случаях и сортность древесины вследствие образования искусственного косошля.

Закомелистость – резкое увеличение диаметра комлевой (нижней) части ствола. Закомелистость бывает округлой и ребристой. В любом случае она увеличивает количество отходов и искусственно вызывает косошлю в готовой продукции.

Кривизна ствола – искривление ствола дерева в одном или нескольких местах. Сильная кривизна переводит древесину в разряд непригодной для строительных целей.

Пороки формы ствола дерева изображены на рис 7.

Дефектами древесины называют пороки механического происхождения, возникающие в процессе заготовки, транспортировки, сортировки, штабелирования и обработки.

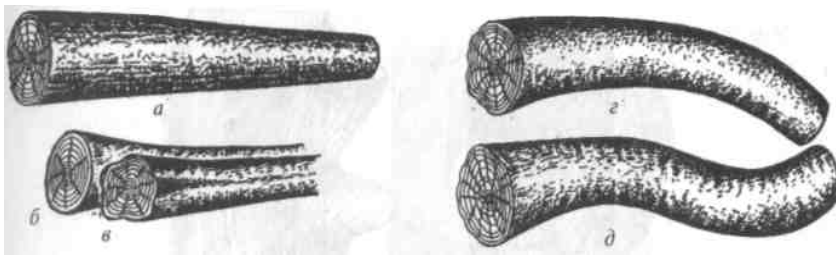


Рис. 7. Пороки формы ствола:

а – сбежистость; *б, в* – закомелистость округлая и ребристая; *г, д* – кривизна простая и сложная

1.2.2.7. Долговечность древесины и способы ее повышения

Древесина, обладая многими положительными свойствами, делающими ее ценным конструкционным материалом для индустриального строительства, вместе с тем менее надежна в эксплуатации, чем железобетон, сталь и кирпич. Поскольку древесина является материалом органического происхождения, ей свойственны такие недостатки, как способность подвергаться гниению и разрушаться под действием огня.

Гниение – процесс разложения целлюлозы вследствие деятельности дереворазрушающих грибов и микроорганизмов. Сильнее гниют изделия, находящиеся в условиях повышенной влажности. Поэтому основным средством предотвращения гниения является применение для деревянных конструкций сухой древесины и ее предотвращение от увлажнения. Достигается это использованием лаков, эмалей, красок, созданием условий для естественной вентиляции, что предотвращает накопление влаги, пропиткой древесины различными гидрофобизаторами. Наиболее эффективным средством защиты древесины от процессов гниения является ее обработка антисептиками. Они или непосредственно убивают грибы, или создают среду, в которой их жизнедеятельность становится невозможной. К антисептикам относятся: фтористый натрий, кремнефтористый натрий, хлористый цинк и т.п. [7; 8].

Следует отметить, что в сухих условиях древесина сохраняется довольно долго при надлежащем проветривании. Также она долговечна при постоянном нахождении в воде без доступа воздуха. Но, как уже отмечалось, разрушающе на древесину действуют попеременное увлажнение и высушивание, грибы, насекомые, кроме того, она обладает легкой воспламеняемостью (температура воспламенения древесины 250–300 °С). Для повышения огнезащитных свойств деревянные изделия

и конструкции подвергают специальной обработке. Для этого древесину покрывают огнезащитными красочными составами или пропитывают антипиренами.

Огнезащитные красочные составы состоят из связующего вещества (жидкого стекла), наполнителя (кварцевого песка, мела, магнезита и пигмента – охры). Огнезащитное действие красочного состава проявляется в том, что при пожаре краска пузырится и образующийся пористый слой замедляет нагревание древесины. *Антипирены* – фосфорно- и серно-кислые соли аммония. Их защитное действие основано на том, что при нагреве они выделяют негорючие газы, снижающие концентрацию кислорода в воздухе вблизи конструкции. В свою очередь, при сильном нагреве антипирены плавятся, покрывая древесину негорючей пленкой.

1.2.2.8. Основные древесные породы

Хвойные породы

Сосна – ядровая порода. Ядро обычно буро-красного цвета, заболонь – желтого. Древесина сосны мягкая (плотность 470–540 кг/м³) и прочная, слоистая, легко обрабатывается.

Ель – применяется в строительстве наравне с сосной, но по качеству ей уступает. Ель имеет спелую древесину белого цвета с желтоватым оттенком, менее смолистую и более легкую, чем у сосны (плотность 440–500 кг/м³). Вследствие большого количества твердых сучков ель трудно обрабатывать.

Лиственница – имеет ядро красновато-бурого цвета, заболонь узкая и по цвету резко отличается от ядра. Древесина плотная (630–790 кг/м³), твердая и прочная, менее подвержена гниению, чем древесина сосны, поэтому лиственница особенно ценится в гидротехническом строительстве и мостостроении, а также в изготовлении шпал.

Кедр – имеет мягкую и легкую древесину, показатели ее механических свойств ниже, чем у сосны. Применяют в виде круглого леса и пиломатериалов, для столярных изделий и отделки мебели.

Пихта – древесина схожа с елью, но не имеет смоляных ходов, легко загнивает. Поэтому ее не применяют во влажных условиях эксплуатации.

Лиственные породы

Дуб – имеет плотную (около 720 кг/м³), очень прочную и твердую древесину. Ядро темно-бурого цвета, резко отличается от желтоватой

заболони. Многочисленные сердцевинные лучи видны на всех разрезах и придают древесине дуба своеобразную текстуру. Дуб применяют в ответственных конструкциях, гидротехнических сооружениях, мостостроении, производстве мебели, столярных изделий, паркета, фанеры. Особенно ценится мореный дуб черного или темно-серого цвета.

Ясень – имеет тяжелую ($660\text{--}740\text{ кг/м}^3$), гибкую и вязкую, но менее прочную древесину, чем у дуба. Благодаря красивой текстуре ценится в мебельном производстве и в качестве отделочного материала.

Береза – заболонная порода, имеет тяжелую (около 650 кг/м^3) древесину, которая относительно легко загнивает в сырых и плохо вентилируемых местах. В больших количествах березу используют для изготовления фанеры, столярных изделий и отделочных материалов.

Бук – спелодревесная порода, ее древесина имеет белый цвет с красноватым оттенком, тяжелая (около 650 кг/м^3) и твердая, легко раскалывается, относительно легко загнивает. Применяется для производства паркета, мебели, фанеры.

Граб – имеет древесину, схожую с буковой, но более тяжелую. Используется для тех же целей, что и бук.

Осина – заболонная порода, древесина мягкая с зеленым оттенком, легкая ($420\text{--}500\text{ кг/м}^3$), склонна к загниванию, служит исходным сырьем для изготовления фанеры и древесных плит.

Ольха – заболонная порода с мягкой древесиной, склонной к загниванию. Области использования те же, что и у березы.

Липа – спелодревесная мягкая порода, используемая для изготовления фанеры, мебели, тары.

Хвойные породы по сравнению с лиственными имеют древесину лучшего качества, хорошую прямизну и длину ствола. В строительстве их используют чаще, чем лиственные (90 % – хвойных, 10 % – лиственных).

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Все лесоматериалы принято подразделять на две большие группы: *обработанные* и *необработанные* (рис. 8). Под необработанными или круглыми подразумеваются отрезки древесных стволов с корой или без нее, с обрубленными сучьями и правильно опилёнными торцами. В зависимости от диаметра ствола в верхнем срубе они в свою очередь подразделяются на *бревна* (не менее 12 см), *подтоварник* (8–11 см) и *жерди* (3–7 см).

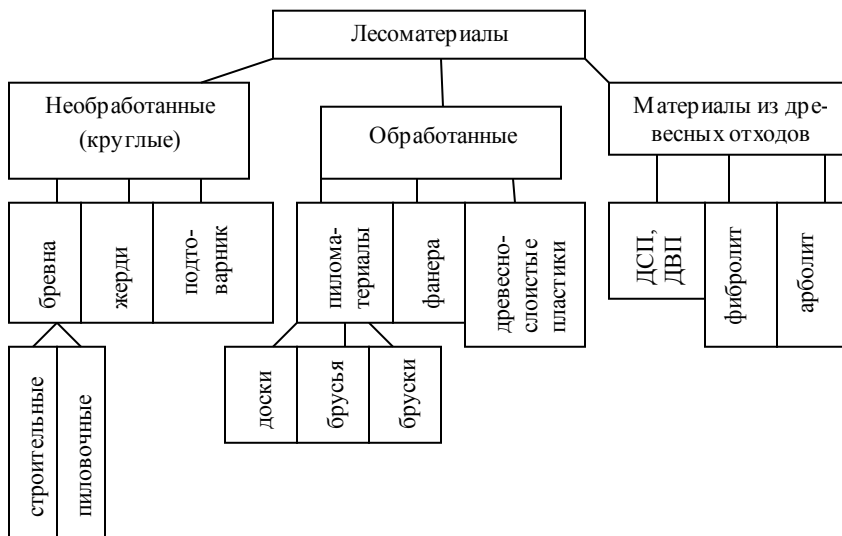


Рис. 8. Классификация древесных материалов

Бревна, в зависимости от назначения, бывают строительные и пиловочные. Строительные бревна изготавливают из стволов сосны, лиственницы, кедра, ели, дуба. Они предназначены для несущих строительных конструкций промышленных, общественных и жилых зданий и гидротехнических сооружений, а также для свай, элементов свайных опор и пролетных строений деревянных мостов. Пиловочные изготавливают из стволов хвойных и лиственных пород и предназначаются для получения различных пиломатериалов. Короткие толстые бревна (диаметром более 20 см) называют *кряжами*, их используют для получения различных видов фанеры.

К обработанным лесоматериалам относятся *пиломатериалы*, *фанера* и *древесные пластики*.

Пиломатериалы представляют собой отдельные части пиловочных бревен, полученные после продольной их распиловки. В свою очередь, они подразделяются на *доски*, *бруски* и *брусья* (рис. 9).

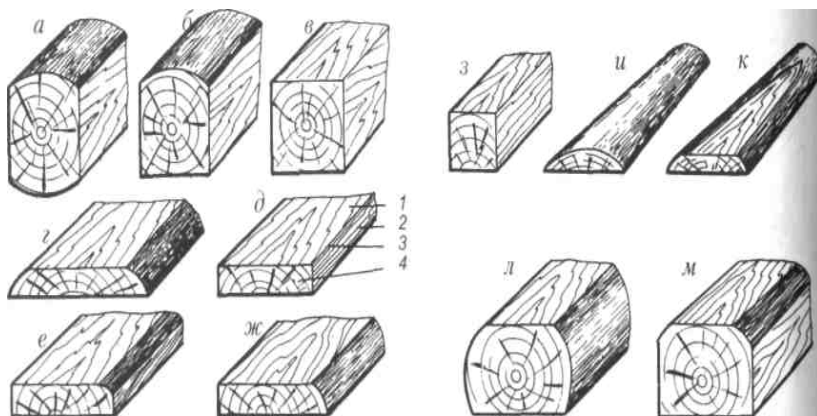


Рис. 9. Виды пиломатериалов:

а – двухкантный брус; *б* – трехкантный брус; *в* – четырехкантный брус; *г* – доска необрезная; *д* – чистообрезная доска; *е* – обрезная доска с тупым обзолом; *ж* – обрезная доска с острым обзолом; *з* – брусок; *и* – облопол горбыльный; *к* – облопол дощатый; *л* – шпала необрезная; *м* – шпала обрезная; *1* – пласть доски; *2* – кромка; *3* – ребро; *4* – торец

Досками называют пиломатериалы толщиной до 10 см, ширина которых более двукратной толщины. Бруски также имеют толщину до 10 см, но ширина их менее двукратной толщины. Доски и бруски, в свою очередь, подразделяют на обрезные с пропиленными кромками и необрезные, у которых кромки не пропилены. Брусья – это пиломатериалы, толщина и ширина которых более 10 см. Они бывают четырехкантные, трехкантные и двухкантные. Строительные брусья применяют для несущих конструкций зданий – балок, междуэтажных перекрытий, стропил, а также для пролетных строений мостов. Из брусков изготавливают элементы деревянных конструкций и столярные изделия. Доски используют для изготовления элементов деревянных конструкций.

В строительстве применяют в основном пиломатериалы из хвойных пород: сосны, ели, лиственницы, пихты, кедра; реже из лиственных: дуба, бука, ясеня, клена, вяза, березы, ольхи, осины, тополя, липы. Выход пиломатериалов из бревен составляет 60–65 % [9; 10].

Фанера – представляет собой конструкционно-отделочный листовый материал, состоящий из трех и более слоев лущеного шпона, склеенных между собой с взаимноперпендикулярным расположением волокон в смежных листах. По числу слоев шпона различают трехслойную, пятислойную и многослойную фанеру (число слоев всегда нечетное). Наружные слои шпона называют «рубашками», а внутренние – «сердинками».

Под лицевую «рубашку» выбирают шпон с меньшими древесными пороками, чем для внутренних слоев. Шпон получают на специальных лущильных станках путем срезания слоя древесины в виде непрерывной широкой ленты с вращающегося, предварительно распаренного кряжа и последующего раскраивания на форматные листы (рис. 10). Для склеивания шпона применяют водостойкие клеи (фенолоформальдегидные, карбамидные или белковые). Для получения клееной фанеры наиболее широко используют древесину березы, бука и сосны. Фанеру выпускают различной толщины и формата, плоскую и профилированную. Если толщина слоев превышает 12 мм, то такие изделия называют фанерными плитами.

Фанера является одним из распространенных отделочных материалов. Из всех известных плитных материалов на основе древесины наиболее качественным и универсальным для строительства является строительная фанера. Она издавна применялась в архитектуре интерьера и производстве мебели, а в настоящее время, благодаря специальной обработке, используется и для внешней отделки зданий. Фанерой отделывают стены и потолки по реечному каркасу, прикрепленному к железобетонным, деревянным или каменным конструкциям, при этом швы между листами обивают деревянными раскладками. Кроме того, фанеру применяют для изготовления дверей, перегородок, панелей, балок и рам.

Фанеру повышенной водостойкости, обладающую высокой прочностью и жесткостью, применяют для изготовления пространственных несущих и ограждающих конструкций, в том числе и для условий повышенной влажности, в частности, в качестве кровельного материала. Березовая фанера повышенной прочности называется *бакелизированной*. Ее изготавливают из листов шпона, пропитанного и склеенного фенолоформальдегидными смолами. Она имеет предел прочности при растяжении 60–80 МПа и легка как древесина. Кроме высокой прочности она обладает повышенной водо- и атмосферостойкостью. В некоторых случаях, для придания бакелизированной фанере большей прочности, между отдельными ее слоями прокладывают армирующую металлическую сетку или облицовывают лицевую поверхность металлической фольгой. Бакелизированная фанера служит, главным образом, для внутренних облицовок в общественных зданиях, в качестве наружного слоя щитовых дверей, а также для изготовления легких конструктивных элементов, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности [11].

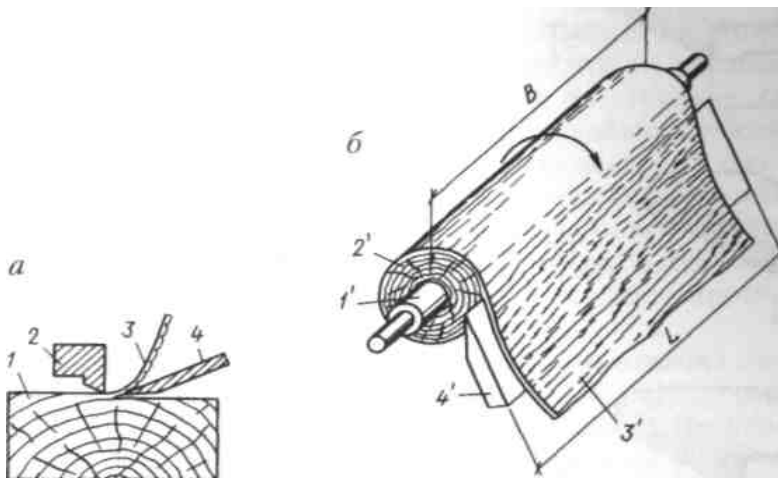


Рис. 10. Схемы получения строганого (*а*) и лущеного (*б*) шпона:
а – 1 – брус, 2 – прижимная рейка, 3 – лист строганого шпона, 4 – нож;
б – *L* – длина ножа; 1' – кулачок; 2' – чурок; 3' – лист лущеного шпона; 4' – нож

Фанера декоративная применяется как отделочный материал в архитектуре. Она облицовывается пленочными покрытиями, иногда в сочетании с декоративной бумагой, имитирующей текстуру ценных пород древесины. По характеру покрытия лицевая поверхность бывает глянцевой и полуматовой.

Древесно-слоистые пластики. Это листовые, плитные и профильные древесные материалы с улучшенными свойствами, изготавливаемые механической, термической, химической и комбинированной обработкой сырья. Древесно-слоистые пластики представляют собой листы или плиты, изготовленные из лущеного шпона, пропитанные и склеенные фенолоформальдегидным полимером под давлением в процессе термообработки. По сути это древесные пластмассы, в которых роль основного армирующего элемента – наполнителя выполняют листы лущеного шпона. Эти материалы имеют гладкую, напоминающую лакированную, поверхность с хорошо просматриваемой текстурой древесного шпона.

Они отличаются от фанеры большей плотностью и более высокими механическими свойствами. Они стойки к действию масел, растворителей, моющих средств. Применяются при отделке мебели, покрытия для полов, для изготовления многих строительных конструкций в качестве вспомогательных, крепежных и монтажных элементов – прокладки, окаймляющие ребра; вкладыши, болты, стержни и т.п. Их используют

также для конструкций, к которым предъявляются требования повышенной химической стойкости, высокого сопротивления истиранию, гладкости поверхности. Они успешно заменяют во многих отраслях стройиндустрии черные и цветные металлы, дорогостоящие текстолит и гетинакс [12].

Материалы из древесных отходов. К ним относятся *древесно-стружечные, древесно-волокнистые и цементно-стружечные плиты, фибролит и арболит.*

Древесно-стружечные плиты (ДСП) получают горячим прессованием древесной стружки со связующими веществами (мочевино- и фенолоформальдегидными смолами). По виду обработки поверхности плиты могут быть шлифованными или с шероховатой поверхностью. Их применяют в каркасных конструкциях, для облицовки стен и потолков, для устройства ограждений, оснований под полы, встроенной мебели, а также для звукоизоляции. Применение их в помещениях с повышенной влажностью не рекомендуется. Во многих случаях ДСП являются составной частью трехслойных панелей. В этом случае обшивками служат сверхтвердые древесно-волокнистые плиты, а средним слоем – ДСП. Такие панельные конструкции, обладающие высокой прочностью и отличными теплозвукоизоляционными свойствами, идут на строительство стандартных малоэтажных домов. ДСП могут также с успехом применяться для устройства сплошного основания под кровлю из рулонных или плиточных материалов. К недостаткам ДСП относятся: разнотолщинность и коробление, что обусловлено старением синтетических связующих, изменениями влажности и т.п. [13].

Древесно-волокнистые плиты (ДВП) получают также горячим прессованием, но уже волокнистой массы, которую получают измельчением «неделовой» древесины (отходов деревообработки, макулатуры, стеблей тростника) со связующим – смолой. ДВП имеют те же области применения, что и ДСП, но в отличие от последних, они обладают высокими звукопоглощающими свойствами, их используют, главным образом, для акустической отделки стен. Особенно ценными для строительства являются отделочные и теплозвукоизоляционные ДВП. Красивый внешний вид, разнообразие цвета и фактур, крупноформатные размеры, легкость монтажа и обработки, невысокая стоимость предопределяют высокую эффективность их применения [14].

Цементно-стружечные плиты (ЦСП) – новый конструктивный листовый материал, обладающий рядом свойств основных его компонентов – цемента и древесины: высокой прочностью, влагостойкостью, трудной сгораемостью, биостойкостью, отсутствием токсичности, легкостью обработки. Эти свойства позволяют использовать ЦСП в качестве

обшивки ограждающих конструкций (плит покрытий и перекрытий, панелей стен и перегородок) взамен традиционных листовых материалов – асбестоцемента, фанеры, пиломатериалов и древесных плит. Они могут применяться также в качестве материала для огнестойких дверей, потолочной облицовки и подвесных потолков, для элементов фронтонов, крыш, полов, подоконных досок и вентиляционных каналов.

Благодаря хорошим физико-механическим и строительным свойствам ЦСП могут использоваться как листовым материалом широкого назначения. Кроме перечисленных положительных свойств их отличает также хорошее склеивание с древесиной, полимерами и металлами.

ЦСП имеют плотность $1100\text{--}1400\text{ кг/м}^3$, прочность – до 15 МПа. Размер листов $3,2 \times 1,2\text{ м}$ при толщине 8–40 мм. По сравнению с производством асбестоцементных листов и ДСП выпуск 1 м^3 ЦСП позволяет экономить 630 кг цемента и 420 кг древесины соответственно. При использовании ограждающих конструкций с деревянным каркасом и обшивками из ЦСП вместо железобетонных плит масса зданий снижается в 2,5–3 раза, расход стали – на 4 кг/м^3 , трудозатраты в 1,5–1,8 раза, стоимость – на 7–10 % [15].

Организация производства ЦСП, разработка и внедрение ограждающих конструкций с их применением – важная народнохозяйственная задача, решение которой будет способствовать расширению строительства малоэтажных панельных деревянных жилых домов с применением этого эффективного листового материала.

Фибролит – теплозвукоизоляционный материал с плотностью $300\text{--}500\text{ кг/м}^3$. Его изготавливают в виде плит, размером по длине – 240–300 см, ширине – 50–120 см и толщине 3–10 см из смеси специально нарезанной древесной стружки, портландцемента, химических добавок и воды. Используется в качестве теплоизоляционного, конструктивно-теплоизоляционного и акустического материала в строительных конструкциях зданий и сооружений с относительной влажностью воздуха в помещении не выше 75 %. Фибролит имеет коэффициент звукопоглощения 0,5–0,6, а теплозащитные свойства фибролитовых плит толщиной 25–30 мм соответствуют теплозащитным свойствам кирпичной кладки толщиной 355 мм. Он также морозостоек – выдерживает более 50 циклов. Фибролитовые плиты хорошо штукатурятся цементно-песчаными и гипсовыми растворами и обрабатываются режущим инструментом. Водопоглощение фибролита в два с лишним раза ниже, чем древесины. Он относится к трудногоряемым и биостойким материалам. Фибролит применяют в жилищном строительстве в качестве теплоизоляционного слоя в стеновых панелях различных конструкций, для утепления чердачных перекрытий, совмещенных кровель, карнизных панелей, вентиляци-

онных каналов. При использовании в качестве акустического материала фибролитовые плиты лучше устанавливать на некотором расстоянии от стен или потолков, так как в этом случае увеличивается коэффициент звукопоглощения облицовки.

Фибролит является достаточно долговечным материалом, если он конструктивно защищен от непосредственных климатических воздействий слоем штукатурки или бетона. Вместе с тем, отмечается его низкая водостойкость и высокая воздухопроницаемость [15].

Арболит – легкий деревобетон, получаемый на минеральном вяжущем, органическом целлюлозном заполнителе растительного происхождения, химических добавках и воде. Для изготовления арболита применяют в качестве вяжущего портландцемент и его разновидности, заполнителем служат отходы лесозаготовок и деревообработки (опилки, стружка, сучья, срезки, горбыль). В отечественной практике строительства арболит стал применяться с начала шестидесятых годов XX в. Изделия из арболита подразделяют: по назначению – теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные; по наличию арматуры – армированные и неармированные; по наружному профилю – на гладкие, ребристые и сложного профиля; по отделке поверхностей – офактуренные цементным раствором или полимерными материалами и неофактуренные.

Арболиту присущи высокая прочность, огне- и биостойкость, небольшая плотность и теплопроводность, легкость обработки режущим инструментом и гвоздимость. Плотность теплоизоляционного арболита не превышает 500 кг/м^3 , а конструкционно-теплоизоляционного составляет $500\text{--}850 \text{ кг/м}^3$. Благодаря положительным свойствам арболитовые изделия нашли широкое применение в строительстве. Это стеновые панели и блоки, плиты покрытия для совмещенных кровель и плиты перекрытия, перегородочные плиты, тепло- и звукоизоляционные плиты, объемно-пространственные конструкции, монолиты. Арболит хорошо сцепляется со стальной арматурой, поэтому весьма распространены армированные конструкции и изделия из арболита [16].

Арболит зарекомендовал себя отличным стеновым материалом. Благодаря крупнопористой структуре этот легкий бетон обладает ценными, особенно для сельскохозяйственного строительства, качествами: высокой теплоизоляцией и способностью поддерживать осушающий режим в помещениях. Широкое применение арболита в строительстве дает возможность решить один из наиболее важных вопросов экономики строительства – снижение массы зданий, уменьшение трудоемкости и стоимости строительства, улучшение качества возведения объектов и микроклимата помещений.

1.4. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Древесные материалы применяют в современной архитектуре как конструкционные, но чаще как конструкционно-отделочные и отделочные. Древесина широко используется в качестве напольных покрытий, отделки стен и потолков, изготовления оконных и дверных блоков, оформления лестниц. Данную категорию составляют столярно-строительные изделия и элементы индустриальных деревянных конструкций. К столярно-строительным изделиям относятся фрезерованные деревянные детали (деревянные изделия для покрытия пола, изделия для паркетных полов, оконные, дверные и балконные блоки, подоконные доски и др.). Элементы индустриальных несущих и ограждающих деревянных конструкций изготавливают из цельной древесины (бревен, брусьев, досок) и из клееной древесины.

1.4.1 Фрезерованные детали для строительства

Фрезерованные детали представляют собой элементы небольшого поперечного сечения, обработанные путем фрезерования на деревообрабатывающих станках. К ним относятся доски и бруски для покрытия полов, плинтусы, наличники, поручни, обшивки и раскладки (рис. 11).

Доски для полов изготавливают двух типов: толщиной 28 и 36 мм. Доски толщиной 36 мм предназначены для устройства полов в промышленных зданиях, физкультурных залах и других помещениях с повышенной нагрузкой на полы. Доски для полов на одной кромке имеют паз, а на другой – гребень. Нижняя плоть должна быть уже верхней пласти на 1 мм. Это делается для того, чтобы с лицевой стороны поверхность пола была плотной, без щелей.

В зависимости от условий эксплуатации помещения к полам предъявляются требования по износостойкости, способности выдерживать механические нагрузки, теплопроводности, звукоизоляции, а также санитарно-гигиенические, экономические и эстетические. Архитекторы при выборе вида и конструкции пола в первую очередь учитывают показатели его качества, трудоемкость работ, экономичность.

Дощатые полы являются пока наиболее распространенными в РФ: они составляют около 50 % в жилищно-гражданском строительстве и свыше 90 % – в сельском. Однако, в последнее время, дощатые полы вытесняются более прогрессивными их видами. Дощатые полы применяют в жилых и общественных зданиях массового строительства, а также в некоторых промышленных предприятиях. Эти полы, ввиду слабой

сопротивляемости температурно-влажностным изменениям (разбухают и усыхают), требуют применения высокосортных пиломатериалов с последующей обработкой – сушкой и пропиткой антисептиками. Доски для полов изготавливают из сосны, ели пихты, лиственницы. Эксплуатация дощатых полов связана с затратами на периодическую окраску масляными красками, эмалями или покрытие лаками.

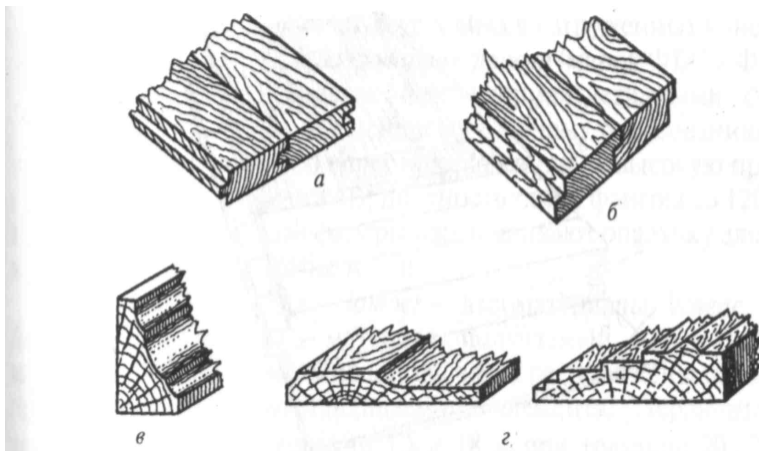


Рис. 11. Строганный и профилированный погонаж:
 а – шпунтованные доски с прямоугольным пазом и гребнем; б – фальцованные (в четверть); в – плинтус; з – наличник

Бруски находят менее широкое применение, чем доски. Бруски служат, главным образом, для настила пола в специальных помещениях. В зависимости от назначения помещения дощатые полы могут быть с одинарным и двойным настилом и с настилом из короткомерных досок.

Плинтусы служат для оформления углов между стеной и полом. В зависимости от профиля выпускают четыре типа плинтусов: ширина и толщина плинтусов 1-го типа – 54 и 16 мм; 2-го – 54 и 19 мм; 3-го – 35 и 22 мм; 4-го – 25 и 25 мм. Плинтусы обычно изготавливают из древесины хвойных пород.

Для отделки оконных и дверных проемов служат *наличники*. Их изготавливают обычно из древесины сосны. Они представляют собой неширокие тонкие детали, обработанные со всех сторон. Получили распространение наличники двух основных типов: широкие – до 74 мм в сечении и узкие – до 34 мм. Толщина наличников 13 мм. В зависимости от утилитарного назначения наличники пропитывают специальными растворами

и покрывают лаками или шпаклюют, шлифуют наждачной бумагой и окрашивают особо стойкими красками [17].

Поручни для перил по форме и размерам поперечного сечения бывают шириной 54 и 74 мм, толщиной – 27 мм. Поручни изготавливают двух типов: 1 – для перил, 2 – для лестниц общественных зданий. Они отличаются по форме и размерам поперечного сечения.

Для защиты стен деревянных домов от увлажнения и в качестве архитектурного оформления их облицовывают *обшивкой* (вагонкой). Ее также выпускают нескольких типов. Лицевая поверхность обшивки может быть гладкой или профилированной. Элементы обшивки имеют паз и гребень.

Раскладки служат, главным образом, для оформления углов в местах соединения панелей. Раскладки являются необходимым элементом отделки помещения, где применена сухая штукатурка, орголит или тес. Материалом для них служат любые породы древесины и даже отходы лесопиления – горбыли, обзолные рейки. В раскладках не допускаются сучки большого диаметра. Профиль раскладки зависит от ее назначения: для заделки стыкового шва, для заделки шва во внутренних и внешних углах, для карниза и верха панели. Длина раскладки не лимитируется.

Доски подоконные изготавливают из сосны и ели. В зависимости от профиля лицевых кромок доски бывают с фаской или с закругленной кромкой. Подоконные доски изготавливаются клееными по длине и ширине из отрезков досок или брусьев, а по ширине досок 144 мм их допускается изготавливать из целых пиломатериалов.

Фрезерованные погонажные детали – поручни, плинтусы, наличники, раскладки, а также подоконные доски, как правило, окрашиваются за два раза или облицовываются синтетическими пленочными материалами.

1.4.2. Изделия для паркетных покрытий полов

В народной архитектуре для покрытия полов в избах служили специально вырубленные тесницы – широкие и массивные, а в городских постройках богатых и знатных людей уже в XVII в. полы отделялись паркетом. Зодчие издавна придавали большое значение устройству полов. В настоящее время промышленность предлагает большое количество материалов для покрытия полов, тем не менее лучшими считаются паркетные полы из натуральной древесины.

Паркетные полы отличаются большим разнообразием: паркетные доски, паркетные щиты, штучный и мозаичный паркет. Они выпускаются в полностью отделанном виде и на стройке их монтируют. Исходным

материалом для паркетных планок служит древесина дуба, бука, ясеня, клена и других твердых пород.

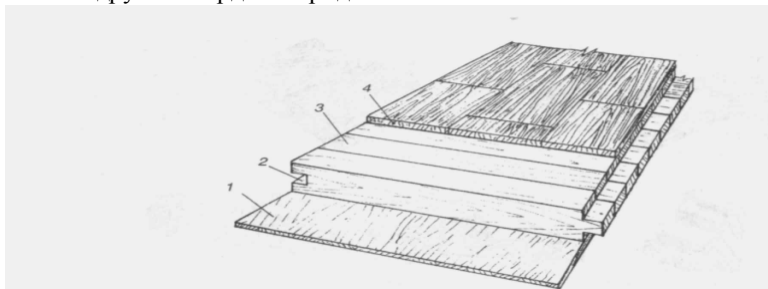


Рис. 12. Паркетная доска:

1 – нижний компенсационный слой шпона; 2 – паз; 3 – несущая доска, склеенная из брусков; 4 – лицевой слой из твердых пород

Паркетные доски состоят из верхнего лицевого слоя износостойкой древесины, наклеенной на основание реек. Размер досок от 120 до 300 см по длине и от 15 до 20 см по ширине. Лицевая поверхность делается из планок твердолиственных пород (дуба, бука). Она шлифуется и покрывается лаком. Основание изготавливают из неделовой древесины. Паркетные доски изготавливают двухслойными и трехслойными. В двухслойных нижний слой – основание состоит из фрезерованных брусков или досок, лицевое покрытие – верхний слой – из прямоугольных одинаковых планок. Оба слоя между собой прочно склеены водостойкими клеями на основе синтетических смол. В нижнем слое паркетной доски с одной длинной и одной короткой кромками сделан паз, а с противоположных кромок – гребень, с помощью которых доски соединяются между собой.

Трехслойные паркетные доски состоят из верхнего лицевого слоя из строганного шпона толщиной от 3 до 6 мм. Средний слой выполняют, как правило, из сосновых реек толщиной от 5 до 15 мм, шириной до 40 мм. Нижний слой – основание – изготавливают из елового или соснового шпона толщиной 2-2,5 мм (рис. 12). Все слои склеены между собой водостойким синтетическим клеем. Паркетные доски, как и обычные дощатые полы, укладываются по лагам на деревянных балках или по песчаной засыпке на железобетонных перекрытиях, которая одновременно служит и хорошей звукоизоляцией. Паркетные дощечки и квадраты шпона наклеивают на основание в соответствии с заданным рисунком. Паркетные доски после укладки в пол не нуждаются в дальнейшей обра-

ботке (циклевании, шлифовке), на них только наносится прозрачное лаковое или другое покрытие.

Паркетные щиты или щитовой паркет. Паркетные щиты различных конструкций и размеров изготавливаются так же, как и паркетные доски. Этот вид паркета, как и выше рассмотренный, не слишком трудоемок при укладке и экономичен. Щиты состоят из лицевого слоя и основания. Лицевой слой делают обычно из узких планок древесины твердых пород, а нередко и из древесных отходов, а основание – из древесины хвойных пород, ДСП и фанеры. Верхнее лицевое покрытие представляет собой паркетные планки одинаковой ширины с прямыми фрезерованными кромками и наклеенные на основание в виде квадратных элементов, расположенных в шахматном порядке. Квадратный элемент представляет собой набор планок, плотно уложенных кромка к кромке (рис. 13). Сторона квадрата принимается равной длине планки.

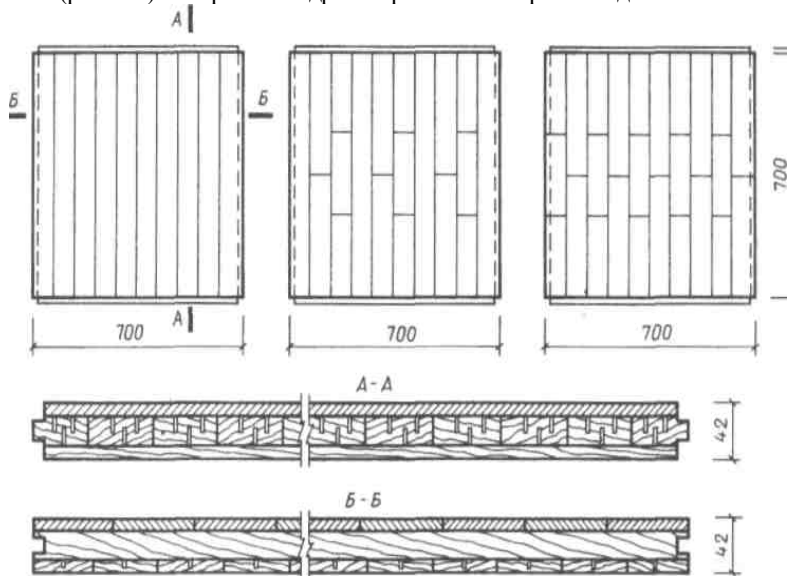


Рис. 13. Паркетные щиты – возможные конструкции и размеры

Мозаичный (наборный) паркет. Паркет мозаичный – одно из наиболее распространенных паркетных покрытий в РФ и за рубежом. Этот тип паркета, благодаря простоте изготовления, индустриальности, экономичности и художественным качествам служит весьма прогрессивным материалом для отделки чистых полов. Он представляет из себя паркет-

ные планки прямоугольной формы, собранные в ковер квадратной формы (40х40 и 60х60 см). Планки набирают в щиток рисунком в виде прямого квадрата с взаимно перпендикулярным расположением квадратов (по направлению волокон древесины).

Мозаичный паркет требует хорошо выровненного основания (стяжки) и планок одинаковой толщины. Он настилается на цементно-песчаной стяжке с помощью водо- и биостойких клеев. Размеры планок позволяют изготавливать их из отходов древесины и тем самым экономить деловую древесину. В эстетическом отношении этот вид паркета позволяет архитекторам разнообразить композиции рисунка пола, увязать его с архитектурой интерьера. Благодаря небольшому размеру планок можно получить большое художественное разнообразие решений, укладывая планки в плетенку, в елку, в шашку, а также используя древесину различных цветовых оттенков [18].

Паркет штучный – наиболее традиционное высококачественное и дорогостоящее покрытие пола. Он состоит из планок прямоугольной формы, на кромках которых имеется паз или гребень для взаимного сопряжения при настиле. Лицевая плоскость планок калибрована так, чтобы при их соединении создавалась гладкая поверхность, которую затем шлифуют, циклюют и покрывают специальным паркетным лаком. В зависимости от профиля кромки паркетные планки подразделяют на два вида: с гребнями и пазами на противоположных кромках и торцах (с правыми и левыми сторонами); с гребнем на одной кромке и пазами на другой кромке и торцах. Основанием под чистый пол могут служить деревянные, ксилолитовые, бетонные и другие виды покрытий. К деревянному и ксилолитовому основанию планки крепятся гвоздями, а к другим видам – синтетическими клеями и мастиками. Штучный паркет не отвечает требованиям индустриальности производства, трудоемок в изготовлении и укладке. Кроме того, на него расходуется больше ценных сортов древесины, чем на другие виды паркетных полов. Тем не менее, он включен в номенклатуру, так как применяется в тех районах страны, где не налажен выпуск более прогрессивных видов паркетных покрытий.

Еще одна разновидность паркетного покрытия – **художественный паркет** – нестандартное изделие. Его изготавливают в заводских условиях по специальным чертежам в виде щитов, имеющих квадратную или прямоугольную форму. В качестве основания используют рамку из брусков древесины хвойных пород толщиной 55–65 и шириной 110 мм. Верхний, лицевой слой паркета выполняют из древесины ценных пород, преимущественно лиственных. Наряду с широко применяемыми для изготовле-

ния штучного паркета древесными породами используется древесина груши, яблони, вишни, черешни, ореха, можжевельника, кипариса.

Чтобы получить красивый яркий рисунок, используют древесину красного дерева (махагони), черного эбенового дерева, лимонного дерева, розового амаранта и др. Рисунок художественного паркета может быть самым разнообразным: сочетание различных геометрических элементов, розетки, растительный орнамент (рис. 14).

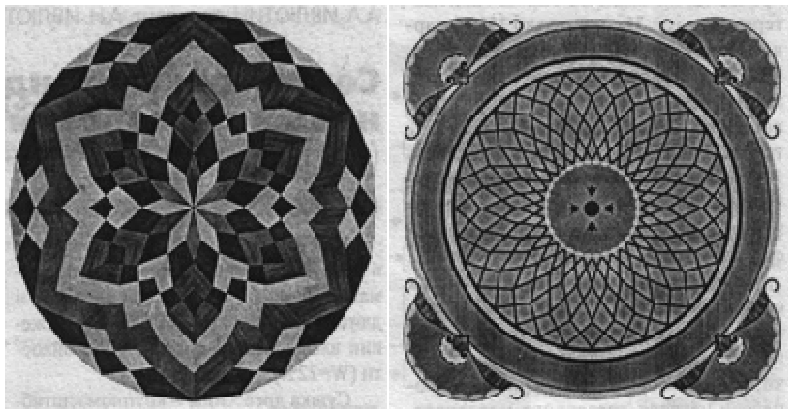


Рис. 14. Варианты рисунка художественного паркета

1.4.3. Блоки оконные и дверные

В современной архитектуре оконные переплеты и двери характеризуются большим разнообразием типов, которые сводятся к единой конструктивной системе – каждый из них представляет собой блок. Поэтому под понятием оконный и дверной блок подразумеваются все принятые для данного вида изделий элементы заполнения проема. Блоки окон и дверей изготовляют из древесины высококачественных пород (сосны, ели, пихты, дуба, бука, лиственницы).

Оконные блоки состоят из оконной коробки и оконных переплетов, которые включают створки, фрамугу и форточку. В зависимости от назначения здания и его композиционных особенностей оконные блоки делают одно-, двух- и трехстворчатыми. В зависимости от назначения к ним предъявляют соответствующие требования по тепло- и звукоизоляции, водо- и воздухопроницаемости, светопроницаемости. Окна могут изготавливаться с наружным и внутренним открыванием и глухими (с неоткрывающимися створками) (рис. 15).

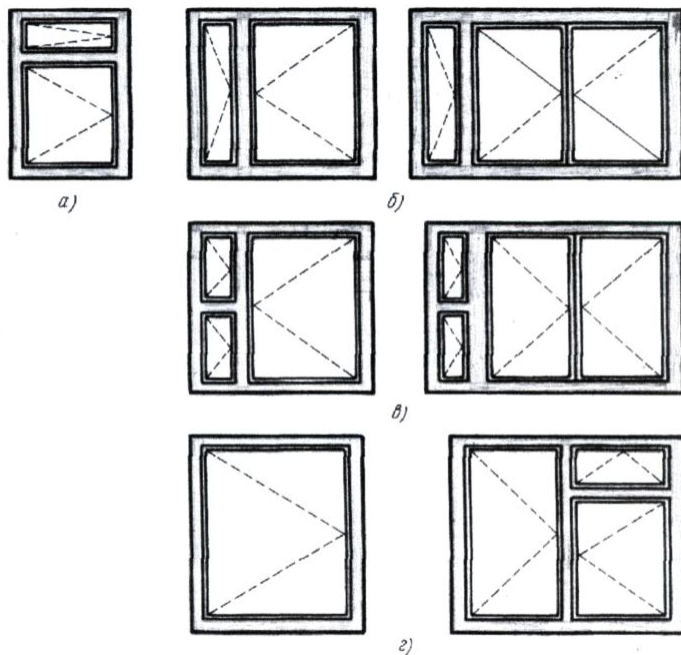


Рис. 15. Оконные блоки для жилых и общественных зданий:
а – одностворчатые; *б* – двух- и трехстворчатые; *в* – с форточками
 и полустворками; *г* – с глухими створками

Дверные блоки состоят из дверной коробки и дверного полотна, навешенного на вертикальный брусок коробки на петли. Дверные блоки классифицируют по назначению, конструкциям, числу полотен, направлениям и способам открывания, наличию остекления, видам отделки. Они подразделяются на внутренние, наружные и специальные (звукоизоляционные, противопожарные, утепленные, повышенной прочности, двери-лазы для прохода на крыши и в помещения). Деревянный каркас внутри двери облицовывают твердыми ДВП или клееной фанерой с последующей отделкой. Наружные двери изготовляют из щитов, облицованных древесиной твердых пород с красивой текстурой или же обитых отделочными плитами.

Эстетические качества окон и дверей имеют большое значение для архитектуры зданий в целом. Архитекторы всегда уделяли особое внимание отделке оконных и дверных проемов, которые становились важным композиционным акцентом фасада – красивые переплеты и полотна

дверей с хорошо отделанной фактурой в значительной степени определяли его художественные качества.

1.4.4. Клееные деревянные несущие конструкции

Конструкции, изготовленные из бревен, брусьев и досок, называются конструкциями из *цельной древесины*. Длина бревен, брусьев и досок, широко применяемых в строительстве, не превышает 6,5 м, поэтому пролеты, которые можно перекрыть конструкциями из цельной древесины, как правило, не превышают 12 м. Однако пролеты, которые требуется перекрыть деревянными конструкциями, значительно превосходят возможности конструкций из цельной древесины. При строительстве спортивных, зрелищных и других зданий и сооружений перекрываемые пролеты превышают 50–60 м. Для пролетов более 12 м применяют конструкции из *клееной древесины*.

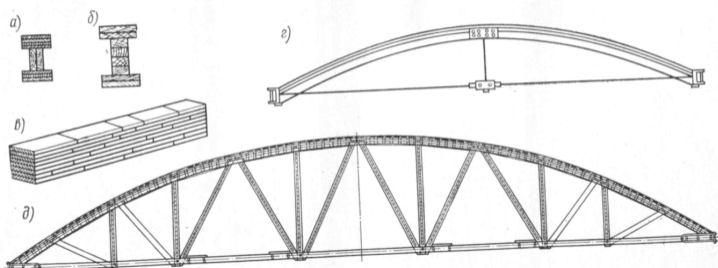


Рис. 16. Виды изделий из клееной древесины:

а, б – двутавровые балки; в – блок из досок; г – клееная арка из полуарок;
д – клееная ферма

Первые клеевоздевые слоистые элементы деревянных конструкций появились в нашей стране в 30-е годы прошлого века. Клееные деревянные конструкции (КДК) имеют ряд достоинств: они работают как монолитные; их можно готовить любой формы и любого пролета, любых размеров поперечного сечения; их применение позволяет рационально использовать древесину. На рис. 16 показаны различные типы клееных деревянных балок, арок и ферм, а на рис. 17 – общий вид и детали клееной пространственной конструкции-оболочки в форме гиперболического параболоида.



Рис. 17. Большепролетная купольная конструкция из клееных деревянных полуарок

Применение элементов КДК эффективно в промышленном, сельском и гражданском строительстве при возведении несущих конструкций (прежде всего, покрытий) цехов и других производственных зданий, спортивных и зрелищных сооружений, автодорожных мостов, эстакад и т.п. Они находят широкое применение в несущих и ограждающих конструкциях стандартных жилых домов, мобильных и временных зданиях сборно-разборного типа.

В строительстве и архитектуре используют КДК двух видов: несущие и ограждающие. Несущие конструкции являются многослойными, т.е. склеенными из слоев древесины. Иногда их усиливают путем вклеивания металлической или пластмассовой арматуры. Такие конструкции называются *армированными*. Ограждающие конструкции чаще всего представляют собой деревянный каркас с приклеенными к нему с одной или с двух сторон обшивками из фанеры или других плитных материалов. Внутреннюю поверхность таких конструкций при необходимости заполняют утеплителем [19].

К несущим конструкциям относятся плоскостные конструкции – *балки* и *арки* и пространственные – *оболочки*, *купола*.

Балки – наиболее простой тип конструкций. Клееные балки имеют различные очертания и формы поперечного сечения. Балки сплошного

сечения состоят из слоев массивной древесины, склеенных по пласти. Балки двутаврового и коробчатого сечений изготавливают с плоскими и волнистыми стенками. Наибольшее применение в строительстве находят многослойные балки, чаще всего сплошного прямоугольного сечения. При больших пролетах зданий иногда балки используют в качестве прогонов. Примером может служить выставочный павильон в Московских Сокольниках, где применены балочные прогоны длиной 6 м в сочетании с металлодеревянными фермами. В строительстве и архитектуре применяют также колонны, стойки и другие клееные конструкции, которые аналогичны балкам по форме.

Арки – один из наиболее распространенных видов клееных несущих конструкций. Арочные деревянные конструкции рассчитаны на применение во всех климатических районах страны. Их используют при строительстве сельскохозяйственных производственных зданий, а также в зрелищных и спортивных зданиях и сооружениях.

Обширную группу пространственных конструкций составляют *своды* и *купола*. Геометрическая форма большинства этих конструкций образована поверхностью вращения вокруг горизонтальной оси (цилиндрические своды и оболочки) и вокруг горизонтальной и вертикальных осей (сферические купола). Цилиндрические своды могут быть распорными, опирающимися на продольные стены и безраспорными, опирающимися на торцевые стены, столбы и диафрагмы. Пересечением цилиндрических сводов образуются крестовые своды – безраспорные конструкции, опирающиеся преимущественно на колонны и сомкнутые своды – квадратные или шестиугольные в плане, опирающиеся преимущественно по периметру [20].

По конструктивному исполнению своды и купола подразделяют: на *сплошные тонкостенные*, образуемые слоями досок или фанеры; *ребристые*, опирающиеся на арки, и *кружально-сетчатые*, собираемые из стандартных косяков. Создание таких конструкций стало возможным благодаря усовершенствованным способам склеивания древесины.

В качестве ограждающих конструкций массового применения используются панели и покрытия форматом 3,0x1,5 м с обшивками из фанеры. В качестве продольных ребер в таких панелях применяют клееные многослойные элементы, в том числе с фанерной волнистой стенкой, гнутые фанерные швеллеры и т.п. Распространены также трехслойные панели с обшивками из фанеры, ДСП или ДВП и средним слоем из пенопласта, вспениваемого непосредственно в полости панели. Для увеличения несущей способности панели имеют деревянный каркас. Обшивки соединены со средним слоем при помощи клеев. Такие панели используются в качестве перегородок и стеновых панелей малоэтажных и

сборно-разборных домов. Они отличаются небольшой удельной массой (плотностью), малой теплопроводностью, достаточной долговечностью.

Деревянные конструкции хорошо противостоят целому ряду агрессивных воздействий, под действием которых другие материалы разрушаются весьма интенсивно. Их применение обеспечивает экономию стали и бетона, так как отпадает необходимость в частых ремонтах для борьбы с последствиями коррозии. Особенно эффективно применение в таких случаях КДК. Наиболее выгодно их применение в случаях, когда полноценно используются такие качества древесины, как стойкость к агрессивной среде, относительно малая масса, высокая транспортабельность и декоративность. Долговечность и огнестойкость конструкций из клееной древесины, выше, чем из цельной, а в ряде случаев выше, чем железобетонных и металлических конструкций. Однако применение КДК в массовом строительстве сдерживается их высокой себестоимостью, которая связана в основном с высокой стоимостью водостойких клеев.

1.5. ДРЕВЕСИНА В АРХИТЕКТУРЕ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Древесина является древнейшим строительным материалом, практически не изменившим своей формы при длительной эксплуатации, что подтверждает многовековой опыт ее использования. В середине XX в. произошла настоящая революция в использовании древесины в архитектуре в связи с открытием высокостойких клеев, дающих возможность получить любую заданную форму в результате усовершенствования деревообрабатывающей техники и улучшения качества самой древесины с помощью химической обработки. Это позволило перейти к индустриально-точному производству деревянных домов.

Клееные материалы расширили возможности применения древесины: созданы новые конструктивные системы и архитектурные формы, а следовательно и новая эстетика; увеличилась и сфера применения древесины – малоэтажные жилые дома, общественные здания и некоторые промышленные и сельскохозяйственные сооружения, где древесина используется в несущих и ограждающих конструкциях.

В современном деревянном зодчестве наметились два направления: архитектурные конструкции из естественной и клееной древесины. Как в первом, так и во втором случае отработаны конструктивные системы, основанные на использовании физических свойств древесины. Эти свойства служат важным фактором, определяющим и обуславливающим эстетику материала и форм из него. Конструкции из природной древесины

находят широкое применение в современной архитектуре. Они подразделяются на *несущие*, воспринимающие основные нагрузки (изготавливаются, как правило, из твердых древесных пород) и *ограждающие* (из более мягких пород). В ряде случаев часть конструкции одновременно выполняет как несущие, так и ограждающие функции [21].

Способность древесины сопротивляться основным механическим воздействиям – сжатию, изгибу, растяжению делают ее пригодной для большинства конструкций в пределах несущих возможностей материала. В 50-х годах прошлого столетия в связи с открытием новых химических средств защиты древесины от гниения, придания ей огнестойкости и изобретением особо прочных клеев значительно расширились возможности применения древесины в строительстве. Широкому использованию клееной древесины в архитектуре способствуют такие ее качества как значительная прочность, малая масса, био- и огнестойкость, индустриальность, экономическая эффективность и высокая эстетичность. Из этого материала строятся общественные и промышленные сооружения.

Конструкции из клееной древесины позволяют создавать как прямые формы, так и богатые пластикой сложные объемы криволинейных очертаний, не уступающие формам, выполненным в железобетоне. Появилась новая эстетика – эстетика клееной древесины, на основе которой создаются высокохудожественные произведения архитектуры, экстерьеры и интерьеры которых отличаются новизной композиционных решений. Этот материал отличается от природной древесины не только прочностью и долговечностью, формой конструкций и способами их возведения, но и эстетикой, что привлекает внимание многих архитекторов.

Бытующее в некоторых кругах архитекторов и инженеров мнение, будто древесина является второсортным материалом, не имеющим будущего, надо полагать, ошибочно. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, древесина в настоящее время, напротив, в высшей степени прогрессивный и конкурентоспособный материал и ее применение в строительстве из года в год расширяется. Древесина рассматривается в современной архитектуре как материал, имеющий большое будущее. В наши дни древесину относят к числу уникальных материалов, обнаруживающих неизвестные ранее свойства (клееная древесина является своего рода пластичным материалом), которые дают возможность применения ее в сложных сооружениях наряду с особо прочными материалами.



Рис. 18. Современный деревянный коттедж

Сегодня мы более, чем когда-либо смотрим на древесину с точки зрения органически присущих ей свойств формообразования. В архитектурно-строительных сооружениях деревянные конструкции выполняют несущие функции и являются одними из главных конструктивных элементов; изделия из древесины служат в качестве ограждений, а также выполняют роль декоративных элементов. Современные здания, полностью собранные из древесных материалов, отличаются продуманностью конструкций и высокими архитектурно-художественными качествами (рис. 18). Большим разнообразием конструктивных и композиционных решений отличаются архитектурно-строительные объекты, в которых используется древесина в сочетании с другими материалами. В одних случаях древесина может служить основой прочности здания, в других дерево используется в конструкциях с другими материалами. В композиционном отношении древесина играет важную роль, так как деревянная плоскость фасада характеризуется такими декоративно-художественными качествами как ритмическая раскладка теса, текстура и цвет древесины, что способствует созданию художественного образа.



Рис. 19. Древесина в интерьере

Дерево традиционно используется в интерьерах, создавая благоприятные условия для проживания людей. В силу того, что архитектурные элементы интерьера всегда воспринимаются с относительно близкого расстояния, защищены от воздействия атмосферных осадков и имеют своеобразную рассеянную освещенность, им присущи специфические черты – более мелкий масштаб, тонкая проработка деталей и индивидуальное цветовое решение. Все это делает архитектуру интерьера более интимной и близкой человеку (рис. 19).

Характерными признаками современного интерьера являются простота художественных средств – минимальное количество архитектурных деталей, скромность декоративного убранства, цветовые акценты, рациональная и компактная меблировка. При использовании древесины большое значение имеет специфика материала, связанная с его декоративно-художественной обработкой: резьбой по дереву, выявлением текстуры и цвета древесины. Цветовые особенности древесины являются чрезвычайно важным средством в руках архитектора при решении композиционных и декоративно-художественных задач.

Эстетические возможности древесины, как подлинно архитектурного материала, проявляются также в малых архитектурных формах. В небольших сооружениях декоративно-художественные и конструктивные возможности древесины могут быть использованы наиболее полно. И не случайно малые архитектурные формы в течение многих сотен лет сооружались только из древесины. Ее значение не уменьшилось и в настоящее время благодаря тому, что из древесины можно быстро изготовить и установить элементы малой архитектуры – павильоны, беседки, трельяжи, ограды, скамьи. Из дерева нередко создаются структуры на высоком художественном уровне. Благодаря тому, что деревянные элементы легко сопрягаются друг с другом, из них можно получать разнообразные декоративные формы, отличающиеся строгой геометричностью и конструктивностью.

Древесина обладает природными художественными качествами, заложенными в ее текстуре. Волокна ее отличаются большим разнообразием рисунка. Каждая порода содержит множество живописных рисунков текстуры: от простых и мелких витиеватостей до сложных орнаментальных пятен (карельская береза). Древесина сосны, ели, лиственницы, березы, каштана, дуба наиболее пригодна для использования ее в архитектуре, так как обладает наиболее высокими строительными качествами и в то же время имеет прекрасную текстуру. Архитекторы особое внимание уделяют текстуре в зависимости от расположения деревянных деталей в композиции всего фасада или его части. Текстура может быть ярко выраженной в теневых листах и более сдержанной на освещенных поверхностях и особо живописной в интерьерах, мебели и оборудовании.

Одним из наиболее характерных видов художественной обработки древесины является резьба. Декоративные украшения с помощью резьбы по дереву всегда были свойственны древнерусскому зодчеству. Многие века резьба широко использовалась в архитектуре – деревянные постройки прошлого отличались не только техническим мастерством, а нередко и грандиозностью, но и искусством выполнения резных укра-

шений. Резьба применялась во внешней архитектуре, в интерьерах и мебели. Она имела большое значение для художественного восприятия архитектуры. Результаты художественных поисков архитектора зависят в большей степени от понимания им специфики дерева как архитектурного материала. Это относится не только к знанию строительных особенностей древесины, но и к осмыслению ее декоративных качеств. Поэтому архитектор должен уделять внимание характеру резьбы и ее месту на фасаде дома. Мотивы резьбы, композиция и техника исполнения органически увязываются с назначением и масштабностью здания. Либо она выполняется в виде самостоятельного художественного акцента фасада, либо с ее помощью подчеркивается значение той или иной детали (рис. 20).

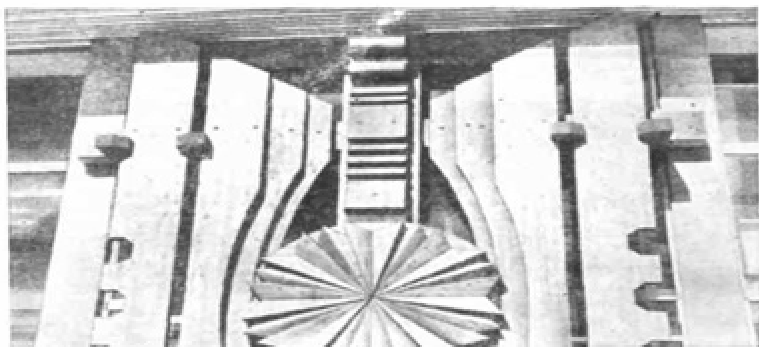


Рис. 20. Резьба по дереву

В решении композиционных задач нередко участвует цвет древесины. Следует отметить, что цвет поверхности струганной древесины в основном зависит от времени ее пребывания на открытом воздухе. От длительности такого пребывания незащищенная древесина начинает темнеть, и чем дольше она находится на открытом воздухе, тем темнее

становится. Для сохранности древесины поверхность ее покрывают масляными или эмалевыми красками. Однако покрытие древесины глухими красками отрицательно сказывается на художественных качествах поверхности. Даже при самых высококачественных покрасках этот прием, скрывающий природную текстуру древесины, создает впечатление, что деревянная постройка выполнена из другого материала. Дерево теряет свое главное эстетическое свойство – текстуру.

Ввиду этого для покрытия древесины разработаны отечественными и зарубежными химиками специальные составы, рассчитанные на длительное сохранение ее внешнего вида и текстуры. Такими составами, как цветными, так и бесцветными, в соответствии с замыслом архитекторы покрывают поверхности стен и отдельных деталей фасада: карниза, оконных наличников, переплетов, дверных полотен и других элементов.

Представителями русского классицизма использовался естественный цвет дерева в отделке полов, стен, дверей. Этот прием является наиболее эффективным. Он основан на сочетании нескольких пород древесины из расчета, что каждая порода обладает только ей присущим цветом. При этом в пределах основного цвета можно получить множество оттенков и светлот. Естественные цвета древесины различных пород при сохранной пропитке удовлетворяют самым высоким требованиям архитектора.

Дерево в руках талантливого зодчего обретает оригинальные выразительные формы. Инженеры и архитекторы в создании прочности и красоты здания всегда считаются со строительными и биологическими особенностями древесины, что дает им право использовать ее во всех частях сооружений. Древесина больше, чем какой-либо другой материал способствует выявлению тектоничности здания. Ведущую роль в этом играют открытые конструктивные элементы, которые в соответствии со строительной необходимостью и на основе простых геометрических закономерностей превращаются зодчими в художественные элементы. Специфичность дерева порождает новые идеи формы и обуславливает современность и оригинальность «деревянной» архитектуры.

Архитектор Л. М. Лисенко, характеризуя древесину, отметил, что этот материал создал две архитектуры – традиционную и обновленную. Первая возникла на заре человеческой истории, в течение многих веков совершенствовалась и продолжает развиваться в настоящее время, а вторая появилась только со второй половины XX в. Для древесины наступила новая эра – наука и техника активно вмешались в ее биологическую структуру, и в результате сложного химико-биологического процесса была создана так называемая облагороженная древесина – новый материал. В деревянной архитектуре образовался своего рода разрыв между «старой» – природной и «новой» – деревоклеенной [1].

Вместе с тем, несмотря на различие между природной и клееной древесиной, между ними существует глубокая связь, их роднит сама природная сущность. Конструктивное формообразование древесины принципиально не изменилось а, следовательно, не изменялись и принципы образования архитектурных форм. Изменились только строительные возможности древесины, что и определило ее широкое внедрение в строительную практику наряду с такими материалами как металл и железобетон [22].

Использование древесины в архитектуре обеспечивает решение важнейшей задачи – внедрить в практику прочный и дешевый строительный материал. Опыт, накопленный в результате длительного освоения данного материала, реализуется сегодня как в массовом малоэтажном индустриальном строительстве, так и в отдельных уникальных зданиях.

Качественно новое воплощение древесины рождается в процессе развития новых архитектурных форм. Долгое время дерево использовалось, главным образом, в статических схемах, таких как срубная или строчно-балочная конструкция. С открытием новых сверхпрочных клеев для склеивания древесины расширились рамки использования дерева.

Перспективно и обладает значительной технико-экономической эффективностью производство и применение элементов деревянных клееных конструкций – балок, рам, арок, ферм, пространственных структур. В настоящее время в целом ряде стран соответствующее производство представляет самостоятельную отрасль промышленности, включающую научные центры, проектные мастерские, специализированные заводы.

Среди всех современных древесных материалов трудно недооценить с эстетической и экологической точек зрения прежде всего те, которые получены из натуральной (массивной) древесины – бревна, брусья, 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.

Изучение деревянной архитектуры в прошлом и настоящем, рассмотрение приемов формообразования в современном деревянном строительстве дают возможность утверждать, что в ближайшие десятилетия деревянное строительство будет интенсивно развиваться, тем более, что оно обеспечено сырьевой базой, ресурсы которой, в отличие от других материалов, непрерывно пополняются. Потенциальные возможности древесины как строительного материала неисчерпаемы. Игнорировать их – значит обеднять нашу архитектуру. Древесина должна занять достойное место в современном индустриальном строительстве [23].

2. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Природный камень – один из древнейших конструктивных и отделочных материалов. Прочность и красота камня, разнообразие цветовых оттенков и богатство рисунка помогали архитекторам создавать подлинные шедевры зодчества. Долговечность этого материала позволила сохранить до нашего времени шедевры архитектуры, созданные многие столетия назад. Природный камень оказал большое влияние на развитие архитектурных форм, что закономерно, так как почти во все великие эпохи архитектуры камень был основным строительным материалом – и конструктивным, влияющим на формирование конструктивных систем, и отделочным. Его влияние на формирование особенно велико в архитектуре Древнего Египта, античной Греции, в романской и готической архитектуре. Даже в те периоды, когда камень был преимущественно отделочным материалом (древнеримская архитектура, Ренессанс и др.), его влияние на архитектуру было значительным. Не случайно архитектуру называют каменной летописью мира.

В настоящее время появление высокопроизводительных машин и механизмов в камнедобывающей и камнеобрабатывающей промышленности, развитая транспортная сеть предопределяют более широкое использование природного камня в строительстве. Облицовочный камень сейчас может применяться практически повсеместно.

Россия располагает несметными запасами природного камня. Урал, Карелия, Восточная Сибирь, Кольский полуостров, Северокавказский регион всегда были основными поставщиками ценных каменных пород. Благодаря огромным запасам природного камня отечественные архитекторы получили богатейший отделочный материал для своей творческой палитры. Не случайно российские города украшают многочисленные здания, облицованные природным камнем.

Мировая практика свидетельствует о том, что область применения природного камня в строительстве весьма разнообразна. Он применяется в виде тонких облицовочных плиток, тяжелых и крупных стеновых и фундаментных блоков; для изящной декоративной резьбы и для грубой брусчатки мостовых; для монументов и утилитарных сельскохозяйственных построек. В настоящее время природный камень повсеместно применяется в облицовочных работах в малых архитектурных формах и благоустройстве; а в районах добычи камня из него изготавливают стены, перегородки, фундаменты, а иногда и кровельный материал.

Облицовочный камень, особенно полученный из пород с высокими декоративными свойствами, имеет большой спрос на международном

рынке. Стеновой камень в ряде регионов является основным местным строительным материалом, что особенно важно для труднодоступных горных и удаленных районов, куда затруднена доставка большеразмерных индустриальных стеновых материалов и крупных монтажных механизмов.

Современная практика применения природного камня обширна и разнообразна, но она требует теоретического анализа и обобщения в свете исторических закономерностей развития архитектурных форм. На рубеже 2-го и 3-го тысячелетий архитектура стала более пластичной. Стремление придать сооружениям монументальность, подчеркнуть материальность архитектуры является своеобразной реакцией на архитектуру стеклянных, прозрачных, как бы невесомых зданий. Изменились соотношения глухих и остекленных поверхностей в пользу первых. Для крупных по площади глухих поверхностей требуется качественная и разнообразная фактура, а следовательно, и соответствующие материалы. Поэтому в последние десятилетия повысилось внимание зодчих к природному камню как к отделочному материалу, дающему возможность изготавливать поверхности с разнообразной фактурой и цветом.

Природный камень – один из основных строительных материалов прошлых эпох. Но в современном строительстве камень в значительной степени уступил место другим материалам, наиболее отвечающим современным требованиям по уменьшению массы строительных конструкций и материалов, по повышению степени заводской готовности строительных материалов и изделий. Это связано также с современными масштабами строительства, его индустриализацией и техническим прогрессом, способствующим развитию строительства из железобетонных и металлических конструкций и изобретению новых строительных материалов. Но несмотря на то, что природный камень в значительной мере утратил ведущие позиции в строительстве и архитектуре, его особая декоративность выделяет этот материал по сравнению с искусственными строительными материалами – бетоном, кирпичом, пластмассами [24].

Благодаря широкой распространенности, огромным запасам природного сырья, высоким эксплуатационным характеристикам (прочности, морозостойкости, долговечности и др.) каменные материалы находят разнообразное применение в современной архитектурно-строительной практике. Их используют в качестве лицевых стеновых камней, облицовочных плит, бортового камня и брусчатки, тротуарного булыжника, бутового камня и строительного щебня, скульптурных памятников и постаментов, изделий малых архитектурных форм [25].

2.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Природный камень – долговечный материал, наиболее полно донесший до нас архитектурные формы древних эпох. Влияние камня как строительного материала на архитектурные формы можно сравнительно легко проследить в истории архитектуры – каменные сооружения сохранились лучше, чем постройки из других материалов. В различные периоды менялось значение камня: в одни – он использовался как конструкционный и как отделочный материал, в другие – только как отделочный. Влияние камня на архитектурные формы было особенно сильным в



Рис. 21. Девятиметровый менгир в провинции Бретань, Франция

те периоды архитектуры, когда он служил основным строительным материалом, обуславливающим и конструкцию сооружений.

Наиболее древними каменными сооружениями, дошедшими до наших дней, являются мегалитические культовые сооружения в виде *менгиров* – искусственных сооружений из крупных грубообработанных камней, поставленных вертикально, или в виде простейших каменных конструкций – *дольменов* и *кромлехов*. Крупнейший менгир высотой 9 м находится на территории Франции (рис. 21). Дольмены сложены из нескольких каменных глыб, поставленных вертикально и покрытых одной или несколькими плитами сверху. Если менгир – скорее всего первый памятник, то дольмен – первое здание, имеющее и внутреннее пространство, и наружный объем. Сооружения кромлехов (от бретон. *crom* – круг и *lech* – камень) свидетельствуют о том, что их создатели уже овладели началом архитектурной композиции, масштабом и ритмом, знакомы с тектоникой строечно-балочной системы. Общеизвестен, например, знаменитый кромлех Стоунхендж (рис. 22) на территории Великобритании у г. Солсбери, состоящий из трех возведенных в разное время (от 1900 до 1400 гг. до н.э.) на том же месте сооружений. Мегалитические сооружения создавались из камней той естественной формы, которую они получили благодаря слоистости и плитчатости каменной породы. Для них чаще всего использовались плиты известняка или песчаника. Обработка была очень примитивной. По мере совершенствования ору-

дольменов сложены из нескольких каменных глыб, поставленных вертикально и покрытых одной или несколькими плитами сверху. Если менгир – скорее всего первый памятник, то дольмен – первое здание, имеющее и внутреннее пространство, и наружный объем. Сооружения кромлехов (от бретон. *crom* – круг и *lech* – камень) свидетельствуют о том, что их создатели уже овладели началом архитектурной композиции, масштабом и ритмом, знакомы с тектоникой строечно-балочной системы. Общеизвестен, например, знаменитый кромлех Стоунхендж (рис. 22) на территории Великобритании у г. Солсбери, состоящий из трех возведенных в разное время (от 1900 до 1400 гг. до н.э.) на том же месте сооружений. Мегалитические сооружения создавались из камней той естественной формы, которую они получили благодаря слоистости и плитчатости каменной породы. Для них чаще всего использовались плиты известняка или песчаника. Обработка была очень примитивной. По мере совершенствования ору-

дий обработки камня его начинают широко и повсеместно применять в строительстве, нередко повторяя уже освоенные в дереве конструктивные системы.

Здания и сооружения, возводившиеся в последующие эпохи, вплоть до Древнего Рима, по функциональному назначению можно разделить на две основные группы: жилые и культовые. Жилые здания как место временного пребывания человека в этом мире соответственно и строились в большинстве случаев из недолговечных материалов – дерева и глины. Культовые же сооружения – гробницы и храмы – возводились преимущественно из долговечного материала. У всех народов древнего мира культовые постройки возводились из камня, за исключением тех стран,

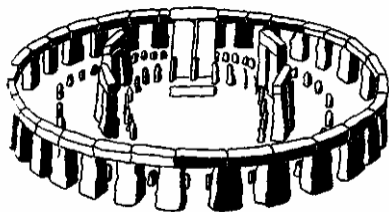


Рис. 22. Кромлех Стоунхендж

где его месторождения отсутствовали (Месопотамия, Китай) или где особенности религиозных представлений не позволяли применять камень для построек (Япония, Китай).

Культовые сооружения были основными монументальными зданиями всех стран с деспотической формой правления.

Култ божества или его заместителя на земле (правителя) основан на унижении и подавлении человека. Поэтому в монументальных сооружениях древности масса преобладает над пространством. Архитектурное решение рассчитано в основном на восприятие извне, внутреннее пространство, предназначенное для немногих, незначительно по сравнению с внешним объемом. Это важный момент в понимании влияния природного камня на архитектурные формы, так как конструктивные свойства камня позволяют создавать из него массивные сооружения, но не позволяют перекрывать сколько-нибудь значительные внутренние пространства. Массивные формы, преобладающие над внутренним пространством, характерны для храмов и пирамид Древнего Египта, пирамид древних майя, зиккуратов Вавилона, индийских башнеобразных храмов и ступ. Культовые сооружения должны были также нести в себе идею вечности. Камень был как раз тем материалом, который лучше всего помогал зодчему выразить в здании идеи величия и вечности [26].

Египетские храмы и гробницы были не только вечными, они должны были подавлять своей мощью, размерами, массой простого смертного. Архитектура их лаконична, статична, монументальна, массивна. Созданию такого образа способствовали материал и формы, им образованные. В Египте каменоломни имелись почти по всей протяженности Нильской

долины, здесь добывали известняк и песчаник. В районе Нильских порогов добывали более твердые породы: гранит, диорит, базальт, порфир. Известняки и песчаники в месторождениях имели отчетливо выраженную слоистость и трещиноватость, благодаря которой добытые глыбы камня разделялись на блоки сравнительно правильной формы. Граниты отличались системой трещин, секущих эти массивные породы на кубовидные и параллелепипедальные глыбы. Во избежание потери материала египтяне употребляли камень в том виде, в каком он получался в камноломнях, обтесывая только облицовочные плиты. Гробницы и храмы сохранились до настоящего времени, чему в значительной степени способствовала не только прочность строительного материала, но и климат Египта.

В египетских культовых сооружениях наглядно видно, как масса преобладает над пространством. Функциональное назначение храма – быть жилищем божества, святилище которого таинственно, невелико, замкнуто. В храме священнодействовали только жрецы, толпа не допускалась дальше храмового двора. Преобладание массы над пространством выражалось и во внешнем облике сооружений. Стенам египтяне придавали вид сплошного монолита, для этого они так тщательно обтесывали и подгоняли камни один к другому, что швы почти не видны. Монолитность подчеркивалась и рисунком рельефов, которые располагались без учета размеров квадратов и границ между ними. Скульптор рассматривал всю поверхность стены как единый фон. Наружным плоскостям стен придавался наклон внутрь, усиливающий впечатление устойчивости и массивности.

Еще больше масса в каменных египетских гробницах – пирамидах. Размеры погребальной камеры, ведущих к ней шахт и вентиляционных каналов ничтожно малы по сравнению с колоссальной массой камня, из которого выложена пирамида. Пирамида – геометризованная форма, которую можно отнести и к скульптуре. Она является символом долговечности и абсолютного покоя (рис. 23).

В Индии камень был также наиболее подходящим материалом для создания массивных и почти не имеющих внутреннего пространства культовых сооружений: ступ и храмов. Мягкие, легко поддающиеся обработке породы камня, в основном песчаники, позволяли делать из них любые формы. Это видно на примерах огромных башнеобразных храмов Новобрахманского периода, получивших большое распространение также в Сиаме, Кампучии, на островах Ява и Шри Ланка. Материал, из которого сложены эти храмы, оживлен, камень изображает растущее растение. Отдельный каменный блок не имеет никакого значения. Основой архитектурной композиции индийского башнеобразного храма служит

рост массы. Масса этих храмов тяжела, но в формах ее выражена сила роста. Поверхность форм насыщена великолепными композициями из резного камня.

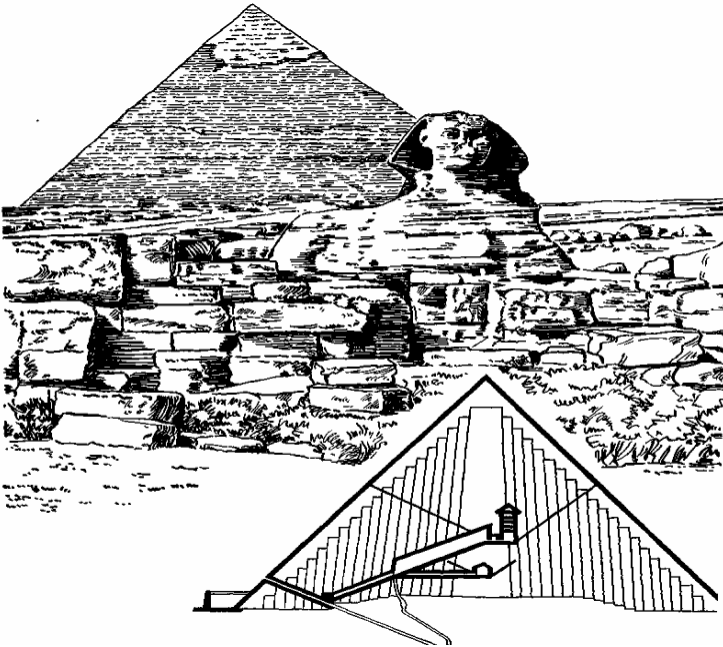


Рис. 23. Пирамида Хеопса. Общий вид и разрез

Все это доказывает, что камень как строительный материал, из которого возводились долговечные монументальные сооружения, во многом способствовал созданию архитектурных форм культовых зданий тех стран и народов, где религия и мировоззрение были направлены на приращение человека, противопоставляли ему мощь, величие и вечность богов и верховной власти. Основной проблемой архитектуры была разработка внешних объемов. Внутреннее пространство монументальных сооружений, предназначенное для божества или для немногих посвященных, было незначительным по сравнению с внешним объемом. Не требовалось перекрывать большие пространства, конструктивные решения были самыми простыми и даже примитивными. В этих условиях камень – материал, плохо работающий на изгиб, вполне удовлетворял зодчих.

По мере совершенствования орудий обработки камня его начинают широко и повсеместно применять в строительстве, нередко повторяя уже освоенные в дереве конструктивные системы.

Основная внутренняя коллизия камня как строительного материала обуславливалась не менее чем 10–15-кратной разницей в прочности на сжатие и растяжение. Она ясно обнаружилась при воспроизведении в этом материале строчно-балочной конструкции зданий, разработанной в период широкого применения древесины. По мере увеличения пролета каменной балки происходило ее «раздвоение» на противоположные по характеру работы зоны материала – сжатую и растянутую. Процесс постепенного перехода от дерева к камню как основному материалу в разных странах происходил в различные периоды времени. Ранние греческие храмы, по существу, были «деревянными сооружениями из камня». Однако попытки строить из камня, как из дерева, потерпели крах – здания рушились, как только пролет архитрава превышал его шестикратную высоту.

В архитектуре Древней Греции природный камень был также основным конструкционным материалом при возведении храмов, что определило степень его влияния на их архитектурные формы. Но назначение храма в Греции несколько иное, чем в странах с деспотичной формой правления, что связано с принципиальным отличием представления греков о человеке. В основе греческой культуры VI и V вв. до н.э. лежит образование всесторонне и духовно, и физически развитого идеального человека – героя.

Но и в архитектуре греческого храма масса господствует над окружающим пространством. Внутреннее пространство храма, так же как и в Египте, невелико по сравнению с внешним объемом, так как основная масса народа во время религиозных празднеств находилась снаружи. И так же, как и там, архитектура храма выражает его сущность в основном во внешних формах. Но в противоположность трактовке сооружений Древнего Египта и стран Древнего Востока, в греческом перипетре наружная масса разложена на отдельные составные части. Храмы греков величественны, но не подавляют человека.

В каменной архитектуре Греции на протяжении столетий совершенствовалась строчно-балочная конструктивная система. Ее последовательное развитие привело к четкому разделению несущих и несомых элементов. Тектоническая строчно-балочная система из камня, разработанная в античной Греции, стала универсальным средством архитектуры. Она нашла применение в создании архитектурных форм в течение последующих веков и позволила создать замечательные произведения архитектуры.

В античной Греции была также разработана архитектура каменной стены. Первоначально в древних сооружениях Египта каменная стена еще не имела членений. Она трактовалась как единый монолит, что и подчеркивали рельефы, наносившиеся на плоскость стены без учета швов. В древнегреческой архитектуре стену стали расчленять на блоки, а швы – подчеркивать. Стена получила тектоническое развитие. Каменные блоки подбирали по величине, размеры их зависели от величины всего сооружения и от места их размещения. В основание стен клали более крупные блоки, подчеркивая нагрузку, увеличивающуюся книзу.

Влияние природного камня на развитие архитектурных форм изменилось в последующие эпохи, когда наряду с жилыми и культовыми постройками появились новые типы сооружений – общественные здания. Общественные монументальные здания светского характера широкого распространение получили в Римской империи – амфитеатры, базилики, термы. Изменение функциональных требований к архитектурным сооружениям вызвало необходимость создания обширных внутренних пространств, которые могли бы вместить большое количество людей. Строечно-балочная система, разработанная в камне, перестала отвечать требованиям функции, так как каменные балки могли перекрыть сравнительно небольшой пролет.

Необходимость перекрытия больших пространств в архитектуре Древнего Рима отодвинула природный камень как конструкционный материал на второй план и привела к разработке конструкций из бетона так называемой «конкретной системы». Камень в ней выступал в качестве заполнителя в бетонообразной массе и облицовочного, декоративного материала. Из него создавались оболочки, накладываемые на объемы, форма которых определялась функциональными требованиями новых типов сооружений и конструктивной схемой, обусловленной новым строительным материалом – бетоном.

В период средневековья, когда были утрачены выработанные римлянами приемы перекрытия больших пространств, зодчие вновь обратились к камню как конструкционному материалу. Освоение внутреннего пространства было возможно только при решении инженерной задачи возведения пространственных конструкций, не требующих такого обилия материалов и рабочей силы, которое было характерно для римского бетонного строительства. Закладывались основы системы сводчатых покрытий. Эта система разрабатывалась параллельно и в кирпиче и в камне, что зависело от природных ресурсов мест, где велось строительство.

Противоречивость каменной аркадной конструкции в работе на сжатие и растяжение, мешавшая преодолеть максимальный пролет в

4 м, была разрешена изобретением свода, в котором двузначная работа материала уступила место преимущественно однозначной – сжатию. Применение клинчатой арочной конструкции сводов и куполов позволило по-новому использовать конструктивные свойства природного камня. Если в строчечно-балочной системе каменной балке приходится работать на изгиб, хотя изгиб – наименее выгодное напряжение для каменной конструкции, то в арке отдельные балки работают только на сжатие. Это позволяет в конструкциях использовать небольшие каменные блоки. Материал, хорошо работающий на сжатие, в этих конструкциях снова нашел себе целесообразное применение.

В византийской архитектуре каменными сводами различных систем перекрывали базилики. В Сирии из камня делался крестовый свод, господствовавший в архитектуре с VII в. и в течение всего средневековья. Его выкладывали из бутового камня на растворе при помощи кружал. Но кружала – нежелательный строительный прием в странах, не обладающих достаточными запасами леса. Поэтому стали прибегать к куполу, преимущество которого заключалось в том, что он не требует никакой вспомогательной опоры. Чтобы облегчить процесс кладки без кружал, профиль купола стали повышать. Появился овальный купол. Повышенный свод имел статические преимущества по сравнению с полуциркульным сводом, но форма клинчатых камней, из которых он выкладывался, должна была меняться в соответствии с изменением радиуса свода. Сирийцы устранили это затруднение путем применения стрельчатого свода, где радиус кривой неизменен и все камни отесаны по одному шаблону. Стрельчатый свод и стрельчатая арка получили распространение в странах, где основным строительным материалом был природный камень.

Стрельчатая арка и конусообразный свод (нашедший свое развитие в Грузии и Армении) в постройках из камня имели статическое преимущество по сравнению с полуциркульной формой – в них был меньший распор, который в сооружениях этой эпохи гасился преимущественно за счет массивности стен. Камень же, как известно, на сжатие работает лучше, чем на распор. Поэтому закономерным в формировании архитектурных сооружений было стремление ввысь, выражающееся в повышенных сводах и арках. Это стремление получило наиболее совершенное выражение в готической архитектуре.

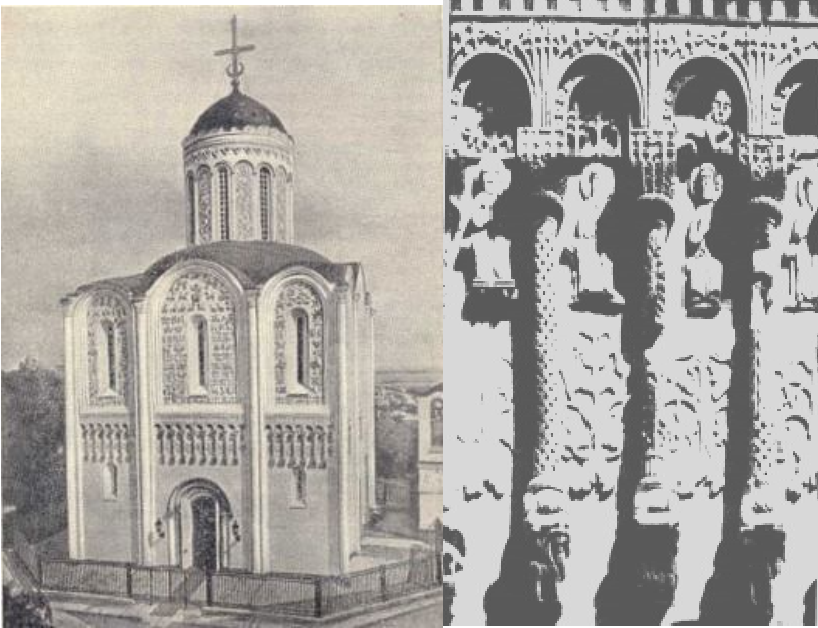


Рис. 24. Дмитриевский собор во Владимире (слева)
и резьба из известняка на фрагменте его фасада (справа)

Под влиянием византийской школы развились архитектурные формы из природного камня на Руси. Постепенно византийские строительные приемы были переработаны, и русские зодчие создали самобытный тип каменного храма домонгольской Руси. Это небольшое сооружение с массивными стенами, где внутреннее пространство в значительной степени занято столбами, поддерживающими купол. Этот тип выработался в условиях холодного климата и необходимости упрощения строительных приемов, присущих византийской школе, что было связано с невысоким качеством местного строительного камня. Затруднения в перекрытии большого пространства не позволяли строить вместительные храмы, но этот недостаток искупался их числом. В тех областях Руси, где использовался более качественный известняк, храмы покрывались великолепной каменной резьбой (рис. 24).

Если развитие византийских архитектурных форм было связано не только с использованием природного камня, но и кирпича, то в странах, расположенных на территории бывшей Западной Римской империи, ос-

новным строительным материалом, определяющим архитектуру сооружений с большими пролетами, был исключительно камень. Начиная с X в. здесь формируется романский архитектурный стиль. Феодалная раздробленность, ограниченность средств мелких государств затрудняли доставку материалов. Строители должны были пользоваться тем материалом, который был у них буквально под ногами – местными породами известняка и песчаника. Материал романских построек – тесаный и бутовый камень, преимущественно мелкий, укладывался на растворе. Камень брали тех размеров, которые он получал в каменоломнях, не выравнивали высоту отдельных рядов кладки и не соблюдали регулярного распределения швов, поскольку это было связано с потерей материала. Так сложены крепостные стены Каркассона, монастыря Сен-Мишель (Франция) и других средневековых построек, сохранившиеся до наших дней (рис. 25).

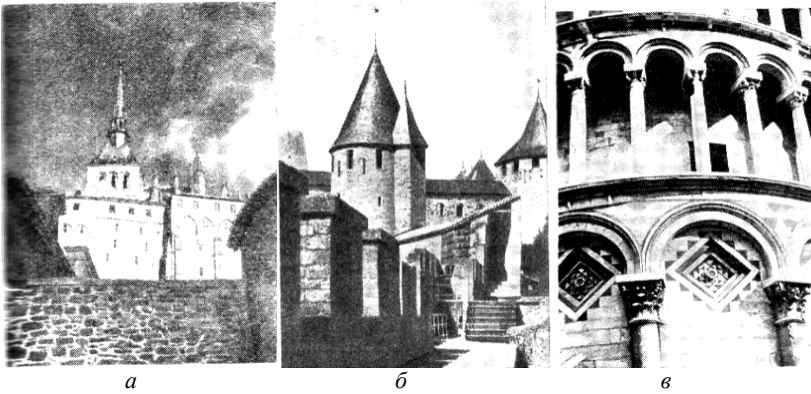


Рис. 25. Каменные сооружения романского периода:
а – замок Сен-Мишель, Франция; *б* – замок в Каркассоне, Франция;
в – падающая башня в Пизе, Италия.

Наивысших достижений в создании архитектурных форм из природного камня добился готический стиль, который называют классикой архитектуры средневековья. В готике был найден ответ на две конструктивные задачи, решение которых романские архитекторы искали в течение столетий. Это – выкладка крестового свода из камня и достижение его устойчивости. Стимулом решения данных задач была необходимость экономии материалов и рабочей силы при колоссальных размерах соборов. Готические архитекторы всегда преследовали одну цель – облегчить массу здания. В теле свода выделили каркас. Система каркасных ребер – нервюр позволила перекрывать разнообразные по форме помещения с

передачей нагрузки на опорные столбы, представляющие собой пучок колонн. Заполнение каркаса стало легким, распор уменьшился за счет облегчения массы свода, расчлененного на каркас и распалубки, что снизило нагрузки. Стена несла теперь только собственную тяжесть и стала более легкой, так как утратила значение для устойчивости свода. Это позволило увеличить проемы и осветить интерьер. Тело стены стали заменять каменной решеткой, ячейки которой застекляли. Готические витражи, занимающие значительную часть фасада – доказательство того, какой легкости можно достигнуть в сооружениях из природного камня. Изящными и тонкими по сравнению со столбами романских храмов были и колонны в интерьерах готических соборов, так как они воспринимали только вертикальные нагрузки. Облегчение массы здания позволяло его формам все больше стремиться вверх. Вертикальная направленность соборов готики – не только символика устремления к небу, но и требование техники (рис. 26).

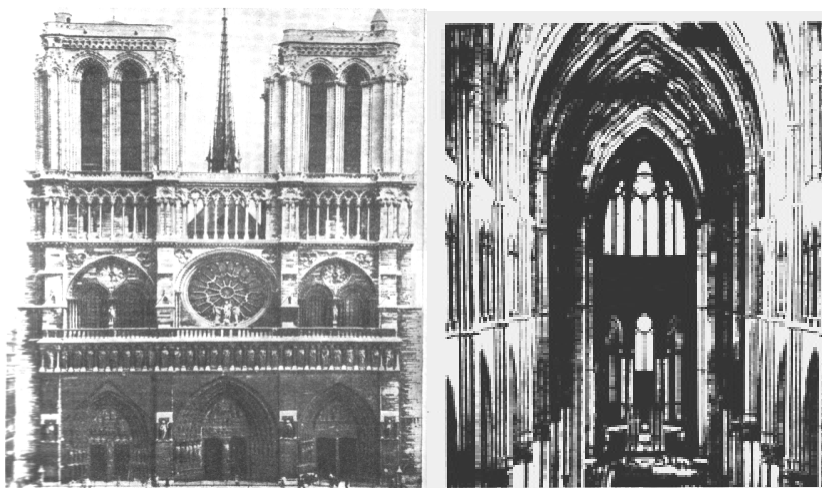


Рис. 26. Собор Нотр-Дам в Париже (слева) и Собор в Реймсе, интерьер (справа)

Готическая архитектура явилась вершиной зодчества из камня. Дух анализа и остроумия в конструировании позволил строителям преодолеть недостатки камня как конструкционного материала и максимально использовать его достоинства. Все конструктивные задачи каменного зодчества были решены в готике, но сложность конструкции и объемно-

го решения достигла предела возможного. Дальнейшее обновление архитектурного творчества осуществлялось путем перехода к простым формам. Ренессанс развил дальше важнейшую архитектурную задачу – освоение внутреннего пространства, но уже с использованием простых конструктивных схем. Влияние камня как строительного материала на архитектурные формы в сущности ослабло в эпоху Ренессанса, так как с этих пор и уже надолго камню была отведена второстепенная роль в конструктивном решении зданий. Он перестал быть конструктивным материалом и в основном служил облицовочным и декоративным материалом, а позднее – и составной частью бетона.

В XIX в. социальные изменения и технический прогресс привели к созданию новых типов зданий и к использованию новых строительных материалов. Появились принципиально новые конструктивные системы. Но попытки эстетически их осмыслить и отразить в архитектурных формах были еще очень слабы по сравнению с тенденцией обработать эти конструкции под старые традиционные формы. Природный камень, выступавший в это время в роли облицовочного декоративного материала, продолжал диктовать решения архитектурных форм. Это выразилось в следующем: введение статических расчетов позволило уменьшить толщину стен, но архитекторы, продолжавшие работать с традиционными архитектурными формами, делали стены излишне массивными, что вызывалось желанием подчеркнуть монументальность сооружений пластической обработкой форм; при замене природного камня в облицовке штукатуркой, его продолжали изображать при помощи разбивки стены на квадраты и подцветки под тон камня; штукатурные детали также изображали камень.

В течение многих столетий, вплоть до периода, когда получило широкое развитие производство керамики и стеновых материалов на основе минеральных вяжущих, природный камень был основным материалом, используемым для кладки стен (особенно в безлесных регионах). Затем его стали активно применять как долговечный и декоративный облицовочный материал для наружной и внутренней отделки, в основном кирпичных стен, а также для покрытия полов, мощения дорог, в качестве крупного заполнителя бетонных смесей и во многих других областях строительного производства. Однако разработка более дешевых и легких искусственных материалов, с одной стороны, и все возрастающие объемы потребностей строительства и ограниченность природных ресурсов, с другой, привели к тому, что природный камень стал постепенно сдавать свои традиционные позиции.

Новая технология скоростного сверхтонкого пиления облицовочного камня, почти полная утилизация отходов камнеобрабатывающих пред-

приятый вернули этому замечательному материалу его достойное место в палитре современного архитектора. Проследив историю развития архитектуры, можно заметить, что влияние природного камня как строительного материала на формообразование значительно. Такие понятия, как монументальность, мощь, прочность, массивность в человеческом сознании неразрывно связаны с архитектурными формами из природного камня [27].

2.2. МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

2.2.1. Общие сведения

Материалы и изделия, добываемые и изготавливаемые из горных пород методами механической обработки, называются *природными каменными материалами*. Примерами таких материалов могут служить облицовочные плиты из гранита, мрамора, известняка, туфа; штучный камень, а также щебень.

Горные породы – это природные минеральные агрегаты более или менее определенного состава и строения, являющиеся продуктом геологических процессов и образующие в земной коре самостоятельные тела. Составными частями горных пород являются минералы.

Минералами называются продукты природных геохимических реакций, обладающие определенным химическим составом и характерными физическими свойствами. Минералы, участвующие в образовании горных пород, называются породообразующими.

Трудоемкость обработки природного камня и качество изделий, получаемых из него, зависит от минерального состава, строения (структуры, текстуры, пористости, трещиноватости, обрабатываемости, анизотропности) и физико-механических свойств породы.

Минеральный состав горных пород определяется их химическим составом, особенностями генезиса и условиями кристаллизации. По химико-минералогическому составу породы подразделяются на силикатные, карбонатные, силикатно-карбонатные и сульфатные в соответствии с главным химическим компонентом породы. Они по-разному взаимодействуют с окружающей средой и, следовательно, в разной степени поддаются коррозии. Наиболее стойкими к воздействию воды, углекислого и сернистого газов, находящихся в атмосфере, являются силикатные породы, в химическом составе которых главную роль играет диоксид кремния, не вступающий в реакцию с вредными примесями в атмосфере. Силикатными являются большинство изверженных пород, в том числе такие высокопрочные и декоративные породы, как гранит, габбро, лаб-

радорит. Из пород осадочного происхождения силикатными являются песчаники; из метаморфических – кварциты, сланцы, гнейсы. Стойкость к агрессивному воздействию окружающей среды обеспечивает долговечность силикатных каменных пород в сооружениях [28].

Более подвержены коррозии карбонатные, карбонатно-силикатные и сульфатные породы, т.е. большинство пород осадочного происхождения и ряд метаморфических пород, в том числе широко используемые в строительстве мраморы, известняки, гипс и ангидрит. Эти породы относятся к недолговечным, легко поддаются коррозии, истиранию и растворению.

С учетом особенностей химико-минералогического состава наиболее приемлемыми для наружной облицовки зданий в крупных городах, где возможны вредные примеси в атмосфере от промышленных выбросов и выхлопных газов автотранспорта, являются силикатные породы. Использование карбонатных пород для этих же целей возможно с условием специальной защитной обработки. Сульфатные же породы могут быть использованы преимущественно в облицовке интерьеров [26].

Химико-минералогический состав определяет окраску камня. Природные камни обладают исключительным богатством расцветок. Пожалуй, нет ни одного участка цветового спектра, который бы не был повторен в них. Разнообразие цветовых оттенков позволяет архитектору найти любое декоративное сочетание в облицовке.

По окраске каменные породы можно разделить на две основные группы: *ахроматические* (черно-белые), отличающиеся по светлоте и имеющие различные переходные оттенки, и *хроматические* (цветные), которые кроме светлоты характеризуются цветовым тоном и насыщенностью цвета, т.е. степенью приближения данного цветового оттенка к чистому спектральному цвету. Цветные породы разделяются на монохромные (розовый кварцит, красный туф) и полихромные (граниты). Светлота и насыщенность цвета одной и той же породы меняются в зависимости от вида фактурной обработки ее поверхности. Цвет и рисунок облицовочного камня – весьма важные его качества; от цвета и текстуры примененной облицовки в значительной мере зависит монументальность сооружения [29].

Под *структурой* горной породы понимаются особенности ее внутреннего строения, обусловленные степенью кристалличности, размерами и формой кристаллов. Структура формируется в зависимости от способа связи минералов между собой, их величины и расположения в массе породы. По степени кристалличности различают структуры *полнокристаллические*, *полукристаллические* и *стекловатые* (аморфные). Кристаллическая структура получается при непосредственном контакте зерен ми-

нералов между собой. Например, так контактируют минералы кварца и полевого шпата в граните. В зависимости от размеров кристаллов структуры подразделяются на крупно-, средне- и мелкокристаллические. Кристаллическая структура может быть неоднородной и иметь вкрапления крупных минералов в мелко- или среднекристаллическую минеральную массу. В этом случае она носит название *порфировой*.

Структура породы определяет ее прочность, стойкость к воздействиям окружающей среды и декоративные качества. Величина показателей прочности каменных пород кристаллической структуры обратно пропорциональна размеру кристаллов минералов породы. Породы с кристаллической структурой прочнее и долговечнее, чем породы полукристаллические и стекловатые. Конструкции из них выдерживают значительные сжимающие нагрузки. Кроме того, эти породы менее подвержены воздействию окружающей среды, так как имеют незначительное водопоглощение, малую пористость; минералы, их составляющие, практически не вступают в химические реакции с вредными газами, находящимися в атмосфере [30]. Породы полукристаллические и аморфные, в свою очередь, отличаются более высокой хрупкостью, что целесообразно учитывать при их обработке.

Структура породы определяет и ее декоративные качества. Рисунок складывается из живописного сочетания цветowych пятен, образованных в крупнокристаллических породах кристаллами различных минералов яркой и разнообразной окраски (гранит, лабрадорит и др.), а в породах полукристаллической и порфировой структуры кусками пород различной окраски, связанных природным цементом (брекчия, конгломерат). Тонкая обработка поверхности изделий из кристаллических пород выявляет рисунок и окраску кристаллов, поэтому крупнокристаллические и порфировые структуры более декоративны, чем мелкокристаллические.

Текстура определяется взаимным расположением составных частей породы (зерен минералов, стекла) в занимаемом ими пространстве. Она имеет следующие разновидности:

- 1) однородная (массивная) – характеризуется равномерным распределением составных частей в массе породы;
- 2) неоднородная (такситовая) – характеризуется неравномерным распределением составных частей в массе породы;
- 3) флюидальная – характеризуется вытянутостью составных частей (микролитов) в определенных направлениях, при этом создается впечатление следов течения.

К формам текстуры также относятся нарушения целостности массива породы в виде трещин, каверн, крупных пор и другие особенности строения. От текстуры зависит рисунок камня, слоистая текстура многих

осадочных и метаморфических пород придает им полосатый рисунок (некоторые виды песчаников, известняков, мраморы, гнейсы). Живописной текстурой обладают известняки-ракушечники, где в массе камня вкраплены целые раковины и их обломки, и травертины с ноздреватыми крупными порами и кавернами.

Текстура камня имеет определенное значение в архитектурной композиции здания. Слоистость пудожского известняка, рисунок ноздреватого травертина, крупнопористого туфа и известняка-ракушечника настолько декоративны, что требуют в ряде случаев особого подхода к использованию их в облицовках. Туф имеет не только живописную текстуру, но и насыщенные яркие цвета. Не потому ли так лаконичны, так сдержанны в орнаментовке лучшие произведения армянской архитектуры.

Пористость определяется отношением объема пустот к объему горной массы. Горные породы подразделяются на низкопористые (менее 5 %), среднепористые (5–10 %) и высокопористые (до 30 %). Наименьшей пористостью обладают магматические и метаморфические породы (до 10 %). Пористость осадочных пород значительно выше (20–25 %).

Трещиноватость – наличие трещин в горной породе. Она бывает открытая, закрытая, сомкнутая и скрытая. При обработке камня учитывают разновидность трещиноватости и ложную слоистость камня, т.е. способность породы раскалываться по параллельным плоскостям.

Обрабатываемость – способность горных пород принимать заданную форму и фактуру лицевой поверхности при воздействии различными инструментами.

Анизотропность – способность горных пород (особенно гранитов) более легко раскалываться по определенным направлениям. Она в большей степени проявляется в слюдах, содержащихся в гранитах.

Важнейшими свойствами, которые выделяют природный камень среди других строительных материалов, являются его декоративность, долговечность и прочность. Богатая цветовая гамма, разнообразие текстуры (рисунка) и возможность получения различной фактуры поверхности составляют декоративные свойства камня, делаю его незаменимым материалом не только в отделке фасадов, но и в облицовке интерьеров и в покрытиях полов. Прочностные свойства природного камня определяют широкий диапазон его использования: от применения в мощении улиц и площадей до тончайших деталей декоративного рельефа и орнамента в отделке зданий.

Замечательные свойства камня могут быть выявлены в полной мере только при правильном использовании его в постройках, поэтому при выборе камня необходимо учитывать целый комплекс его физико-

механических свойств: твердость, плотность, прочность, теплопроводность, морозостойкость, водостойкость, истираемость и износ.

По **твердости** каменные породы делятся на три категории, в соответствии с которыми подбирается технология добычи и обработки камня. Породы I категории – мягкие (твердость по шкале Мооса менее 3), легко режутся стальными резцами. К ним относятся гипсовый и тальковый камень, мел, известняк-ракушечник. Породы II категории – средней твердости (по Моосу 3–5), режутся стальными и твердосплавными резцами, легко обрабатываются абразивным инструментом. К ним относятся: мрамор, кристаллический известняк, доломит, песчаник, сланец, вулканический туф и др. Породы III категории – твердые (5–8 по Моосу), обрабатываются абразивными и скальвающими инструментами, не поддаются твердосплавным и стальным резцам. Это – гранит, сиенит, габбро, лабрадорит, кварцит и др.

От твердости породы зависит тонкость детализовки, возможность выполнения резьбы по камню. Сложная детализовка и резьба почти невыполнимы на твердых породах. Мягкие породы, наоборот, легко поддаются любой обработке, но детали и орнамент на них грубоваты и, со временем разрушаясь, как бы оплывают и теряют свои формы. Породы средней твердости труднее мягких поддаются обработке, но зато детали из них могут быть тоньше, резьба – изящнее и сложнее.

Твердость и прочность камня не всегда находятся в прямой зависимости. По большой твердости камня нельзя судить о его высокой прочности. Так, очень твердые породы, такие как габбро и сиенит, довольно хрупки, что не позволяет делать из них сложные элементы сооружений.

Прочность горных пород определяется их структурой и силами межзерновых связей. Различают высокопрочные породы с $R_{сж}$ более 40 МПа, средней прочности (10–40 МПа) и низкой прочности (0,4–10 МПа). Прочностные качества камня проявляются при работе конструкций из него на сжатие. Камень – материал непластичный и довольно-таки хрупкий. Поэтому при хорошем сопротивлении сжатию он выдерживает сравнительно небольшие изгибающие нагрузки. В среднем твердые породы камня в 20 раз слабее работают на изгиб, чем на сжатие, а породы средней твердости и мягкие – в 5–10 раз. Это свойство камня определяет ограниченный выбор конструктивных схем для сооружений, где он является основным конструкционным материалом.

По **плотности** различают породы: тяжелые (более 1800 кг/м^3) – гранит, сиенит, диорит; и легкие (не более 1800 кг/м^3) – вулканический туф, пемза, известняк-ракушечник. Тяжелые используются в качестве облицовки, плит для пола, материалов для дорожного строительства. Легкие (имеют зачастую пористое строение) применяются преимущественно в

виде штучного камня и блоков для стен зданий и щебня для легких бетонов.

Водостойкость. Коэффициент размягчения камня, применяемого для гидротехнических сооружений и фундаментов, должен быть не менее 0,8, для наружных стен зданий – не менее 0,6.

Истираемость и износ. Эти свойства природного камня имеют важное значение при устройстве дорожных покрытий, полов, лестниц и т.п. Мелкокристаллические материалы при истирании становятся слишком скользкими, поэтому для лестниц, полов и дорожных покрытий следует применять среднезернистые материалы, которые при истирании остаются немного шероховатыми. При выкрашивании крупных зерен в процессе истирания в камне образуются выбоины. Истираемость должна быть не более $2,2 \text{ г/см}^2$ при слабом движении (менее 500 человек в час) и не более $0,5 \text{ г/см}^2$ при интенсивном движении (метро, вокзалы, магазины и др.) [31].

Теплопроводность. Для твердых пород она составляет 2,5, для мягких – 0,35–0,4 Вт/(м·К).

Водопоглощение. Твердые породы имеют водопоглощение не более 0,5 %, мягкие – не более 30 %.

Морозостойкость. По способности выдерживать попеременное замораживание и оттаивание все горные породы делят на три группы:

1) высокоморозостойкие – более 200 циклов (диабазы, кварциты, мраморы, граниты, некоторые виды известняков);

2) среднеморозостойкие – от 50 до 200 циклов (известняки, доломиты, гнейсы);

3) низкоморозостойкие – до 50 циклов (опока, трепел, глины).

2.2.2. Классификация горных пород

В зависимости от условий формирования все горные породы разделяются на три генетических типа: *магматические*, *осадочные* и *метаморфические*. Магматические (изверженные) образовались из застывшей в недрах земли или на ее поверхности магмы. Они представляют собой типичные высокотемпературные образования. Осадочные образовались в результате накопления и преобразования продуктов разрушения ранее возникших горных пород, остатков организмов и продуктов их жизнедеятельности. Образование осадочных горных пород происходит на поверхности земли при обычных температурах и нормальном давлении, главным образом в водной среде. Метаморфические образовались на больших глубинах за счет изменений (метаморфоз) осадочных и магматических пород под действием различных эндогенных процессов (высо-

ких температур и давления, газообразных веществ, выделяющихся из магмы и т.д.).

Горные породы различаются между собой по следующим признакам:

- 1) условиям залегания в земной коре;
- 2) химическому и минеральному составу;
- 3) структуре.

Количество расположенных горных пород в земной коре неодинаково. Основную ее массу (95 %) до глубины 16 км составляют магматические и метаморфические породы, значительная площадь которых с поверхности покрыта тонким слоем осадочных пород. Последние покрывают около 75 % земной поверхности и только 25 % ее площади приходится на долю метаморфических и магматических пород.

Магматические породы образовались из расплавленной магмы, поднявшейся из земных глубин и отвердевшей при остывании. В зависимости от условий застывания исходных расплавов магматические горные породы разделяются на *глубинные* (интрузивные) и *излившиеся* (эффузивные). Глубинными называют породы, образовавшиеся в глубине земной коры в условиях медленного охлаждения. Они отличаются хорошей закристаллизованностью и, как правило, состоят из тесно сросшихся и достаточно крупных кристаллов. Поэтому они обладают большой плотностью, высокой прочностью и морозостойкостью. Все это обуславливает высокие строительные свойства интрузивов. Их применяют для изготовления облицовочных плит, лестничных ступеней, полов, бутового камня, щебня и т.д.

Излившиеся породы образовались при застывании лавы в верхних слоях земной коры. В результате быстрого охлаждения лавы они не отличаются хорошей закристаллизованностью и состоят из отдельных хорошо закристаллизованных кристаллов, вкрапленных в основную скрытнокристаллическую массу. Наиболее распространены среди них порфиры. Состав и свойства излившихся пород такие же, как и у глубинных, но структура их неполнокристаллическая с обилием аморфного стекла, неоднородной текстурой.

К магматическим горным породам относятся: габбро, базальт, диабаз, диорит, порфириты, сиениты, граниты, липариты, кварцевые порфиры, пегматиты, лабрадориты, туфовые лавы.

Осадочные породы сформировались на поверхности земли в условиях относительно низких температур и атмосферного давления. Они возникли в результате разрушения других, ранее образовавшихся пород; из продуктов выпадения из водной и воздушной среды материалов любого происхождения, а также из продуктов жизнедеятельности растительных

и животных организмов. По характеру образования и составу осадочные горные породы делят на три группы:

- 1) обломочные – осадки механического происхождения;
- 2) хемогенные – осадки химического происхождения;
- 3) органогенные – осадки биохимического происхождения.

Породы обломочного происхождения являются продуктами механического разрушения каких-либо материнских пород и сложены преимущественно обломками устойчивых к выветриванию минералов и пород. Они бывают рыхлые (гравий, песок, глина) и сцементированные – те же рыхлые осадки, частицы которых склеены природным цементом (брекчии, конгломераты, песчаники).

Хемогенные породы образовались в результате выпадения из водных растворов различных веществ в виде химических осадков с последующим их уплотнением и цементизацией. К ним относятся карбонатные породы (известняк, магнезит, доломит, известковый туф) и сульфатные (гипс, ангидрит).

Органогенные (биогенные) породы образовались при непосредственном или косвенном участии организмов, способных извлекать из растворов или морских вод необходимые для их жизнедеятельности соединения и концентрировать их в твердых частях тела. К ним относятся некоторые разновидности плотных известняков, известняк-ракушечник, мел, диатомиты, опоки, трепелы.

Осадочные породы разнообразны по составу, структуре и физико-механическим свойствам. В отличие от вулканических пород они менее однородны, залегают пластами, имеют слоистое строение, что отрицательно сказывается на строительно-технических свойствах получаемых из них природных каменных материалов. Большинство осадочных пород имеет более пористое строение, чем плотные магматические породы, а следовательно и меньшую прочность. Для производства нерудных строительных материалов наиболее широко применяются известняки, доломиты, песчаники, а также рыхлые породы – гравий, песок, глина.

Метаморфические породы образовались под воздействием высоких температур и давления, химически активных газообразных веществ и горячих растворов, циркулирующих в породах. Результат такого воздействия – изменение структурных и текстурных свойств, а иногда и химического состава пород. Метаморфизироваться могут как магматические, так и осадочные породы. Метаморфические породы более плотны, чем исходные осадочные. В большинстве случаев они имеют слоистую структуру, что снижает строительно-технические свойства получаемых из них природных каменных материалов. Наиболее широкое применение

в строительстве и архитектуре имеют гнейсы, кристаллические сланцы, кварциты, мрамор.

На рис. 26 приведена общая классификация горных пород.

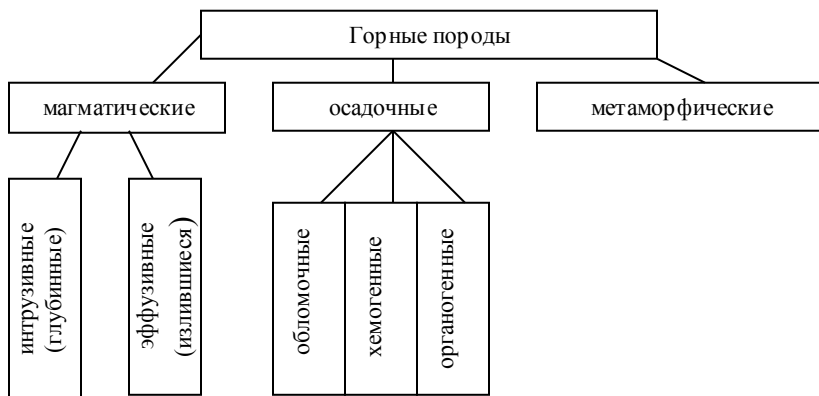


Рис. 26. Классификация горных пород

2.2.3. Важнейшие горные породы, применяемые в строительстве и архитектуре

Граниты – широко распространенные в природе кислые породы, содержащие 65–75 % SiO_2 . В их состав входит полевой шпат, кварц и темноцветные минералы (биотит, роговая обманка), которые сообщают светло-серую или красную окраску этим породам. Прочность при сжатии у них колеблется от 100 до 250 МПа, плотность 2500–2800 кг/м³. Они являются малопористыми породами, обладают низким водопоглощением, высокой морозостойкостью и сопротивляемостью истиранию, сравнительно легко поддаются механической обработке. Из всех вулканических пород граниты наиболее широко используются в строительстве, так как они являются самой распространенной из интрузивных пород. Их применяют для изготовления облицовочных плит цокольных этажей зданий, лестничных ступеней и полов, бордюрных камней, при строительстве мостов, гидротехнических сооружений, в качестве щебня для бетона, бутового камня при устройстве фундаментов зданий.

Сиениты – отличаются от гранитов тем, что не содержат свободного кварца, поэтому содержание SiO_2 в них меньше. Они являются средними породами. Внешне сиениты напоминают граниты, но в них менее отчетливо выражена зернистость структуры и их окраска более темная. Из-за отсутствия кварца они являются более мягкими и одновременно более

вязкими породами вследствие значительного содержания роговой обманки. Сиениты окрашены обычно в серые, розовые и зеленоватые тона. Встречаются сиениты значительно реже, чем граниты, что снижает их значение как строительного камня.

Диориты – зернистые массивные породы, среднего состава, состоят из плагиоклазов и роговой обманки. Окраска – темно-серая, темно-зеленая до черной. Они характеризуются высокой прочностью при сжатии (180–300 МПа), повышенной плотностью и ударной вязкостью, хорошей полируемостью и стойкостью против выветривания. Эти свойства позволяют использовать диориты в качестве материалов, противодействующих различным вибрационным воздействиям (подпорные камни, фундаменты мостовых сооружений и др.), а также применять как ценный декоративный материал [32].

Габбро – основные породы, состоящие из полевых шпатов, авгита и оливина. Это тяжелые породы с плотностью около 3100 кг/м³ и прочностью при сжатии 200–280 МПа, отличающиеся высокой вязкостью, которая затрудняет их обработку. Структура габбро гранитная, преимущественно крупнозернистая, цвет серый, темно-зеленоватый, коричнево-зеленый или черный. Применяются для покрытий дорог, облицовки, в производстве щебня.

Базальты и диабазы – излившиеся аналоги габбро, отличающиеся от последних своими структурными и текстурными особенностями. Базальты представляют собой черную плотную застывшую лаву, находящуюся в скрытокристаллическом или аморфном состоянии. Большая твердость и хрупкость базальтов затрудняет их обработку. Прочность варьируется в широких пределах от 110 до 500 МПа и в связи с большим содержанием стекла может резко падать. Базальты используют для дорожных покрытий, для мощения откосов набережных, в качестве щебня для бетона, а также как сырье для каменного литья. Литой камень *базальтин* используют для получения отделочных изделий, труб, кислотоупорной химической аппаратуры.

Диабазы имеют скрытокристаллическую структуру, характерную тем, что промежутки между переплетенными кристаллами плагиоклаза заполнены мелкозернистой авгитовой массой. Цвет меняется от зеленого до зеленовато-серого. Диабазы отличаются значительной вязкостью, высокой прочностью при сжатии (от 300 до 450 МПа), имеют средние значения твердости и обрабатываемости и хорошо полируются. Они обладают малой истираемостью, поэтому используются для дорожных покрытий, в качестве отделочного материала и сырья для каменного литья.

Лабрадориты – породы из семейства габбро, составной частью которых является минерал лабрадор, обладающий характерной для него ири-

зацией – яркими переливами цветов: синего, голубого, зеленого, золотистого и др. Благодаря этому лабрадориты являются ценным декоративным и облицовочным материалом.

Вулканические туфы – пористые породы, образовавшиеся в процессе уплотнения вулканического пепла. Кроме последнего в их состав входят кремнезем, глина и продукты разложения пепла. Они различны по строению и характеризуются непостоянными физико-механическими свойствами. Наиболее уплотненными вулканическими туфами, содержащими повышенное количество растворимого кремнезема, являются трассы, используемые в качестве декоративных добавок к цементу.

Туфовые лавы – образовались при быстром вспенивании изливающихся лав при резком падении давления и одновременном примешивании к ней разнообразного вулканического материала. Как и вулканические туфы, они обладают большой пористостью и стекловатой структурой. Крупное месторождение туфовой лавы находится в Армении – так называемый артикский туф. Он имеет розовато-фиолетовый цвет различных оттенков и обладает высокой морозостойкостью, малой теплопроводностью, легко обрабатывается, но не полируется. Из туфовой породы выпиливают камни правильной формы для кладки и облицовки стен, а отходы от ее разработки используют в качестве бутового камня и заполнителя в легких бетонах.

Пески – мелкообломочные рыхлые осадочные горные породы, состоящие из округлых и угловатых зерен (песчинок) различных минералов и обломков пород размером 0,16–5 мм. Пески состоят преимущественно из кварца, наиболее устойчивого к химическому выветриванию минерала. Присутствуют также полевые шпаты, слюды, амфиболы. Вредной примесью к пескам являются глинистые и пылеватые фракции (0,05–0,005мм). При оценке качества песка как строительного материала учитывают его минеральный и зерновой составы, пористость, коэффициент фильтрации и др. Истинная плотность песков составляет 2,64 г/см³, насыпная – около 1200 кг/м³. Они служат главным сырьем для получения керамики, стекол, бетонов, растворов, силикатных автоклавных материалов, для дорожных покрытий [33].

Песчаники – образуются путем цементации зерен песка при просачивании через них разнообразных минеральных растворов. Их прочность, определяемая видом природного цемента, характером его сцепления с зернами песка, плотностью породы колеблется в пределах от 1 до 150 МПа. Наиболее прочными из них являются кремнистые песчаники, малопрочными – глинистые. Их применяют для получения стенового и бутового камня, щебня, а также декоративно-отделочного материала.

Глинистые породы – состоят более чем наполовину из мельчайших (менее 0,01–0,001 мм) чешуеобразных частиц глинистых минералов. Глины образуются при выветривании полевошпатовых и некоторых других силикатных пород и состоят преимущественно из глинистых минералов типа каолинита, монтмориллонита и гидрослюд. Большинство глин – полиминеральные, однако среди них имеются наиболее ценные мономинеральные, в частности, каолиновые. Полиминеральные глины – сырье для производства кирпично-черепичных изделий, грубой керамики, глинозема, огнеупоров и т.д. Каолиновые (белые) глины представлены в основном минералом каолинитом. Они используются в производстве фарфорофаянсовых изделий, цемента, шамота.

Известняки – состоят главным образом из кальцита (CaCO_3). Они образовались в результате химического осаждения в естественных водоемах осадков карбоната кальция. Некоторые известняки имеют биогенное происхождение. В зависимости от текстуры плотность известняков изменяется в пределах 2600–2000 кг/м³. Окраска их разнообразна: белая, серая, желтоватая – до черной в зависимости от примесей. Большое содержание в известняках глин и пирита ухудшает их строительные свойства. Так, при содержании глины более 3 % известняки становятся недостаточно морозостойкими. В зависимости от относительного содержания кальцита известняки бывают чистыми (не менее 98 % CaCO_3) и мергелистыми (CaCO_3 до 90 %). Плотные известняки применяют для изготовления плит и фасонных деталей для облицовки стен, лестничных ступеней, подоконников, цоколей и карнизов; плиты неправильной формы применяют для бутовой кладки, а также для приготовления щебня в производстве бетона. Используют также известняки в производстве портландцемента и воздушной извести. Пористые известняки легко поддаются распиловке на штучный камень определенных размеров, используются для кладки стен и перегородок. Известняк-ракушечник широко применяется в качестве отделочного материала.

Магнезиты – светлоокрашенные породы, состоящие из минерала магнезита (MgCO_3). Прочность и плотность их выше, чем у известняков, но в природе они встречаются реже. Магнезиты являются сырьем для производства огнеупорных изделий, а также для изготовления минеральных вяжущих (каустического магнезита) и изделий на их основе.

Доломиты – состоят из минерала доломита, представляющего собой двойной карбонат кальция-магния ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). По структуре и свойствам они близки к плотным известнякам. Окрашены в белый, серый и желтый цвета. При выветривании доломиты покрываются рыхлым желтовато-серым налетом (доломитовой мукой). Камневидные доломиты характеризуются плотностью от 2700 до 2900 кг/м³ и прочностью при

сжатии 60–150 МПа. Они более твердые и плотные породы, чем известняки. Доломиты применяют наравне с известняками как строительный камень (плиты, бут, щебень) и сырье для производства каустического доломита и доломитовой извести, а также при получении огнеупоров и теплоизоляционных материалов, стекла и т.п.

Мергели – представляют собой природную тонкую механическую смесь известняка и глины в разных соотношениях. Содержание CaCO_3 в них колеблется от 25 до 75 %. Мергели – тонкозернистые, однородные по структуре, желтые, серые, темно-серые, неустойчивые к химическому выветриванию породы с физико-химическими свойствами, зависящими от содержания глины. Плотность 1900–2500 кг/м^3 , а предел прочности при сжатии – 60 МПа. Мергели являются лучшим сырьем для производства цемента.

Метаморфические сланцы – образуются из магматических или осадочных пород путем метаморфизации. Наиболее сильно изменяются глины, которые уже при слабом влиянии метаморфизма превращаются в глинистые сланцы, а с дальнейшим его усилением претерпевают полную перекристаллизацию и переходят в *филлиты* – темно-серые и красноватые тонкосланцеватые породы. Глинистые сланцы – твердая глинистая порода сланцеватого сложения, образовавшаяся из сильно уплотнившихся и частично перекристаллизовавшихся глин под влиянием большого давления. Они значительно тверже глин, не размокают в воде – при нахождении в ней они не переходят в пластическое состояние. Состоят сланцы из очень мелких глинистых частиц, а также листочков слюды, мелкой пыли, полевых шпатов, зерен кварца и других минералов; цвет имеют преимущественно темно-серый; легко раскалываются на тонкие ровные пластинки и, обладая достаточной плотностью, твердостью и водостойкостью, применяются как долговечный кровельный материал.

Гнейсы – светлоокрашенные серые, красноватые и других оттенков кристаллически-зернистые породы. По минеральному составу сходны с гранитами, из которых они образовались в результате перекристаллизации под большим давлением. Гнейсы имеют так называемое сланцеватое строение, причем составляющие их минералы вытянуты в направлении, перпендикулярном направлению давления, что придает им красивую полосатую текстуру. По плотности и прочности в направлении, перпендикулярном сланцеватости, гнейсы мало отличаются от гранитов. Сланцеватость облегчает добычу и обработку гнейсов, но уменьшает их прочность вдоль слоев и стойкость против выветривания. Гнейсы сравнительно легко раскалываются по плоскостям сланцеватости и могут расслаиваться при попеременном замораживании и оттаивании. Они являются самыми распространенными метаморфическими породами, их

используют в виде облицовочных плит, для кладки фундаментов, в качестве мостильного и бутового камня.

Кварциты – метаморфическая разновидность кремнистых песчаников с перекристаллизованными зернами кварца, которые срослись между собой так, что цементирующее вещество неразличимо. Они имеют цвет белый, желтый, серый или, в зависимости от примесей, красный, фиолетовый, темно-вишневый. Кварциты хорошо противостоят выветриванию, имеют предел прочности при сжатии 100–400 МПа при плотности 2800–3000 кг/м³. Они отличаются слабым сцеплением с вяжущими, большой хрупкостью и трудно обрабатываются; имеют высокую огнеупорность, кислото- и щелочестойкость. Применяют их обычно в особо ответственных местах зданий и сооружений, например, для изготовления подферменных камней в мостах, для наружной облицовки в виде тесаного камня и облицовочных плит (красивые разновидности кварцитов – прекрасный декоративный и облицовочный материал); иногда из кварцитов изготавливают ступени лестниц. Кварциты используют также в виде бутового камня и щебня, они являются сырьем для производства огнеупорных (динасовых) изделий.

Мраморы – образовались из известняков (реже из доломитов) под влиянием высокой температуры и под действием огромных давлений в толще земной коры, вызвавших их перекристаллизацию. К главным породообразующим минералам относятся кальцит и доломит с возможными примесями кварца. Мраморы бывают белые, розовые, желтые, красные, черные и других цветов (в зависимости от примесей), в них часто имеются прожилки и узоры. Плотность 2600–2800 кг/м³, прочность при сжатии 100–120 МПа. Мраморы хорошо обрабатываются – пилятся, шлифуются и полируются.

Основная область применения мраморов – внутренняя отделка. Используют их в качестве декоративных и облицовочных материалов; из них изготавливают плиты для внутренней отделки зданий, плитки для полов, лестничные ступени, подоконные доски и другие изделия. При этом следует учитывать, что многие разновидности мрамора имеют сравнительно высокую истираемость, что ограничивает их применение для покрытий пола.

Мраморную крошку применяют при приготовлении цветных штукатурок, облицовочного декоративного бетона, мозаичных полов. Мраморы в наружной отделке зданий и сооружений под влиянием атмосферных факторов (важнейший из них – сернистый газ, содержащийся в воздухе промышленных центров и больших городов) быстро выветриваются, теряют блеск полировки, изменяют цвет.

2.3. ПРИРОДНЫЙ КАМЕНЬ В АРХИТЕКТУРЕ

2.3.1. Основы технологии добычи и обработки природных каменных материалов

Природные каменные материалы получают путем механической обработки скальных горных пород. При этом разрушается монолитность исходного сырья и частично его структура. В основе классификации природных каменных материалов лежит технология их производства [34].

Весь комплекс работ по добыче каменных материалов называют *горными работами*. Разрабатываемые месторождения именуются *карьерными*, а выработанные пространства, образующиеся в процессе добычи ископаемых – *карьерными выработками*. Обычно при добыче полезных ископаемых попутно получают определенное количество непригодной

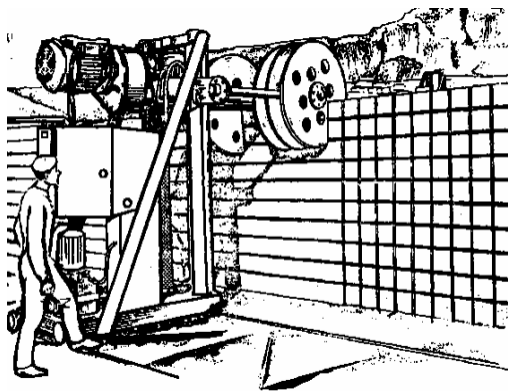


Рис. 28. Камнерезная машина с дисковыми пилами

для строительства так называемой пустой породы. Разработка горной породы в зависимости от условий залегания может быть открытая или подземная. При выборе метода разработки учитывают местные условия, вид породы, глубину и характер ее залегания.

Добыча твердых массивных горных пород ведется буровзрывным способом, менее твердые слоистые и трещиноватые породы разрабатываются буроклиновым и ударклиновым способами. Мягкие породы распиливают на блоки правильной геометрической формы специальными камнерезными машинами непосредственно на месте залегания породы. Машины особенно эффективны при подземных выработках слабых и мягких пород, например ракушечника, известковых туфов и т.п. Более твердые породы (мраморы, граниты) распиливают на штучный камень, блоки и плиты пилами со стальными дисками, армированными пластинками твердых сплавов или с абразивными порошками (рис. 28). При этом образуется большое количество отходов от камнепиления. Утилизация и

целесообразное их использование в промышленности и архитектурно-строительной практике – важная народнохозяйственная проблема.

Добычу рыхлых горных пород (песка, гравия) осуществляют открытым способом с помощью экскаваторов или гидромеханическим, при котором вода, подаваемая гидромонитором под большим давлением, разрыхляет грунт. Затем, после размыва, из пульпы выделяют готовую продукцию. Гравий со дна озер и прибрежной части морей добывают плавучими механизмами – драгами и землечерпалками.

Возможность выбора каменной породы и массового ее использования в строительстве зависит от уровня механизации современных процессов добычи и обработки природного камня. Так, механизированная добыча с помощью камнерезных машин возможна преимущественно для пород средней твердости и мягких. Поэтому в архитектуре зданий, возведенных в последние десятилетия, наблюдается преобладание травертинов, туфов, известняков и мраморов. Породы же твердого камня, добыча и обработка которых весьма трудоемка, используются ограниченно.

Природный камень, доставленный с карьеров, подвергается дальнейшей обработке, распиливанию и отделке для получения различных видов поверхности: грубой или сравнительно гладкой, в частности с применением шлифования и полирования. Для обработки используют пневматические инструменты и станки, с помощью которых получают необходимую фактуру: бугристую, рифленую, бороздчатую и др.

Для получения щебня, каменной крошки, дробленого песка породы после их добычи подвергают дроблению и измельчению в камнедробилках с последующими операциями по фракционированию, обогащению, промыванию и т.д. Для получения крупно-, средне- и мелкозернистых минеральных материалов используют отходы, получаемые на карьерах или на камнедробильных заводах и установках. Особенно ценными отходами являются побочные продукты при распиловке и разделке природного декоративного камня (мрамора, гранита, кварцита). При смешивании с цементом из них вырабатывают крупные блоки, декоративные плиты и пр.

По виду обработки природные каменные материалы делят на следующие основные виды: *грубообработанные* (бутовый и валунный камень, щебень, гравий и песок); *штучный камень и блоки правильной формы* (для кладки стен и пр.); *плиты с различно обработанной поверхностью* (облицовочные для стен, пола и др.); *профилированные детали* (ступени, подоконники, пояски, наличники, капители колонн и т.п.); *изделия для дорожного строительства* (бортовой камень, брусчатка, шашка для мощения). По способу изготовления природные каменные материалы и изделия делятся на *пиленые* (стенные камни и блоки, об-

лицовочные плиты и плиты для пола) и *колотые* (бортовые камни, камни тесаные, брусчатка, шашка для мощения). Используя ударную и абразивную обработку, природному камню придают ту или иную фактуру.

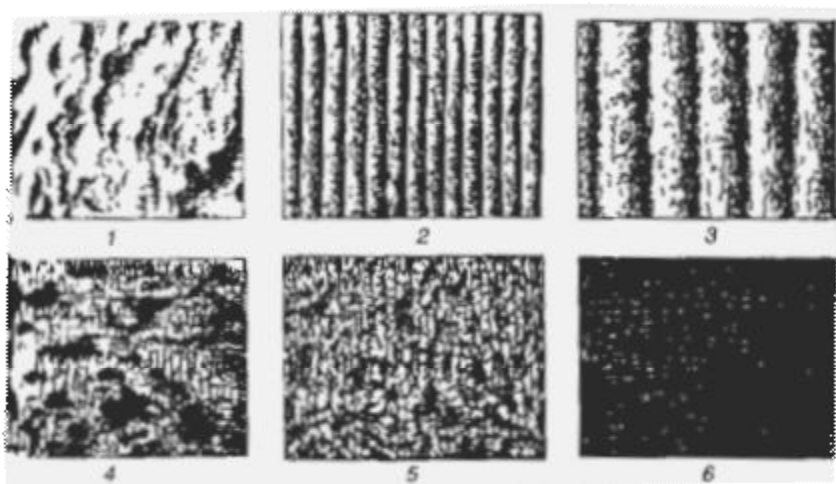


Рис. 29. Виды фактуры камня:
 1 – скальная; 2 – рифленая; 3 – бороздчатая; 4 – бугристая;
 5 – точечная; 6 – грубошлифованная

Современные способы фактурной обработки естественного декоративного камня позволяют наиболее полно раскрыть его богатейшие архитектурно-художественные возможности. В зависимости от способа обработки лицевой поверхности каменных материалов их фактуры делят на ударные, абразивные и термообработанные. Ударные фактуры, получаемые обработкой поверхности механизированными, реже ручными, ударными инструментами, различают по характеру обработки и высоте рельефа: скальная (или фактура скалы) – более 50 мм, бугристая – более 5 мм, рифленая и бороздчатая – 1–3 мм, точечная – 0,5–2 мм (рис. 29).

Абразивные (гладкие) фактуры получают механизированным способом – распиловкой, фрезерованием и истиранием поверхности с применением абразивных материалов (шлифованием и полированием). Матовая гладкая поверхность может быть получена обработкой камня ультразвуком в водной среде. Шероховатую термообработанную (огневую) фактуру получают с помощью специальных термоинструментов.

2.3.2. Виды и свойства природных каменных материалов

Свойства природных каменных материалов определяют области их применения. Только при правильной оценке качества и свойств материалов могут быть получены долговечные строительные конструкции высокой надежности и технико-экономической эффективности. Основными показателями качества природных каменных материалов являются их прочность, плотность, водо- и морозостойкость.

По значениям плотности каменные материалы классифицируют на тяжелые (не менее 1800 кг/м^3) и легкие (до 1800 кг/м^3); по пределу прочности при сжатии – на прочные (более 10 МПа), средней прочности (5–10 МПа) и малопрочные (менее 5 МПа). Прочность при растяжении всех каменных материалов намного ниже их прочности при сжатии (обычно в 7–15 раз); морозостойкость, в зависимости от породы камня, составляет от 50 до 200 циклов, коэффициент размягчения – не ниже 0,7.

2.3.2.1. Грубообработанные каменные материалы

Бутовый камень (бут) – это крупные куски неправильной формы размером 150–500 мм, массой 20–40 кг, получаемые при разработке известняков, доломитов, песчаников, реже – гранитов. В зависимости от формы бут может быть *рваным* (полученным при взрывных работах), *постелистым* (плитняком) и *лещадным* (полученным выколкой из пород слоистого строения) (рис. 30). Бутовый камень должен быть однородным, не иметь следов выветривания, расслоений и трещин и не содержать рыхлых и глинистых включений. Прочность при сжатии должна быть не ниже 10 МПа, коэффициент размягчения – не ниже 0,7, морозостойкость – не менее 15 циклов. Бут широко применяется для кладки фундаментов, стен подземных частей зданий, подпорных стен, устоев мостов и т.п. Для кладки лучшим считается постелистый бут. Мелкие куски бутового камня обычно перерабатывают на щебень, используемый

в качестве заполнителя в бетоне, для щебеночной подготовки под бетонные фундаменты в санитарно-технических сооружениях и в качестве фильтрующего материала.

Валунный камень (валун) – крупные округленные или окатанные обломки горных пород ледникового и иного происхождения

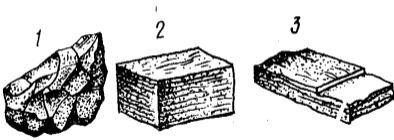


Рис. 30. Бутовый камень:
1 – рваный, 2 – постелистый,
3 – лещадный

размером более 300 мм. Валуны часто имеют выветренную поверхность. Их используют для получения щебня и как декоративные формы в садово-парковой архитектуре. Более мелкие обломки (до 300 мм) называют *булыжниками* и применяют для мощения дорог, дворов и откосов, для каменной наброски при строительстве дамб. Крупный булыжник можно использовать как бут, мелкий камень перерабатывают на щебень.

Гравий – различной окатанности зерна горных пород размером 5–70 мм. Качество гравия обуславливается его генезисом, минеральным составом, содержанием глинистых и органических примесей. Лучшей разновидностью гравия считается ледниковый, который менее окатан. Гравий применяют в качестве заполнителя в железобетонных сооружениях и дорожном строительстве и как фильтрующий материал.

Щебень – материал, получаемый в результате дробления твердых горных пород на куски размером 5–70 мм. В отличие от гравия зерна щебня имеют угловатую форму с многочисленными сколами на поверхности. Качество щебня оценивают по его однородности, зерновому составу, степени загрязнения, прочности при сжатии исходной горной породы. Его применяют (как и гравий) в качестве крупного заполнителя для бетонов, устройства дорожных покрытий.

Пески – рыхлая смесь зерен крупностью 0,16–5 мм. Различают пески естественные и пески, получаемые дроблением с последующим отсевом фракций указанных размеров. По минералогическому составу чаще всего встречаются пески кварцевые, но есть и полевошпатные. Применяют пески для устройства песчаных оснований, засыпок, в качестве заполнителя растворных и бетонных смесей, как сырье в производстве силикатного кирпича, силикатного и ячеистого бетона, строительной керамики, фарфора, фаянса, стекла и ситаллов.

2.3.2.2. Каменные изделия правильной геометрической формы

Стеновые блоки и камни – штучные каменные материалы правильной геометрической формы (обычно в форме параллелепипеда), изготовленные из известняков, туфов и других горных пород. Масса камней составляет до 40–45 кг. Они применяются для кладки наружных и внутренних стен и перегородок. Основные размеры стеновых камней: 390x190x188; 490x240x188; 390x190x288 мм [35]. Каждый такой камень заменяет в кладке 8–12 кирпичей. Блоки отличаются от камней большими размерами и массой (не менее 0,1 м³ и 100 кг соответственно). По способу изготовления их делят на *колотые*, *тесаные* и *пиленные* (рис. 31).

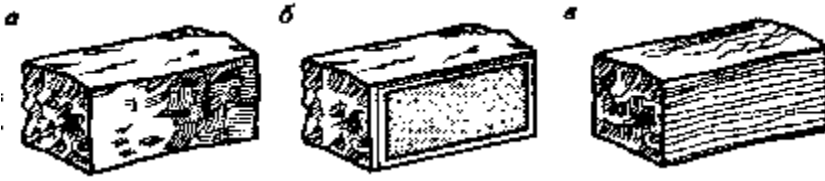


Рис. 31. Блоки:
a – колотый; *б* – тесаный; *в* – пиленный

Для каменных пород, разрабатываемых на штучный камень, на первое место выдвигается требование блочности. Массив породы должен иметь минимальное количество трещин, в противном случае, при большой трещиноватости породы, она может разрабатываться только на дробленый камень. Применение камней и блоков уменьшает затраты труда, позволяет перейти к индустриальным методам строительства. Стены из природного камня не требуют наружной штукатурки и облицовки. Однако при перевозке камня на расстояния свыше 300 км эффективность этого материала из-за значительных транспортных расходов резко падает. Поэтому его применяют вблизи промышленных месторождений.

Вместе с тем в районах, обладающих запасами природного камня и имеющих эксплуатируемые месторождения, штучный камень является наиболее дешевым строительным материалом для основных конструктивных элементов малоэтажных жилых зданий, сооружений для отдыха и построек хозяйственного назначения. Во многих случаях его рассматривают как основной строительный материал для стен. Он применяется для возведения несущих и самонесущих наружных и внутренних стен зданий, подвалов, перегородок, фундаментов. В современном строительстве даже применяются каменные покрытия промышленных, гражданских, сельскохозяйственных и других зданий в виде тонкостенных сводов двоякой кривизны.

Камни, используемые для возведения стен, обладают самой разнообразной окраской: белой, сероватой, желтоватой, розовой – у известняков; желтой, оранжевой, розовой, красной, фиолетовой, светло-коричневой – у туфов; красной, желтой, светло-коричневой – у песчаников и т.д. Общий колорит застройки определяется при восприятии ее издалека, его создает цвет больших стеновых плоскостей. Вблизи воспринимаются соотношения цветового и фактурного решения поля стены и других элементов здания.

Для производства стеновых каменных материалов пригодны породы с прочностью от 20 до 40 МПа, водопоглощением не более 30 % по мас-

се и морозостойкостью не менее 25 циклов. Плотность стенового камня для наружных стен должна быть не более 2100 кг/м^3 , а для фундаментов, стен подвалов и внутренних стен – не более 2300 кг/м^3 . Наиболее экономичными для возведения наружных стен являются легкие породы камня с плотностью от 1000 до 1600 кг/м^3 , обеспечивающие наименьшую массу стены и наилучшее сопротивление ее теплопередаче.

Облицовочные каменные материалы – это широкая номенклатура плит, плитки, фасонных и профильных элементов облицовки для наружной и внутренней отделки стен, для облицовки колонн, цоколей, порталов, проступей и подступенников лестниц, для покрытия полов и площадок, для плинтусов, карнизов, подоконников и т.д. Высокие декоративные качества природного камня, его способность длительное время противостоять отрицательным воздействиям окружающей среды ставят его вне конкуренции по сравнению с другими облицовочными материалами. Использование камня для наружных облицовок в истории архитектуры нашей страны можно проследить на примерах построек Москвы и Петербурга, являвшихся основными центрами гражданского строительства в России.

Облицовочный камень играет немалую роль в архитектурной композиции зданий. Облицовка природным камнем в определенной мере способствует индивидуализации здания, сооружаемого из стандартных элементов, за счет неповторяемости цветовых оттенков и текстуры различных пород камня из разных месторождений. Выбор породы камня для декоративной отделки, фактуры его поверхности и размеров определяется в первую очередь архитектурной композицией сооружения. При выборе пород камня, соответствующих архитектонике сооружения, учитывают возможности художественного выражения в облицовке различных конструктивных частей здания. Лаконичность современных архитектурных форм, сдержанность детализировки привели к тому, что основным элементом облицовки стали плоские плиты, лицевая поверхность которых может иметь самую разнообразную фактуру – от *груборельефной колотой* (фактура скалы) до *зеркальной полированной*. Выбор фактурной поверхности определяется тем, как трактуется облицовываемый элемент – монолитным или расчлененным. Фактуры с гладким рельефом позволяют создать монолитную нерасчлененную плоскость. Груборельефные фактуры всегда выявляют сложные стены из отдельных блоков. Архитектурная трактовка облицовок с грубой фактурой создает впечатление массивной каменной кладки.

Плиты для наружной облицовки зданий изготавливают, как правило, из твердых пород (гранита, габбро, кварцита, сиенита и др.), а также из мрамора, известняка, туфа. Исходные породы не должны содержать гли-

нистых примесей, а после обработки должны иметь красивый внешний вид и высокую атмосферостойкость. Кроме того, имеется еще целый ряд требований, которые учитываются в зависимости от условий службы камня. Для тех частей здания, которые в наибольшей степени подвергаются воздействию атмосферных осадков или механическим воздействиям (цоколи, карнизы, лестницы, парапеты и т.д.), используются преимущественно силикатные каменные породы с плотностью более 2500 кг/м^3 . Поэтому для цокольной части здания наиболее подходящими являются: гранит, сиенит, песчаник, габбро, лабрадорит. Использование для этих целей известняка нерационально, так как он быстро, часто по истечении всего нескольких лет службы теряет свои декоративные качества: изменяется цвет, происходят поверхностные разрушения, их загрязнения и покрытие пятнами и подтеками.

Для облицовки поля стены подходят многие виды пород камня, за исключением цветного мрамора и гипса. Наиболее часто применяют известняк, серый и белый мрамор, доломит, травертин, песчаник, туф. Облицовочные стеновые плиты имеют меньшую толщину по сравнению с цокольными (8–40 и 40–60 мм соответственно). Массовое производство экономичных тонких плит налажено благодаря высокопроизводительным распиловочным станкам с алмазными режущими инструментами и другим новейшим оборудованием.

Цвет и текстура различных пород камня влияют на восприятие архитектурного сооружения. Здания из темных габбро, гранита, диорита и других подобных пород выглядят наиболее монументальными, иногда даже мрачными и неприступными по сравнению с сооружениями из светлых известняков, мраморов и травертинов. Светлый полированный мрамор, просвечивающий на углах и в тонких деталях, может способствовать созданию впечатления легкости и воздушности сооружения. Декоративные сочетания каменных пород различных цветовых оттенков придают зданиям праздничность и нарядность.

Наряду с облицовкой фасадов зданий природным камнем применяется и облицовка отдельных элементов – цоколей, стилобатов, наружных лестниц, порталов, отдельных плоскостей стен. Такое использование камня позволяет получать интересные сочетания фактуры и цвета различных строительных материалов: камня и бетона, камня и штукатурки, камня и древесины и т.п. В русской архитектуре издавна существует традиционное сочетание деталей из белого известняка с кирпичной кладкой стен (церковь Покрова Богородицы в Филях, колокольня Новодевичьего монастыря, рис. 32). Такой прием применяется и в современных зданиях.

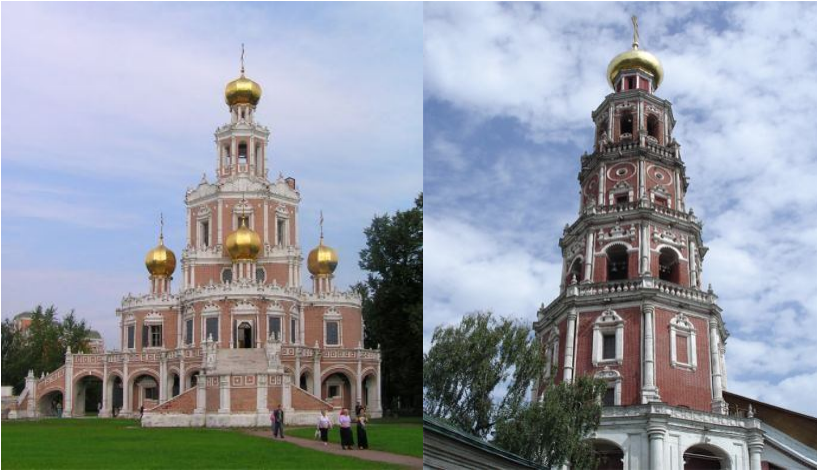


Рис. 32. Церковь Покрова в Филях (*слева*) и колокольня Новодевичьего монастыря (*справа*)

Красиво сочетание светлого камня с металлом. Наиболее распространено тонкое нюансовое сочетание белого камня с деталями из золотистого анодированного алюминия. При этой отделке на стенах здания возникает игра света. Камень получает золотистую подсветку благодаря бликам от металла, что придает зданию праздничный характер. Это сочетание материалов использовано в отделке фасадов Кремлевского Дворца съездов, Олимпийского спортивного комплекса, кинотеатра «Звездный» в Москве.

Сочетание природного камня со стеклом придает особую напряженность композиции, основанную на резком контрасте прочного камня и хрупкого стекла. Такую облицовку имеет дом Центросоюза в Москве (арх. Ле Корбюзье) – большие остекленные витражи и глухие плоскости стен из красно-фиолетового арктического туфа. Глазуванная керамическая блестящая плитка ярких цветов хорошо сочетается с белым известняком. Мягкость цветовых тонов и благородство текстуры камня смягчают холодность глазуванной керамики (здание театра зверей им. Дурова, гостиница «Молодежная», Москва).

В СССР применение природного камня в интерьерах получило широкое развитие с 30-х годов прошлого века, когда началось строительство Московского метрополитена. На облицовку станций было израсходовано огромное количество мрамора, гранита, кварцита, лабрадорита, родонита, известняка и других пород камня [36]. Наиболее широкое при-

менение нашел мрамор, которым облицовано более 300 тыс. м² поверхности стен и колонн. Великолепие «подземных дворцов» обязано, в основном, природному камню. Разнообразие примененных пород позволило создать богатую, но достаточно сдержанную по тональности цветовую гамму интерьеров.

Мрамор, гранит и другие породы придают торжественность интерьерам, особенно если облицовочным плитам придана блестящая зеркальная фактура. Однако не для всякого интерьера эти породы подходят. Здесь нужно принимать во внимание и характер архитектуры, и назначение здания. Торжественный и холодный полированный мрамор в больших количествах более подходит для интерьеров очень крупных общественных сооружений, таких как Дворец съездов в Кремле, центральных оперных театров и тому подобное, и менее приемлем для заводских дворцов культуры, молодежных дворцов и административных зданий. Здесь более органично вписывается гамма теплая, сдержанная, фактура матовая, характерные для травертина, доломита, известняка-ракушечника. Именно эти породы начали широко применять в 70-е годы прошлого века для интерьеров общественных зданий.

В интерьерах, для которых не нужна особая торжественность, мрамором, гранитом, лабрадоритом и другими богатыми породами камня облицовывают отдельные элементы, на которых желательно сфокусировать внимание наблюдателя. «Холодный» белый мрамор может сделаться нежным, теплым, бархатистым, если ему придать фактуру скальную или матовую. Разноцветный полированный гранит, темные габбро и лабрадорит, придающие интерьеру торжественность и монументальность, если они применены в большом количестве, вполне уместны для невысокого цоколя стены, для облицовки декоративного бассейна, камин или дверного портала.

Полы из цельных плит гранита также наиболее уместны для обширных и многоярусных интерьеров метрополитена, а полы из цельных плит мрамора – для театров и дворцов. Для менее значительных интерьеров хороший декоративный эффект могут дать составные плиты из мрамора. Они состояются из мелких плиток и обломков, образующих иногда сложный узор. Узорчатые каменные полы известны в архитектуре давно. Появление каменной мозаики относят за много веков до новой эры. Мозаичные полы были известны в Древнем Египте, Греции, Риме. Их изготавливали из мелких камешков, вдавленных в виде узора в цветной известковый раствор, или из мелких кубиков, пригнанных плотно друг к другу.

На декоративно-художественные качества каменных облицовок в интерьерах, где наиболее широко используются цветные камни, значительное влияние оказывают правильный подбор цвета и рисунка отдельных

каменных плит, сочетание различных фактур или мозаичный подбор каменной облицовки. Интересный эффект получается, когда рисунок тонких плит цветного камня смотрится на просвет. Такой эффект использован при оформлении освещения станции метро «Динамо» в Москве.

В интерьерах с помощью подборки пород камня, фактуры и цвета облицовочных плит может быть подчеркнута тектоника сооружения, противопоставлены друг другу несомые и несущие части здания путем облицовки последних более темным камнем. Иногда колонны облицовывают более светлым камнем, а стены – темным. В этом случае нарушается тектоника, так как при помощи цвета более весомыми становятся перегородки – второстепенный конструктивный элемент, но архитектурно подчеркивается величина пространства, так как светлые колонны в нем зрительно как бы растворяются [37].

Камень для интерьеров имеет более богатый ассортимент пород, чем для наружной облицовки. Здесь важнейшим критерием является декоративность. В интерьерах могут использоваться нестойкие к агрессивным воздействиям цветные мраморы и другие породы, так как в этом случае камень наименее подвержен отрицательным воздействиям.

2.3.2.3. Каменные изделия специального назначения

К ним относятся профилированные детали (ступени, дверные порталы, оконные обрамления, карнизы, обрамления колонн), изделия для дорожного строительства (бортовой камень, брусчатка, шашка для мощения).

Ступени и лестничные площадки подвергаются наибольшему разрушающему воздействию, поэтому для них самым подходящим материалом являются силикатные породы с плотностью более 2500 кг/м^3 . Из этих пород наиболее длительное время сопротивляются истиранию камни, имеющие в своем составе кварц. Это – гранит и кварцит. Самыми употребляемыми для ступеней являются средне- и мелкозернистые породы: гранит, габбро, сиенит, диорит, базальт, песчаник. По условиям службы ступени должны иметь шероховатую поверхность. При такой фактуре слабо выявляются декоративные достоинства камня, поэтому для ступеней камень подбирают исходя, прежде всего, из его сопротивления истиранию, прочности и морозостойкости.

Такие элементы зданий, как порталы дверей, обрамления окон, карнизы и колонны обычно изготавливают из железобетона с облицовкой тонкими плитками природного камня. По декоративным качествам наибольшие требования предъявляются к колоннам и порталам дверей, на-

ходящимся в наибольшей близости к наблюдателю; по прочности – к карнизам, капителям и базам колонн, подвергающимся чаще, чем другие элементы здания, механическим воздействиям. Для порталов и баз колонн используют гранит, габбро, лабрадорит и другие силикатные высокопрочные породы, придавая облицовке тонкую фактуру. Для карнизов, обрамления окон и облицовки стволов колонн можно также использовать известняк, мрамор, песчаник, травертин.

В дорожном строительстве из природного камня изготовляют бортовые и мостильные камни, брусчатку, тротуарные плиты (рис. 33). Бортовые камни, отделяющие проезжую часть дороги от тротуара, изготовляют из плотных изверженных пород (гранита, диабаз и т.п.), отличающихся высокой морозо- и износостойкостью и прочностью. Бортовые камни бывают прямые и лекальные, высокие – до 40 см и низкие – до 30 см.

Брусчатка имеет форму бруска, слегка суживающегося книзу. Представляет собой колотые или тесаные бруски высотой 10–16, шириной 12–15 и длиной 150–250 мм, близкие по форме к параллелепипеду. Брусчатку изготовляют из однородных мелко- и среднезернистых пород (диабаз и др.). Из таких же пород изготовляют шашку для мозаичной мостовой.

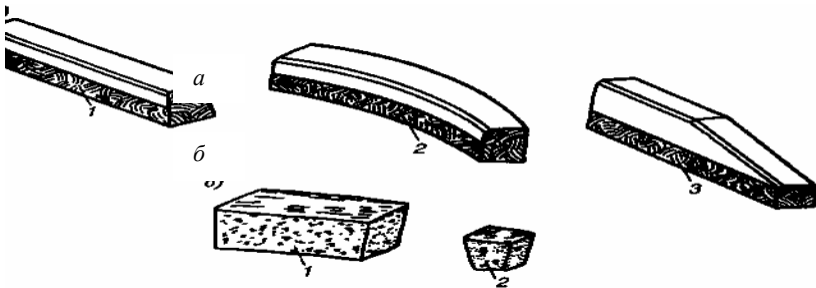


Рис. 33. Разновидности применения природного камня в дорожном строительстве:
a – бортовой камень: прямой(1), лекальный (2), для съездов (3);
б – брусчатка: шашка (1), мозаика (2)

Мошение из природного камня участвует в формировании улиц и площадей городов. Каменное мошение подчеркивает монументальность и значительность главных площадей (Красная площадь в Москве, Дворцовая площадь в Санкт-Петербурге), площадок перед общественными сооружениями и мемориальных комплексов. Рисунок мошения создает индивидуальность площади или подчеркивает ее планировку. Но не только декоративность каменного мошения имеет значение. Важным

качеством является и его долговечность, и прочность, необходимые для главных площадей городов, где могут происходить парады военной техники и многолюдные демонстрации. При необходимости ремонта подземных городских коммуникаций слой каменного мощения не разрушается, как при других видах покрытия, а демонтируется и затем восстанавливается без дополнительного расхода материалов. Замена устаревшего каменного покрытия мостовых не приводит к наращиванию так называемого культурного слоя, как это имеет место при асфальтовом покрытии.

Природный камень – незаменимый материал при оформлении парков, садов и площадок для отдыха. Здесь камень употребляется не только в обработанном виде. Естественные обнажения пород, валуны и галька могут служить малыми архитектурными формами. Незаменим природный камень и в монументальных мемориальных сооружениях. Многие из них дают пример целостных художественных произведений, основанных на синтезе архитектуры и скульптуры, как например, монумент защитникам Ленинграда, Могила неизвестного солдата в Москве, мемориальные памятники Бреста, Волгограда и т.п. Для скульптурных памятников, в основном, применяют мелкозернистые граниты и белые светопропускаемые мраморы, реже – известняки, а для постаментов скульптур и монументов – мелко- и крупнозернистые граниты, лабрадориты, кварциты и др.

2.3.3. Перспективы применения природного камня в современной архитектуре

Каждая эпоха вносит в облик города свой образ и стиль. Применяемые же строительные материалы характеризуют особенности архитектуры, свойственной тому времени. Образно говоря, сооружения из камня – это как бы осуществление думы одного поколения, передаваемые другому. В них, как в книгах, отражается и век, и дух, и нрав народа. Запечатленные в камне архитектурные замыслы сохраняются надолго и волнуют потомков своей красотой, доставляя эстетическое наслаждение и возбуждая гордость за их создателей.

Природный камень оказал большое влияние на архитектуру. На всех этапах развития архитектуры он был основным строительным материалом. Прочность и красота камня, разнообразие цветовых оттенков и богатство рисунка во все времена помогали архитекторам создавать подлинные шедевры зодчества. А долговечность природных камней позволила сохранить до нашего времени шедевры архитектуры, созданные многие столетия назад [38].

Камень – великолепный строительный материал, созданный природой. Многие архитектурные сооружения, облицованные природным камнем, создававшиеся веками разными народами, сегодня являются бесценными и представляют культурное наследие всего человечества. В развитие мировой культуры камня заметный вклад внесла Россия. Многие произведения декоративно-прикладных искусственных материалов XVIII–XIX вв. приобрели мировое признание специалистов и составляют экспозиции эрмитажа и других крупных музеев мира. В советский период российские традиции в области культуры камня были продолжены при строительстве метрополитенов. Природный камень использован в архитектурных ансамблях Москвы, Санкт-Петербурга и других российских городов. Но в целом использование природного камня в отечественном строительстве существенно сократилось.

Современные принципы использования камня отличаются от тех, которые имели место даже несколько десятилетий назад. Благодаря значительному скачку в развитии новых технологий обработки природного камня снизились затраты производства. В совокупности с ростом уровня жизни населения развитых стран это изменило сложившиеся представления о роли природного камня в строительстве и культурной сфере, определило рост потребления всех его разновидностей. В мире все шире начинают применять декоративный камень в архитектуре, для внутренней и наружной облицовки зданий и сооружений. Цветные камни, наряду с облицовочными, используются в оформлении интерьеров как общественных, так и жилых помещений, объектов культурного назначения.

История архитектуры показывает, что монументальные формы разрабатывались в органичной связи со свойствами камня как строительного материала, придавшего зданиям массивность, выражение прочности и вечности. Это богатый по своим архитектурным качествам материал. Применение камня с высокими декоративными свойствами (естественным цветом и рисунком) позволяет при минимуме художественных средств (фактурная обработка) добиваться сильного эстетического воздействия архитектурного произведения.

Применение природного камня позволяет подчеркнуть национальные черты в архитектуре. Являясь на протяжении веков почти единственным строительным материалом в ряде районов нашей страны, камень способствовал выработке специфических национальных черт архитектуры. Строители брали материал непосредственно из окружающей природы. Естественный материал позволял сооружениям органично вписываться в ландшафт и в то же время определял их архитектуру и художественный образ. Традиционные породы камня и формы, ими выработанные, каменная резьба и барельефы, органично связанные с архитектурным

решением здания, стали основой композиции, обогатили лаконичные формы современной архитектуры, придали ей национальный характер (рис. 34, 35, 36).



Рис. 34. Стрелка Васильевского острова в Санкт-Петербурге.
Фрагмент Ростральной колонны

Природный камень создает определенный колорит городской застройки, придает зданиям особое значение, помогает выделить роль общественных зданий в городских ансамблях, подчеркивает их монументальность и долговечность. Он прекрасно сочетается с новыми архитектурными формами, где его свойства оцениваются по-новому. Использование камня может также способствовать увязке архитектурных форм современных зданий с исторически сложившимися ансамблями.

В процессе формирования архитектурных стилей, изменения методов строительства, создания новых строительных материалов и конструкций из них изменилась область использования природного камня в архитектуре. В прошедшие исторические эпохи, когда выбор строительных материалов в основном определялся местными ресурсами, наблюдалось единообразие строительных материалов для различных элементов здания. Постепенно технический прогресс, возрастание ценности человеческого труда, расширение палитры строительных материалов и усложне-

ние структуры сооружений за счет включения в нее различных систем инженерного обеспечения привели к использованию для разных элементов зданий различных по своим свойствам строительных материалов. Расширились возможности выбора, в результате чего во всех элементах, где раньше использовался природный камень, ему нашли рациональную замену другим материалом, имеющим преимущество в большей индустриальности изготовления, или экономичности, или меньшей массы и т.д. Но и в современном строительстве имеются возможности и необходимость применения природного камня.



Рис. 35. Исаакиевский собор. 1818–1858 гг., арх. А. Монферран

Роль природного камня в создании архитектурных форм чрезвычайно велика, так как камень –

Рис. 36. Мраморный дворец (г. Санкт-Петербург). Вестибюль



готовом виде от природы, архитектор по отношению к нему, так же как и по отношению к искусственным материалам, может и должен выступить в качестве заказчика промышленности строительных материалов. Архитектор может не только выбрать породу с присущими ей цветом и текстурой, определить фактуру поверхности, задать размеры облицовочных плит, но и сам создать в соответствии с композиционным замыслом рисунок плит при изготовлении их из отходов камнеобработки или, задав определенное направление распила каменных блоков, получить декоративную поверхность с разной текстурой из одной и той же породы камня.

При всем разнообразии современных строительных и облицовочных материалов нет ни одного, который бы превосходил по своим характеристикам натуральный камень. Неповторимая красота расцветки и превосходные технические характеристики горных пород выделяют этот вид строительных материалов в особый, элитный вид строительного сырья. Любое изделие из натурального камня является уникальным, единственным в своем роде, и завершить рассказ о природном камне хочется словами выдающегося советского ученого – академика А. Е. Ферсмана: «Камень – не предмет роскоши, тщеславия или богатства, камень – практически выгодный материал, исключительный по своей прочности, неизменяемости, неувядающей окраске».

важнейший конструкционный материал в истории человеческой культуры. Можно с полным правом утверждать, что если бы на Земле не было камня, развитие архитектуры пошло бы совершенно иными путями. Камень продолжает играть значительную роль в архитектуре как материал с наиболее высокими, недостижимыми для искусственных материалов декоративными свойствами.

Несмотря на то, что камень – материал, полученный почти в

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Древесина и природный камень – древнейшие материалы, подаренные природой и нашедшие широкое воплощение в архитектурно-строительной практике. Это материалы, которые многие века использовало человечество в строительстве как доступный, сравнительно дешевый и надежный в эксплуатации материал.

Не утратили своих позиций природные материалы и сегодня. Было время, когда древесина была главным и почти единственным строительным материалом. А теперь многие, конечно же, несведущие люди считают ее, так же как и камень, материалом «уходящим», не способным выдержать конкуренцию искусственных «заменителей». Однако практика показала, что это далеко не так.

Импрегнированная водостойкая и трудносгораемая древесина, легкие и прочные клееные деревянные конструкции в корне изменили традиционные формы использования древесины в архитектурном творчестве, а современная техника распиловки каменных блоков с помощью высокоэффективного алмазного инструмента на тончайшие плитки открыла возможность широкого использования дорогого и дефицитного природного камня в качестве доступного облицовочного материала. Внедрение клееных конструкций на синтетических клеях совершило коренной переворот в использовании древесины в архитектуре: появились новые конструкции и новые формы, возросла «пролетность» сооружений, совершенно иными стали методы расчета и проектирования деревянных построек.

Во многих странах мира одним из важнейших критериев эффективности производства является масса 1 м^3 строительного объема здания, сооружения. К сравнительно эффективным материалам с точки зрения рассматриваемого показателя следует отнести, наряду с пустотелыми и поризованными керамическими стеновыми материалами, легкими и особо легкими бетонами, элементы деревянных клееных конструкций и тонкопиленные плиты из природного камня [39].

Наряду с новыми конструкционными и отделочными материалами применяются и будут широко использоваться в будущем традиционные и модернизированные материалы из древесины и природного камня. Эти материалы при современных методах и формах их применения раскрывают перед архитектором новые возможности, расширяют и обогащают его палитру.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лисенко, Л.М.* Дерево в архитектуре / Л.М. Лисенко. – М.: Стройиздат, 1984. – 176 с.
2. *Попов, К.Н.* Строительные материалы и изделия / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.
3. *Попов, К.Н.* Оценка качества строительных материалов / К. Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков. – М.: Высшая школа, 2004. – 287 с.
4. Строительные материалы / В.Г. Микульский, Г.И. Горчаков, В.В. Козлов и др. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 536 с.
5. *Тутурин, С.В.* Механическая прочность древесины / С.В. Тутурин. – М.: Компания Спутник+, 2007. – 312 с.
6. *Рыбьев, И.А.* Строительное материаловедение / И.А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 2002. – 701 с.
7. *Некрасов, А.С.* Эффективность комплексного использования дерева в строительстве / А.С. Некрасов, В.К. Голубев. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.
8. Строительные материалы: учебно-справочное пособие / Под ред. Г.А. Айрапетова, Г.В. Несветаева. – Ростов-н/Д: Феникс, 2004. – 603 с.
9. *Байер, В.Е.* Строительные материалы / В.Е. Байер. – М.: Архитектура С, 2004. – 237 с.
10. *Байер, В.Е.* Архитектурное материаловедение / В.Е. Байер. – М.: Архитектура С, 2006. – 264 с.
11. *Горчаков, Г.И.* Строительные материалы / Г.И. Горчаков. – М.: Высшая школа, 1981. – 412 с.
12. Стройиндустрия и промышленность строительных материалов: энциклопедия / Под ред. К.В. Михайлова. – М.: Стройиздат, 1996. – 296 с.
13. *Химерик, Т.Ю.* Использование отходов деревообрабатывающей промышленности в строительстве / Т.Ю. Химерик, Э.М. Долгий, Г.С. Томин. – Киев: Будивэльнык, 1989. – 96 с.
14. *Корчаго, И.Г.* Применение древесно-плитных материалов в строительстве / И.Г. Корчаго. – М.: Стройиздат, 1984. – 96 с.
15. *Наназашвили, И.Х.* Строительные материалы из древесно-цементных композиций / И.Х. Наназашвили. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.
16. *Наназашвили, И.Х.* Арболит – эффективный строительный материал / И.Х. Наназашвили. – М.: Стройиздат, 1984. – 121 с.
17. *Степанов, Б.А.* Материаловедение для профессий, связанных с обработкой дерева / Б.А. Степанов. – М.: ИРПО, 2000. – 328 с.

18. *Пекло, М.И.* Рациональное использование древесины в строительстве / М.И. Пекло. – М.: Стройиздат, 1977. – 224 с.
19. Строительные материалы: учебно-справочное пособие / Под ред. Г.В. Несветаева. – Ростов-н/Д: Феникс, 2005. – 602 с.
20. *Киселева, О.А.* Физические основы работоспособности строительных материалов из древесины: монография / О.А. Киселева, В.П. Ярцев. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2007. – 237 с.
21. *Киреева, Ю.И.* Строительные материалы / Ю.И. Киреева. – М.: Новое знание, 2005. – 399 с.
22. *Рыбьев, И.А.* Основы строительного материаловедения в лекционном изложении / И.А. Рыбьев. – М.: АСТ, 2006. – 607 с.
23. Эффективные материалы на основе древесины и деревянные конструкции для малоэтажного строительства: обзорно-аналитический доклад / ВНИИТПИ; Н.В. Лебедева. – М., 2006. – 49 с.
24. *Стрельский, А.В.* Оценка качества нерудных строительных материалов / А.В. Стрельский, В.Г. Гуревич, М.Е. Культэ. – Л.: Стройиздат, 1984. – 80 с.
25. Современные отделочные и облицовочные материалы: учебно-справочное пособие / Е.И. Лысенко, Л.В. Котлярова, Г.А. Ткаченко и др. – Ростов н/Д: «Феникс», 2003. – 448 с.
26. *Викторов, А.М.* Природный камень в архитектуре / А.М. Викторов, Л.А. Викторова. – М.: Стройиздат, 1983. – 191 с.
27. *Айрапетов, Д.П.* Архитектурное материаловедение / Д.П. Айрапетов. – М.: Стройиздат, 1983. – 310 с.
28. Минералогия и петрография сырья для производства строительных материалов и технической керамики / Ю.И. Гончаров, В.С. Лесовик, В.В. Строкова и др. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2001. – 181 с.
29. *Беликов, Б.П.* Облицовочный камень и его оценка / Б.П. Беликов. – М.: Наука, 1977. – 138 с.
30. *Строкова, В.В.* Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом типоморфизма сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05: защищена 21.12.04; утв. 11.03.05 / Строкова Валерия Валерьевна. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2004. – 41 с.
31. *Зискинд, М.С.* Декоративно-облицовочные камни / М.С. Зискинд. – Л.: Недра, 1989. – 255 с.
32. Основные свойства, общие сведения о минералах и горных породах, используемых в строительных материалах / В.З. Абдурахимов, Л.Н. Скипин, Е.С. Абдурахимова и др. – СПб: Недра, 2005. – 200 с.
33. *Гридчин, А.М.* Строительные материалы и изделия: учебное пособие / А.М. Гридчин, В.С. Лесовик, С.А. Погорелов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. – 154 с.

34. *Лесовик, В.С.* Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: монография / В.С. Лесовик. – М.: Изд-во АСВ, 2006. – 526 с.

35. Камни стеновые из горных пород. ГОСТ 4001-84. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.

36. *Агеев, С.Г.* Природный камень в архитектуре станций первой очереди Московского метро / С.Г. Агеев // Архитектура и строительство Москвы. – 1996. – № 3. – С. 20–22.

37. *Бондаренко, И.К.* Камень в интерьере / И.К. Бондаренко // Дизайн. – 2001. – № 3. – С. 60.

38. *Пирожников, Л.Б.* Камни Москвы рассказывают / Л.Б. Пирожников. – М.: Стройиздат, 1992. – 151 с.

39. *Изместьев, А.А.* Высококачественные строительные изделия из дерева и камня / А.А. Изместьев // Промышленное и гражданское строительство. – 2001. – № 7. – С. 33.

Учебное издание

Воронцов Виктор Михайлович
Мосьпан Виктор Иванович
Агеева Марина Сергеевна
Савин Дмитрий Владимирович

Природные материалы в архитектуре

Учебное пособие

Редактор И. В. Чебеняева

Подписано в печать 24.11.08. Формат 60x84/16. Усл. п. л. 5,9 Уч.-изд. л 6,3
Тираж 70 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В. Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46