

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

Е.А. Шаламова

**ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2018

УДК 69(091) (075.8)
Ш18

Шаламова, Е.А.

Ш18 История и методология науки и производства в области строительства [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Е.А. Шаламова. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-5-398-01951-3

Описаны методы строительства и виды строительной техники в различные исторические эпохи.
Предназначено для студентов технических вузов, изучающих историю и методологию науки и производства в области строительства.

Электрон. текст. изд. (49,9 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Windows XP и выше; программа для просмотра PDF-файлов; привод CD-ROM.

УДК 69(091) (075.8)

ISBN 978-5-398-01951-3

© ПНИПУ, 2018

Содержание

Введение	4
1. Понятия, цели и методы изучения курса	5
2. Зарождение строительства как деятельности человека в эпоху каменного века	9
3. Развитие строительного искусства в эпоху Бронзового века на примере культур речных долин Нила, Тигра и Евфрата, Инда и Хуанхэ	28
4. Строительное искусство Древней Персии, Финикии и Греции	51
5. Строительное искусство древних римлян	69
6. Раннее Средневековье. Строительное искусство Византийской империи	106
7. Строительные технологии Древней Руси (X–XIII века)	119
8. Строительные технологии в странах Западной и Центральной Европы в X–XIV веках. Эпоха Средневековья	135
9. Строительная техника в странах Западной и Центральной Европы в XV–XVII веках. Эпоха Возрождения	153
10. Формирование строительной науки как инженерной дисциплины в эпоху Промышленной революции (вторая половина XVIII – конец XIX века)	164
11. Организация строительного процесса при строительстве первых небоскребов в США в начале XX века	192
Заключение	208
Список литературы	213

Введение

Целью курса «История и методология науки и производства в области строительства» является изучение методов строительства и строительной техники в различные исторические эпохи.

Многовековая человеческая культура связана с развитием строительного дела, которое является одним из проявлений человеческого труда.

С тех пор, как появился человек, появился труд, появилось и строительство, в процессе которого человек подчиняет себе природу, накладывает на нее печать своей воли, своего ума.

В течение многих тысячелетий человечество, накапливая опыт в своей производственной деятельности, совершенствовало технику и развивало культуру строительного дела.

Глава 1. Понятия, цели и методы изучения курса



Целью курса «История и методология науки и производства в области строительства» является изучение методов строительства и строительной техники в различные исторические эпохи.

Многовековая человеческая культура неразрывно связана со строительством (сооружением жилья, дорог, объектов культуры и промышленности). В течение многих тысячелетий люди накапливали знания и опыт в своей производственной деятельности, развивали технику и культуру строительного дела, совершенствовали орудия труда – от грубых каменных изделий первобытных людей до сложного современного компьютеризированного оборудования (рис. 1.1).

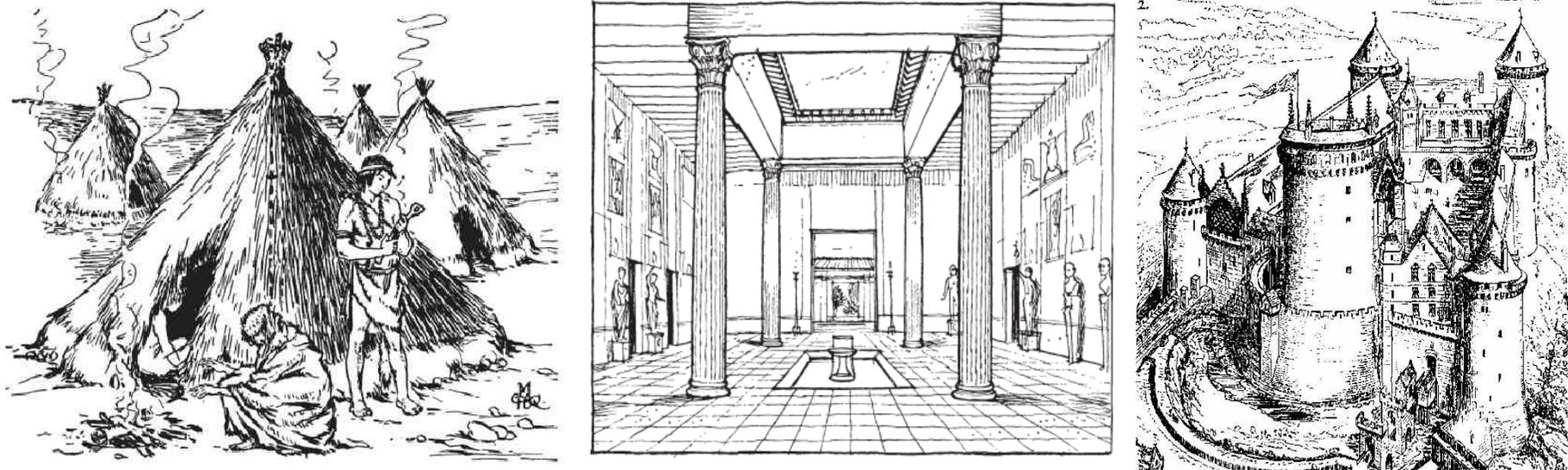


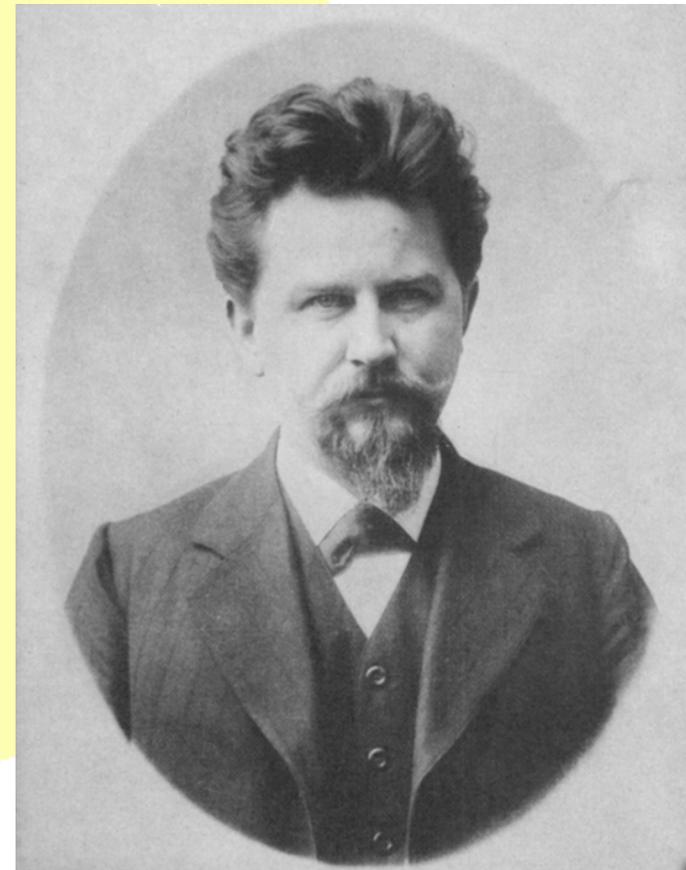
Рис. 1.1. Иллюстрация этапов человеческой культуры

За все время существования человечества на Земле строительная наука прошла длинный и извилистый путь от искусства, основанного на субъективной интуиции зодчего, до целого комплекса сложнейших инженерных дисциплин, базирующихся на всесторонне обоснованных научных знаниях.

История человечества делится на два неравных периода. Первый период – это общество до промышленной революции, так называемое "**традиционное общество**". Второй период – это период после промышленной революции, «**индустриальное общество**». В «индустриальном обществе» роль науки и техники более очевидна, чем в традиционном, однако в действительности развитие традиционного общества так или иначе определялось развитием техники.

Роль технических наук и техники в истории человечества изучается в рамках группы социологических теорий, которые носят общее название **диффузионизма**. Наиболее популярной в диффузионизме является теория под названием «**теория культурных кругов**». Создателем этой теории является немецкий историк и этнограф Фриц Гребнер, который считал, что сходные явления в культуре различных народов объясняются **происхождением этих явлений из одного центра**.

Последователи этой теории полагают, что важнейшие элементы человеческой культуры появляются лишь однажды и лишь в одном месте в результате великих, **фундаментальных открытий**.



Фриц Гребнер

Фундаментальные открытия - это открытия, позволяющие расширить экологическую нишу этноса (рис. 1.2). Это могут быть открытия в области производства пищи, например, domestикация растений, позволяющая увеличить плотность населения в десятки и сотни раз. Это может быть новое оружие, позволяющее раздвинуть границы обитания за счет соседей. Эффект этих открытий таков, что они дают народу-первооткрывателю решающее преимущество перед другими народами.

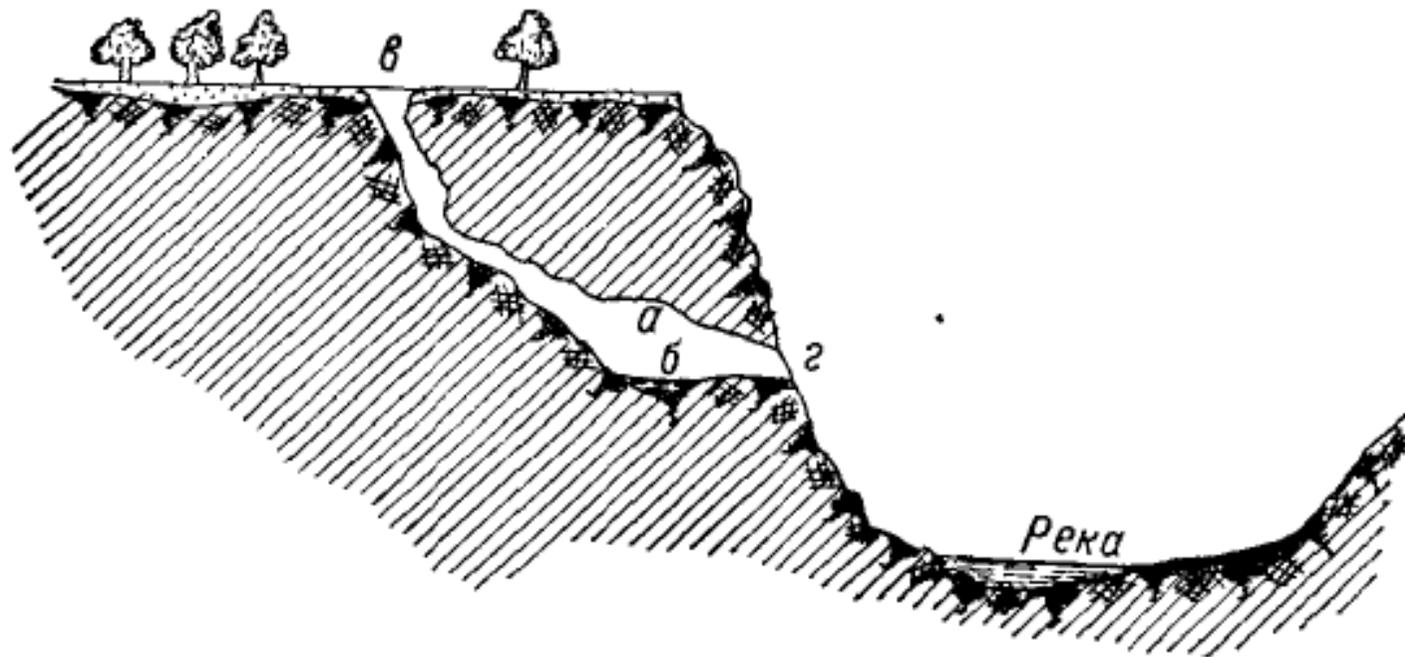
Теория культурных кругов в наше время является рабочим инструментом для этнографов, археологов и исследователей истории технических наук. Эта теория **позволяет реконструировать реалии прошлого и находить истоки культурных взаимосвязей.** Для историков она представляет **метод философского осмысления событий, метод, позволяющий выделить суть происходящего.**



Рис. 1.2. Схема взаимодействия кругов различных этносов

Глава 2. Зарождение строительства как деятельности человека в эпоху каменного века





*Рис. 2.1. Укрытие пещерного человека (разрез)
а-б – внутренние пещеры; в – доступ протекающей сверху воды; г – выход из пещеры*

Первобытный человек на ранних стадиях существования для своего убежища пользовался **естественными укрытиями – пещерами** (рис. 2.1). Но в дальнейшем, по мере усовершенствования тех же каменных орудий, первобытные люди начали устраивать жилища и кладовые для пищи в виде землянок и полужемлянок.

Данные археологических раскопок свидетельствуют о том, что в определенных случаях крыши таких сооружений имели **каркас из крупных костей и бивней мамонта**.

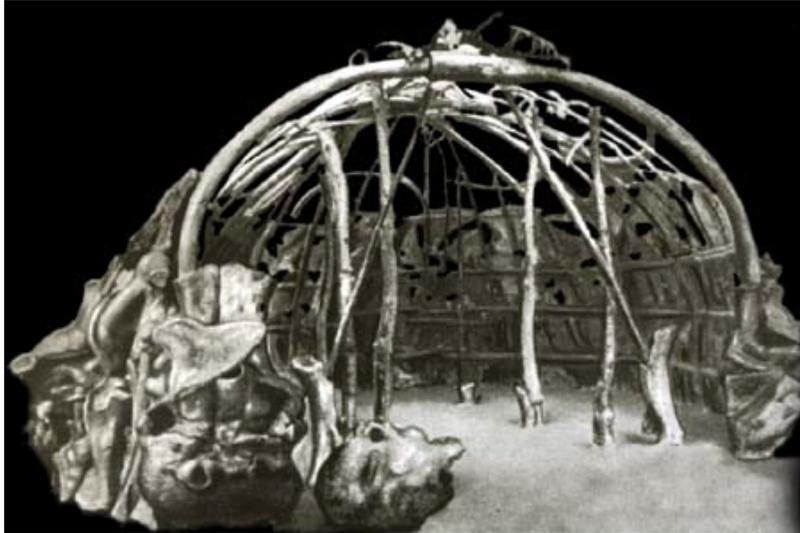


Рис. 2.2. Жилище из костей мамонта и шкур животных (3000 до н.э.)



Рис. 2.4. Жилища палеолитического человека (реконструкция)

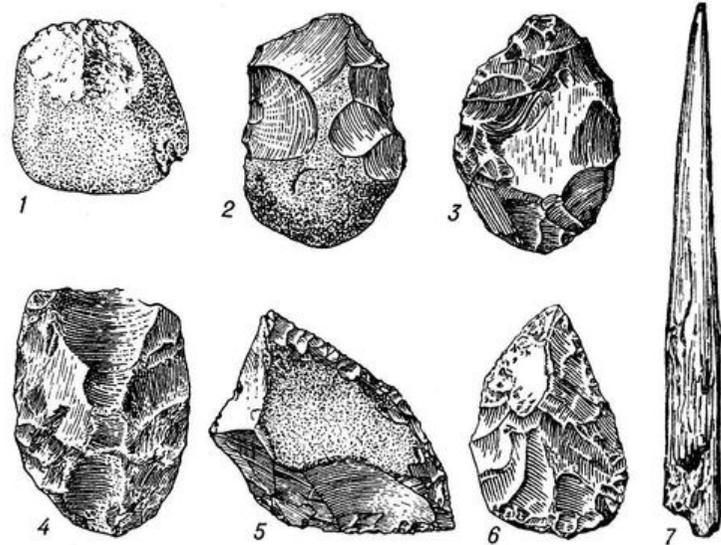


Рис. 2.3. Орудия труда первобытного человека: 1 – галечное орудие; 2, 3 – рубило; 4 – колун; 5 – скребло; 6 – остриё; 7 – часть деревянного копья

Предположительно, именно в период палеолита и раннего неолита **появилась первая примитивная каменная кладка** для закрывания отверстий в пещерах.

Тип жилища, как и способ его строительства, во многом определялся природными условиями: характером климата, наличием того или иного строительного материала и т.д. (рис. 2.2–2.4).

Так, в Африке и Азии при первобытнообщинном строе каркас хижин возводился из **связок тростника**, поставленных друг на друга, а свободное пространство завешивалось циновками.

В Европе строили длинные здания из **прутьев, которые обмазывали известковым раствором** (рис. 2.5).

Вход в хижины первоначально закрывался просто висящей циновкой, а затем изобрели прототип двери на петлях – деревянные рамы с набивной циновкой, вращающиеся в чашеобразных камнях порога.

В Месопотамии **тростниковые циновки обмазывались глиной или навозом и горной смолой**. Позже к тростниковым стенам этих хижин начали присоединять глиняную стену, которая при помощи изогнутых шипов из обожженной глины соединялась с плетеной основой. Для усиления глиняной стены в нее иногда стали закладывать **конусы из обожженной глины**.

В дальнейшем, как показали раскопки древних поселений, хижины стали возводиться из **необожженных кирпичей**. Народы, жившие в период неолита в Леванте, Анатолии, Сирии, северной Месопотамии и Средней Азии, умели хорошо строить и использовали сырцовый кирпич при сооружении зданий и поселений.

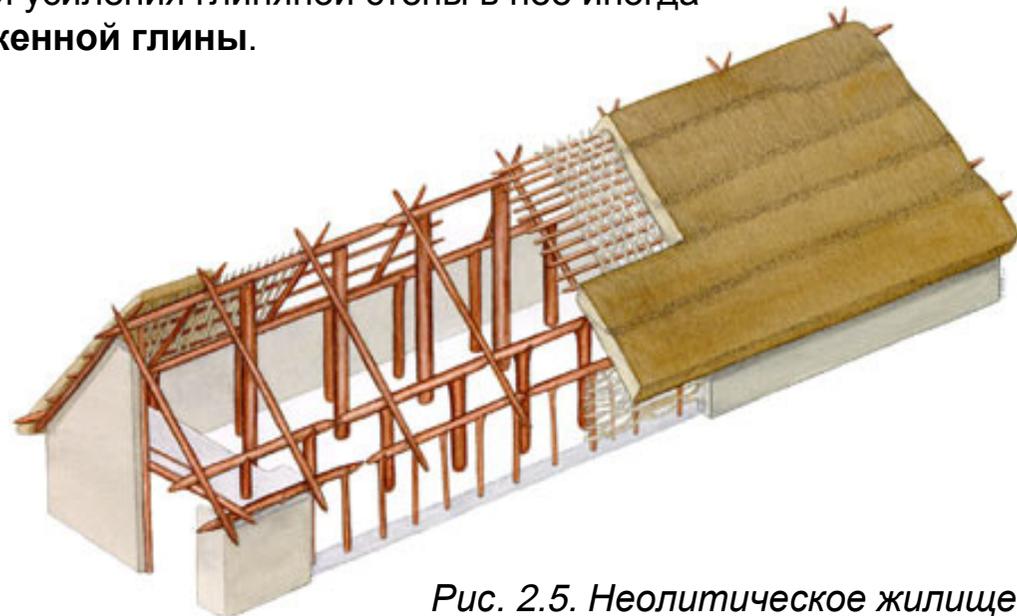


Рис. 2.5. Неолитическое жилище

Первый двухэтажный жилой дом был найден на территории современного Кипра в местности Кирокития (рис. 2.6). Этот дом был купольной формы и выполнен из сырцового кирпича. Площадь первого этажа составляла 50–60 м², второго – 40 м².

Из ~1000 домов этого поселения
раскопано около 40

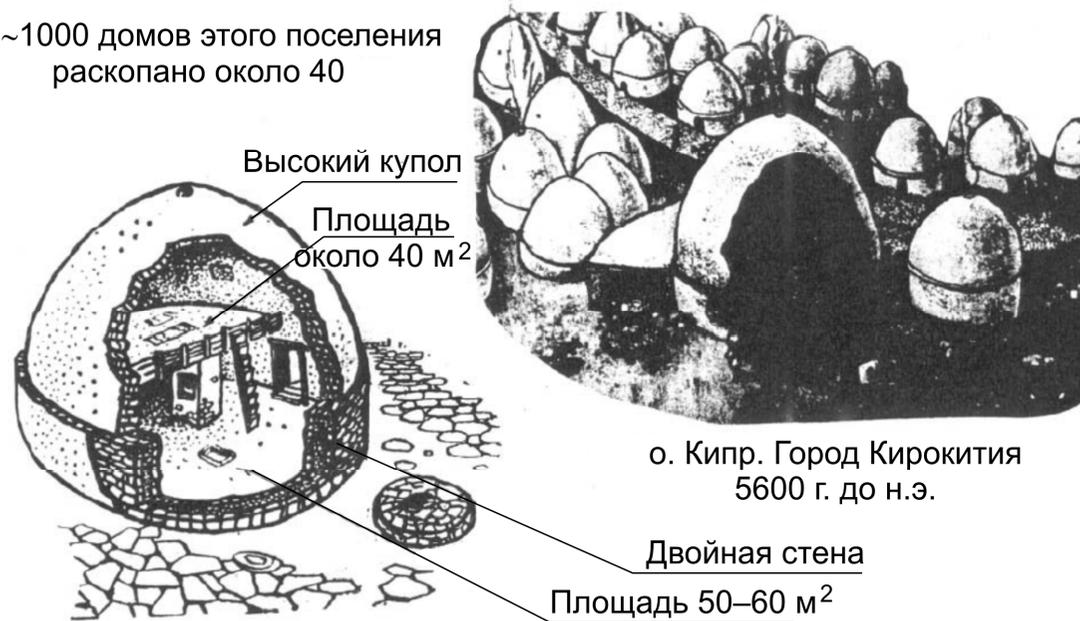


Рис. 2.6. Схема жилища в Древней Кирокитии

В этом доме для погашения силы распора (о котором в то время не имели представления) строители выполнили двойные стены в основании с наклоном внутрь. Чтобы большой купол был более устойчив, особенно при каменной кладке из сырцового кирпича на непрочном растворе, его нужно было выполнить высоким, поэтому строители создали в нем второй этаж на балочном перекрытии. Балки нужно было подпереть – так появились каменные столбы. Вверху купола было отверстие для вентиляции.

В то же время уже в каменном веке стали появляться первые подобия **городов**.



Рис. 2.7. Вид на северные ворота Иерихона



Рис. 2.8. Башня (8000 до. н.э.)

Древний (библейский) Иерихон, по мнению многих ученых, является древнейшим городом на земле. Город существовал непрерывно на одном и том же месте в течение семи тысячелетий, что уже является рекордным среди других поселений (рис. 2.7).

Город возник в самом конце IX тысячелетия, в конце эпохи мезолита. В VIII–VII тысячелетии, в период докерамического неолита, представлял собой организованную городскую культуру.

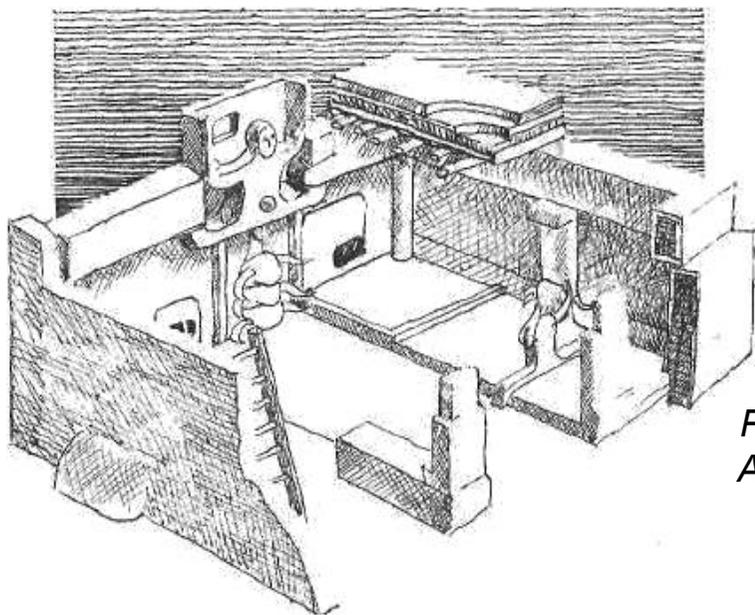
Город был окружен стенами и башнями (рис. 2.8), строения очень плотно прилегали друг к другу, население города составляло около 2–3 тысяч человек, средняя плотность населения внутри города – 1 человек на 14 м² земли (в 6 раз больше, чем в современной Москве). Одна из раскопанных башен, относящаяся к 7200 г. до н.э. имела высоту 8,5 м (сохранившаяся высота) и ширину 10 м, внутри нее имелась каменная цистерна для хранения зерна, воды.

В период керамического неолита (с VI тысячелетия) были **получены кирпич** (первоначально кирпичи были круглой, продолговатой формы) и кирпичная кладка.

В Чатал-Гуюке (ныне территория современной Турции) найдено поселение, состоящее исключительно из жилых домов (рис. 2.9).

Дома, скученные, как соты в пчелином улье, строили из сырцового кирпича. Улиц или дорожек между домами не было. Вход в большинстве случаев был устроен с крыши, куда были проложены лестницы как внутри, так и снаружи домов, поэтому «улицы», по-видимому, проходили по крышам зданий. Вход был также единственным вентиляционным отверстием как для поступления свежего воздуха, так и для отвода дыма от открытых очагов, не имевших труб. Лестницы и вход в помещение обычно располагались возле южной стены, там же обычно находился очаг.

В интерьере имелись приподнятые платформы, вероятно, сидения или столы. Как и стены, они были покрыты полированным алебастром. Подсобные помещения использовались как хранилища и были доступны из главной комнаты через низкий вход. Мусорные кучи располагались в стороне от домов и содержали наряду с пищевыми отходами и нечистотами остатки древесного угля и золы (т.е., вероятно, отходы и мусор сжигали).



Кроме всего прочего было установлено, что время от времени обветшавшие сооружения частично разрушали, и на фундаменте из обломков возводили новые стены. В результате строительной активности селение постепенно поднималось над окружающим рельефом. Всего в Чатал-Гуюке было обнаружено до 18 слоев такого строительства.

Рис. 2.9. Дом в Чатал-Гуюке (реконструкция), Анатолия (территория современной Турции), 6200–6300 лет до н.э.



Рис. 2.10. Распространение свайных жилищ в Альпах



Рис. 2.11. Свайные сооружения

В эпоху неолита и раннего бронзового века свайные жилища были широко распространены в Альпах (рис. 2.10).

В ряде районов получило распространение строительство поселений на сваях, остатки которых сохранились до наших дней на озерах Швейцарии, в Швеции (Свайные сооружения Алвастра) и в приальпийском регионе в Верхней Австрии. Сегодня восстановленные свайные сооружения можно увидеть в реконструированном виде в музеях Унтерульдингена и Цюриха (рис. 2.10).

Судя по сохранившимся остаткам свай (имеются остатки свайных строений, насчитывающих более 40 тысяч), занимаемая поселками площадь иногда бывала очень велика. Так, свайный поселок на Боденском озере имел длину около 500, а ширину до 90 м. Можно предполагать, что в некоторых поселках численность населения достигала 1000–1200 человек.

Строительство древних свайных поселков начиналась с рубки деревьев и изготовления свай при помощи каменных топоров, долот и сверл. С одного конца сваи заострялись путем обжигания, благодаря чему они легче погружались в грунт.



Рис. 2.11. Свайный посёлок Альвастра

В неолитической Скандинавии существовал единственный пример свайного посёлка, который служил культовым центром, — Альвастра в Швеции (рис. 2.11).

Свайный посёлок Альвастра расположен близ одноименной деревни в шведской провинции. Свайное поселение датируется эпохой неолита, около 3000 г. до н. э., и является уникальным для Северной Европы, поскольку в неолите подобные свайные поселения были распространены в доисторической Австрии и Швейцарии, но не были известны за пределами Альп.

Судя по археологическим останки керамики и орудий труда, поселок в Альвастре использовался только для сезонного пребывания (например, для летнего периода, на сезон охоты и рыбалки) и, возможно, имел религиозное значение.

Этот свайный поселок, вероятно, был социальным центром племени или клана. По поселку равномерно распределены около 100 очагов из известняка. Постоянные дома отсутствовали – имелись лишь хижины на сваях из орешника.

После реконструкции, примерно на 40–42-й г. существования поселения, оно стало использоваться также как некрополь, где покойных оставляли на свайных платформах.

При раскопках близ деревни в Швейцарии удалось определить размеры и план свайного жилого дома. Дом имел прямоугольную форму размерами в плане 70×7 м. Вход в него был с юга и закрывался дверью шириной 1 м. В плане дом разделялся на два помещения: одно из них имело очаг, выложенный из камня, другое, соединяемое с первым проходом перегородкой, как можно предполагать, служило спальней и для хранения хозяйственных запасов (рис. 2.12).

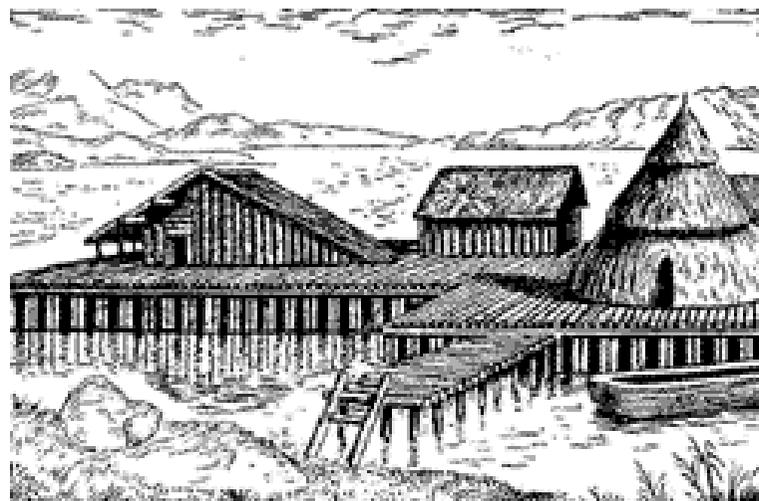


Рис. 2.12. Реконструкция поселения на сваях

Очаги свайных жилищ устраивались обычно из каменных плит, скрепленных глиной. Дым из очага выходил наружу через щели и отверстия крыши. Свайные поселки соединялись с берегом посредством одного деревянного неширокого моста, который в случае грозившей опасности можно было разбирать. Сообщение с берегом осуществлялось также и при помощи долбленых деревянных челнов.

Одним из древних сохранившихся свидетельств о существовании в Европе свайных деревень можно считать изображение на мраморной колонне в Риме, воздвигнутой при Траяне в I в. н. э. На этой колонне показана свайная хижина обитателей нынешней Румынии — жителей области низовьев р. Дунай.

Народы, населявшие Британские острова в период неолита, сооружали длинные курганы и камерные гробницы для умерших, а также окруженные рвами поселения, хенджи, кремниевые копи и курсы (древние монументы).

Большинство мегалитов, найденных в Западной Европе и Средиземноморье, также были установлены в неолитический период.



а



б

Рис. 2.13. Стоунхендж в Англии

Один из самых знаменитых археологических памятников в мире, Стоунхендж, состоит из земляных сооружений, окружающих круглую кладку больших менгиров (рис. 2.13).

Археологи долгое время полагали, что культовый каменный памятник был воздвигнут около 2500 до н.э. Однако недавно выдвинутая теория предполагает, что камни были установлены в разные периоды с 3100 до 2200 до н.э.

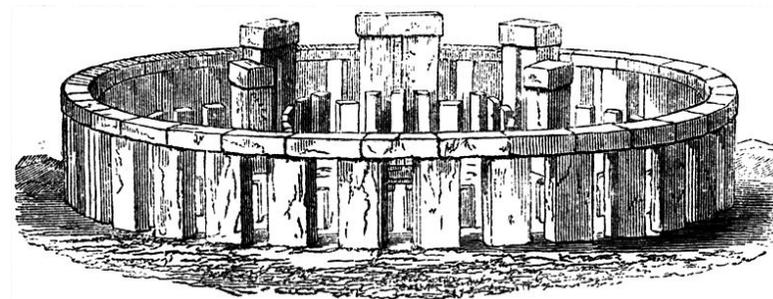
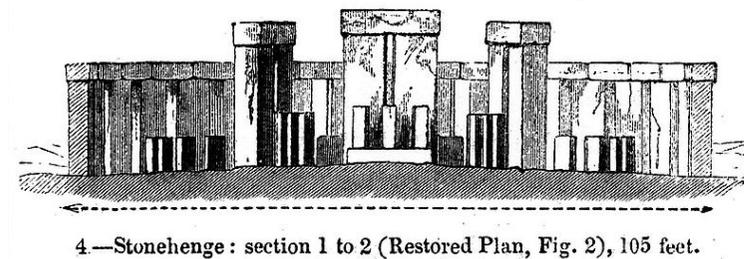
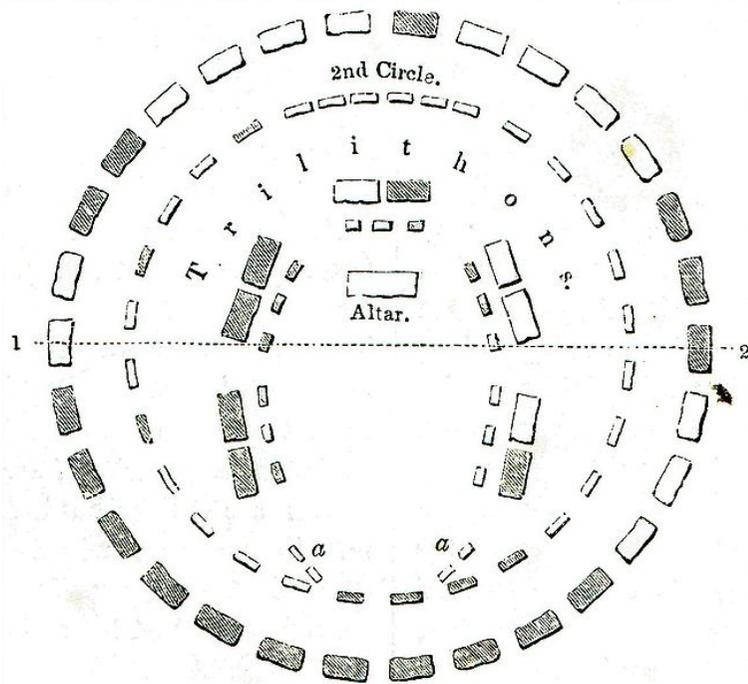


Рис. 2.14. Стоунхендж по реконструкции Dr. Stukely (1845 г.)

Расположение камней впервые реконструировал доктор Уильям Стюкли в начале XIX в., и дальнейшие исследования внесли в нее лишь незначительные коррективы.

На реконструкции 30 камней образуют круг диаметром 33 м (рис. 2.14). Эти камни имеют высоту 4,1 м, ширину 2,1 м и весят около 25 т. Сверху на них положены камни-перемычки длиной около 3,2 м, шириной 1 м и толщиной 0,8 м так, что вершины перемычек находятся на 4,9 м над уровнем земли. Камни закреплялись при помощи системы «паз и шип». Дуга внешнего кольца из 13 камней сохранилась вместе с перекрытиями.

Подобные каменные сооружения были найдены и на других территориях (рис. 2.14–2.20).



Рис. 2.15. Дворовая гробница из группы Северн-Котсуолдских гробниц в Ирландии



Рис. 2.16. Дольмен Пулнаброн, порталъная гробница в Буррене (Ирландия)



Рис. 2.17. Коридорная гробница в Бру-на-Бойне (Ирландия)



а



б



в



г

Рис. 2.18. Нэп-оф-Хауар (англ. Knap of Howar)

Нэп-оф-Хауар – исключительно хорошо сохранившееся сельскохозяйственное поселение эпохи неолита на Оркнейских островах в Шотландии.



Рис. 2.19. Салбыкские курганы в Долине царей (Хакасия)



а



б

Рис. 2.20. Зорац Карер

Зорац Карер («камни воинов») (см. рис. 2.20) также известен как **Караундж** – доисторический мегалитический комплекс, расположенный на горном плато на высоте 1770 м над уровнем моря недалеко от города Сисиан (Армения). Площадь памятника составляет более 7 га.



а



б

Рис. 2.21. Джгантия («башня гигантов») – мегалитический храмовый комплекс эпохи неолита на острове Гоцо у побережья Мальты

Джгантия является наиболее ранним из мегалитических храмов Мальты и одним из древнейших известных сооружений в мире (около 3600–2500 гг. до н. э.) (рис. 2.21).

Остров Мальта, где расположены древнейшие в мире каменные храмы, сложен целиком из известняка, и население острова в эпоху неолита остро нуждалось в твердом камне, из которого делали свои инструменты. Кремний на Мальту доставлялся из Сицилии, черное вулканическое стекло (обсидиан) – с островов Липари и Пантеллерия, а высоко ценившиеся диоритовые топоры привозили из Италии.

Всего на Мальте и Гоцо к сегодняшнему дню обнаружены остатки 23 храмов. Все они построены из местного известняка, а точнее, из двух его разновидностей: относительно твердого кораллового известняка и более мягкого глобигеринового. На протяжении последних столетий мальтийские крестьяне, нуждавшиеся в камне для своих собственных целей, без зазрения совести разбирали древние храмы на строительный материал, так что сегодня большинство построек представляет собой груды развалин.



а



б

Рис. 2.22. Фрагменты Большого храма Джгантия на Мальте (3600 году до н.э.) – самого первого рукотворного сохранившегося сооружением на Земле

Большой храм Джгантия – это комплекс, состоящий из двух храмов. Участок, на котором стоят оба храма, окружает ограда, состоящая из вертикально стоящих камней, причём некоторые из них достигают 5,5 м в длину и весят до 50 тонн (рис. 2.22).

В отличие от более поздних храмов Мальты Большой храм Джгантия построен с частичным использованием циклопического стиля каменной кладки, при котором громадные камни держатся лишь за счет собственного веса.

По мнению ученых, **процесс строительства** храмов происходил следующим образом. Островитяне сперва выкапывали ямы, у которых одна сторона была вертикальной, а другая — наклонной. Затем котлован укрепляли с вертикальной стороны бревнами, чтобы, когда туда начнут скатывать камни, земляные стены не осыпались. К наклонной стороне на бревнах подкатывали каменные блоки и спускали их в яму, одновременно рычагами поддерживая верхний конец. Затем с помощью тросов камень устанавливали в нужное положение и фиксировали обратной засыпкой, утрамбовывая.

За 6–5 тысяч лет до н. э. были открыты способы добывания и обработки металла, что привело к коренным изменениям в строительной технике. В этот период благодаря новым инструментам широкое развитие получило деревянное строительство: появились бревенчатые постройки с перевязанными углами и столбчатыми деревянными стенами. Также дальнейшее развитие получили печные работы.

В более позднюю эпоху, которая началась в Европе приблизительно за 6 тысяч лет до н. э., в некоторых районах Западной Европы стало известно земледелие. Земледелие, в свою очередь, привязывало человека к определенному месту, способствовало строительству жилищ, складов для хранения хозяйственных запасов, помещений для скота.

Чем дальше развивалось земледельческое хозяйство, тем более оседлым становился человек и более основательным и прочным становилось его жилище. Таким образом, развитие земледелия приводило к совершенствованию строительного искусства.

Вместе с тем развитие земледелия и скотоводства явилось одним из факторов совместного поселения людей и образования населенных пунктов – первых прототипов городов и деревень (рис. 2.23).

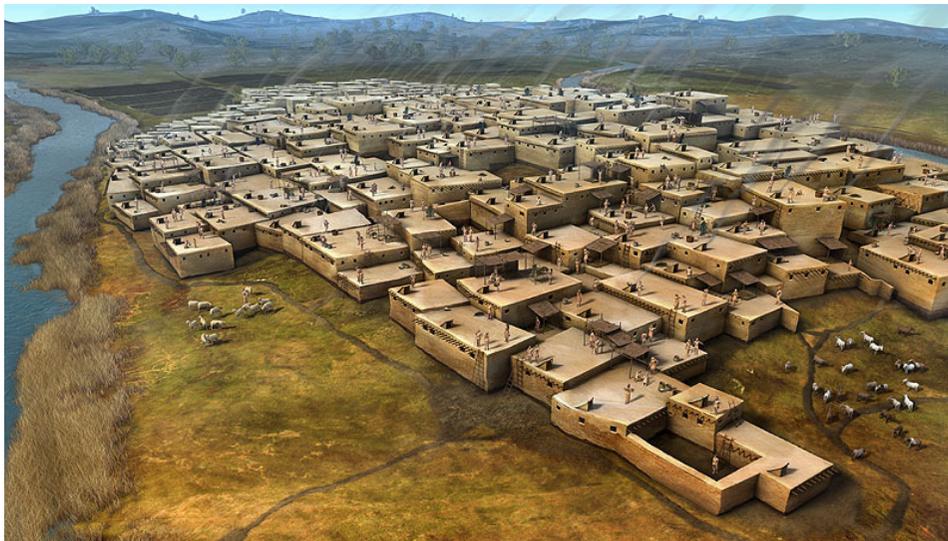


Рис. 2.23. Вид на поселение Чатал-Гуюк (реконструкция)

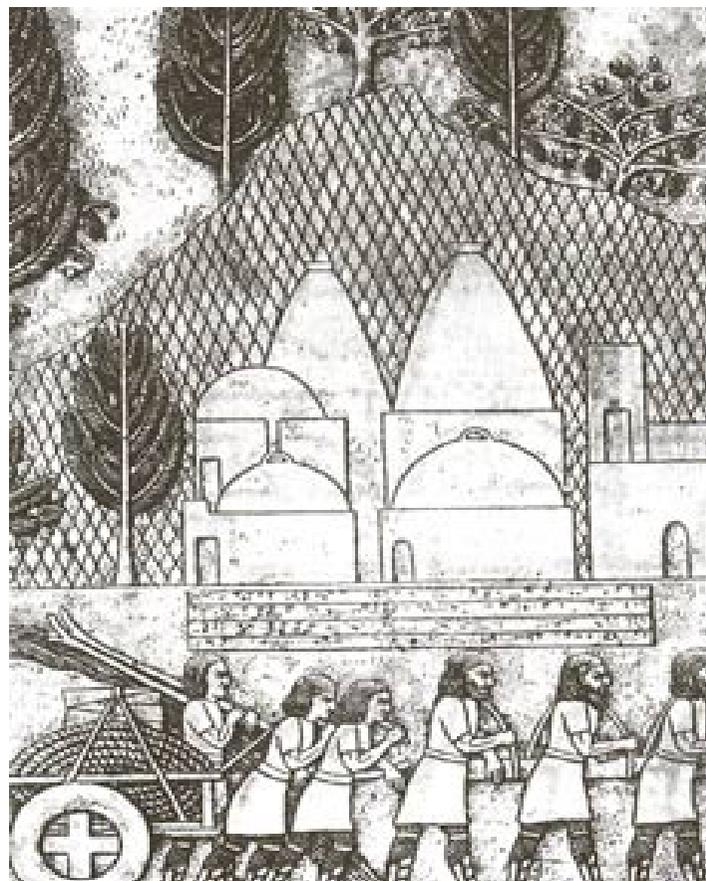


Рис. 2.24. «Отпечатки» на дольменах

Одна из версий строительства дольменов – метод бетонной лепки из песчано-глинистой цементирующей массы, которая выдавливалась из недр на поверхность в местах геологических разрывов (надвигов).

Есть все основания предполагать, что рисунок «елочка» – это отпечаток грубоплетеной из коры или травы ткани по типу рогожи (рис. 2.24). (Рогожа – грубая хозяйственная ткань. Первоначально производилась из волокон растения рогоз (отсюда и название), а позже и из лыка (кора липы)).

Глава 3. Бронзовый век и ранние городские культуры



Бронзовый век характеризуется расцветом культур великих речных долин, таких как Нил, Тигр и Евфрат, Инд и Хуанхэ.

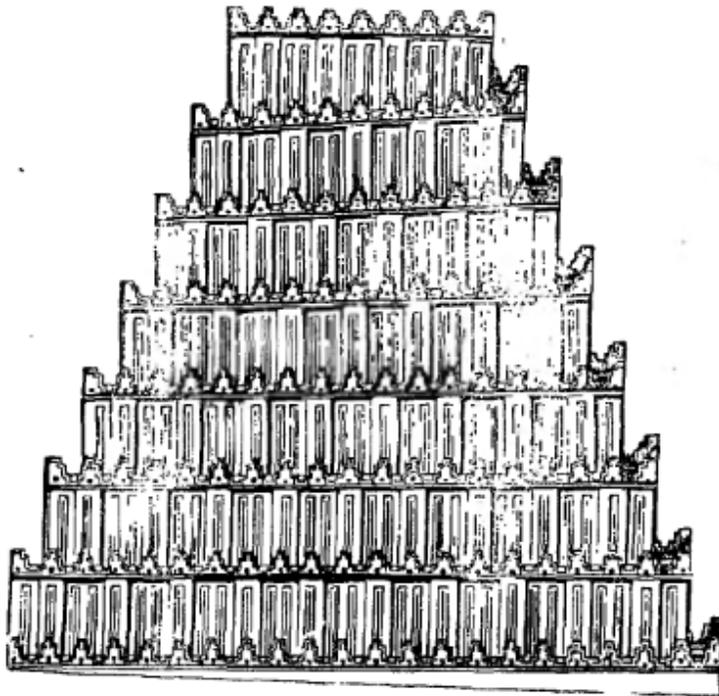
В III тысячелетии до н. э. в южной части Месопотамии (Междуречья) зародились одни из древнейших рабовладельческих государств – **Шумера** и **Аккада**.

Особого внимания заслуживают монументальные сооружения, которые воздвигались в этих государствах – это призматические **ступенчатые башни-зиккураты** высотой до 90 м (рис. 3.1). Зиккураты состояли из множества этажей, каждый из которых был окрашен в отличный от другого цвет. Все этажи были соединены между собой общим подъемом – пандусом. Для отвода воды из наклонных галерей, где культивировались зеленые насаждения, в глиняной кладке устраивался дренаж из гончарных труб. Верхняя платформа башни была украшена золоченым куполом.

Платформы и верхние этажи зиккуратов являлись святилищами, а некоторые из них, возможно, и обсерваториями.

Зиккураты сооружались из сырцовых кирпичных блоков (как бы в монолите), вследствие чего они не имели внутренних помещений. В представлении шумерийцев такие башни являлись жилищем божеств.

Основными строительными материалами, характерными для того периода, были глина и сырцовый кирпич. Раствор для кладки стен приготовлялся из жидкой глины, золы и горной смолы.



*Рис. 3.1. Зиккурат.
Реконструкция*

Новый этап в развитии науки, техники и строительного искусства народов, населявших южное Двуречье, начинается с образования единой мощной **Вавилонской державы**.



Рис. 3.2. Фрагмент столба со сводом законов царя Хаммурапи

Этот период отмечен развитием **орошаемого земледелия**, в связи с чем велись большие работы по расчистке старых и строительству новых каналов, использовались более сложные водоподъемные приспособления, в том числе водочерпательное колесо и скользящая по веревке система кожаных ведер, приводимая в движение животными.

Наряду с этим в стране возводились многочисленные монументальные здания: дворцы, храмы, зиккураты (вавилонские башни) и оборонительные сооружения. Особенно мощное строительство велось в столице государства Вавилоне.

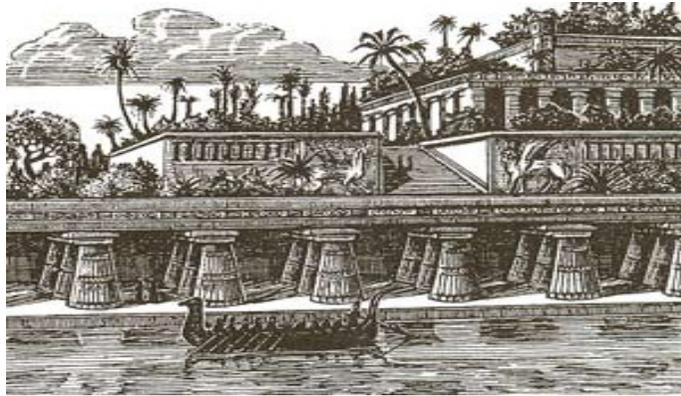
Одним из памятников искусства, сохранившимся от этого времени, является рельеф, венчающий **столб со сводом законов царя Хаммурапи** (рис. 3.2).

Эти законы охватывают все отрасли государственной и общественной жизни страны и, в свою очередь, являются классическим памятником рабовладельческого законодательства и первым в истории сводом законов (кодексом).

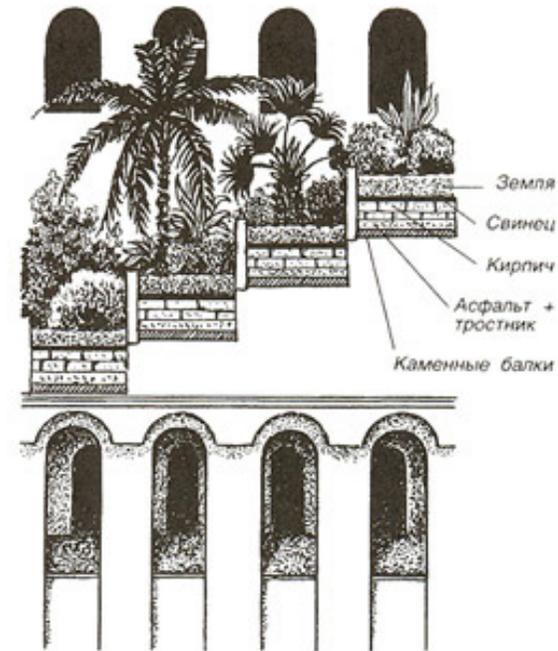
Заслуживают внимания статьи кодекса, свидетельствующие о том, какое внимание в то время обращалось на качество строительных работ: § 229. «Если строитель построит человеку дом и сделает свою работу непрочной, так что построенный им дом обвалится и причинит смерть хозяину, то этого строителя должно убить». § 233. «Если строитель построит человеку дом и не укрепит свою работу, так что стена обрушится, то этот строитель должен устроить стену за собственное серебро».

Наибольшего расцвета Вавилон достиг в период Ново-Вавилонского (Халдейского) царства.

В этот период столица государства была превращена в неприступную крепость, столицу мира, крупнейший торгово-финансовый и культурный центр.



а



б

Рис. 3.3. Висячие сады Семирамиды, общий вид (а) и конструктивная схема (б)

В эту эпоху для возведения монументальных сооружений использовались те же основные строительные материалы, что и в Древнем Вавилонском государстве. В больших размерах применялись обожженный кирпич, керамика, глазурованный кирпич, причем искусство оформления зданий глазурованными кирпичами, сочетающее монументальное и декоративное начало, оказало впоследствии большое влияние на более позднее искусство народов Востока.

Еще одним знаменитым сооружением дворца в Вавилоне были сады Семирамиды (рис. 3.3). Их повелел построить для своей любимой жены сам царь Навуходоносор. Он пытался создать на плоских равнинах Вавилонии хотя бы подобие родных ей лесистых гор.

Сады представляли собой ступенчатые платформы, которые покоились на столбах, перекрытых сводами. По сводам были уложены свинцовая кровля и асфальтовая гидроизоляция. На платформу завезли землю и высадили деревья и цветы. Полив осуществлялся с самой верхней платформы, на которую подавалась вода. Сады размещались очень высоко над землей, и достаточно легкая конструкция сводов издали создавала иллюзию, что они висят в воздухе. Отсюда и их название – «висячие».

Развитие хозяйства, основанного на рабовладении, привело в конце III тысячелетия до н. э. к образованию на территории Северной Месопотамии **Ассирийского рабовладельческого государства** (рис. 3.4).

Основными строительными материалами в древней Ассирии были глина, камыш, сырцовый кирпич, камень и дерево. Из кирпича-сырца возводили стены зданий и крепости. Камень использовался в основном для облицовки стен, а дерево – для устройства перекрытий.

Значительный рост производительных сил вызвал дальнейшее развитие внешней торговли, что потребовало строительства шоссейных дорог и мостов (деревянных, каменных и понтонных), а создание регулярной армии, кроме того, возведения **лагерей крепостного типа**, защищенных мощными стенами и башнями, для строительства которых использовались рабы, а также своего рода **инженерные войска**, впервые появившиеся в Ассирии.

Заслуживают внимания **каналы с глухими плотинами**, образующими как бы ступенчатые шлюзы, расположенные на склонах местности, посредством которых вода с помощью ведер и черпаков подавалась на необходимую высоту, а затем по каналам подавалась на поля и в населенные пункты.

Перевозка строительных материалов осуществлялась на плотах, весельных судах, повозках, а тяжелых каменных глыб и гигантских статуй – волокушами, напоминающими плоскодонные. В качестве тягловой силы широко использовались рабы, лошади, буйволы, а вьючной – в основном мулы, лошади, верблюды.



Рис. 3.4. Ассирийский дворец. Реконструкция

Дворцы Ассирии, как и в Вавилонии, сооружались на высоких искусственных холмах. Так, дворец царя Саргона (рис. 3.5) был воздвигнут на холме в 14 м, а дворец Синахериба в Ниневии – на холме высотой 30 м и площадью 11 тыс. м². Покрытия дворцовых помещений в основном были плоские.

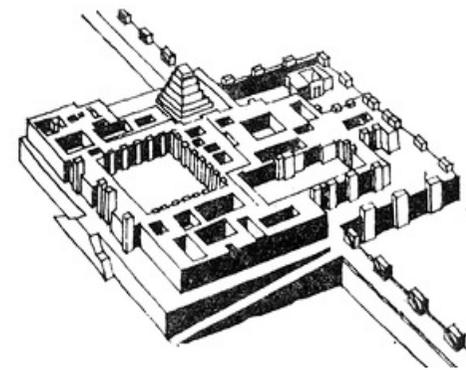
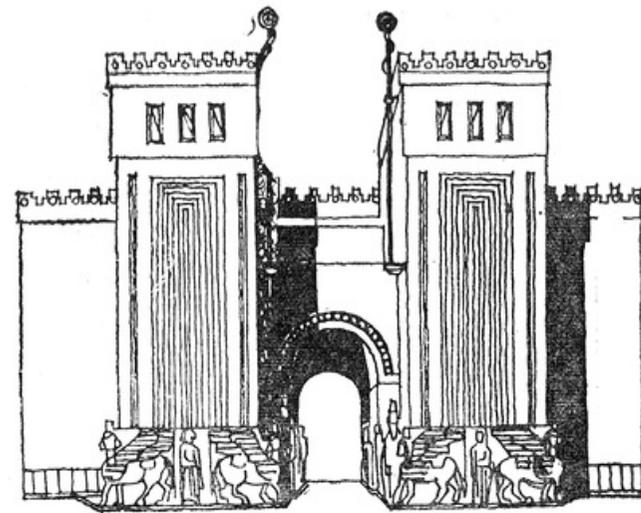


Рис. 3.5. Хорсабад, дворец царя Саргона. Входные ворота. Общий вид

История развития строительной техники **Хеттии** берет начало от хеттских племен и народностей, населявших центральную и восточную части Малой Азии и Северную Сирию во II и начале I тысячелетии.

Расцвет строительной техники Хеттии, как и культуры в целом, относится ко II тысячелетию до н. э. **Наиболее характерными сооружениями Хеттии являются крепостные сооружения**, свидетельствующие о воинственной политике государства, а также дворцы и храмы (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Львиные ворота великого храма Хаттуша

Наиболее значительным монументальным сооружением в Хаттушаше был большой дворец (или большой храм), построенный в равнинной части города (рис. 3.7). Дворец представлял собой комплекс сооружений, размещенных внутри каменной огады, в которой было устроено трое входных ворот. Дворец имел три вестибюля, располагавшихся последовательно один за другим, и большое количество комнат различных размеров, галерей и коридоров.



Рис. 3.7. Вид на развалины дворца Хаттушаш с высоты птичьего полета

Во дворе здания были найдены остатки возведенного из гранитных камней сооружения, служившего, по-видимому, основанием под алтарь храма. Поддерживавшийся тремя колоннами портик был расположен перед двумя входами северо-восточного крыла здания. В главное помещение этого крыла можно было попасть только через боковые входы. Помещение освещалось двумя окнами, расположенными в торцовой стене, и двумя окнами по бокам. **Свет, падающий в окна**, освещал помещавшийся между окнами и частично сохранившийся каменный массив из известкового камня со стоявшей на нем, по мнению исследователей, статуей божества.

Стены дворца были возведены из крупных известковых блоков, за исключением северо-восточного крыла, где кладка была выполнена из гранитных блоков. Средняя высота блоков составляла 1 м, длина до 1,82 м. Стены возводились на **сплошных фундаментных лентах**, выложенных из рваного камня. Блоки скреплялись бронзовыми скобами диаметром 7 см и длиной 18 см. Отверстия в блоках для закладки скоб аккуратно высверливались. Строительство крепостных стен и дворцов в других городах Хеттии также производилось из камня и кирпича.

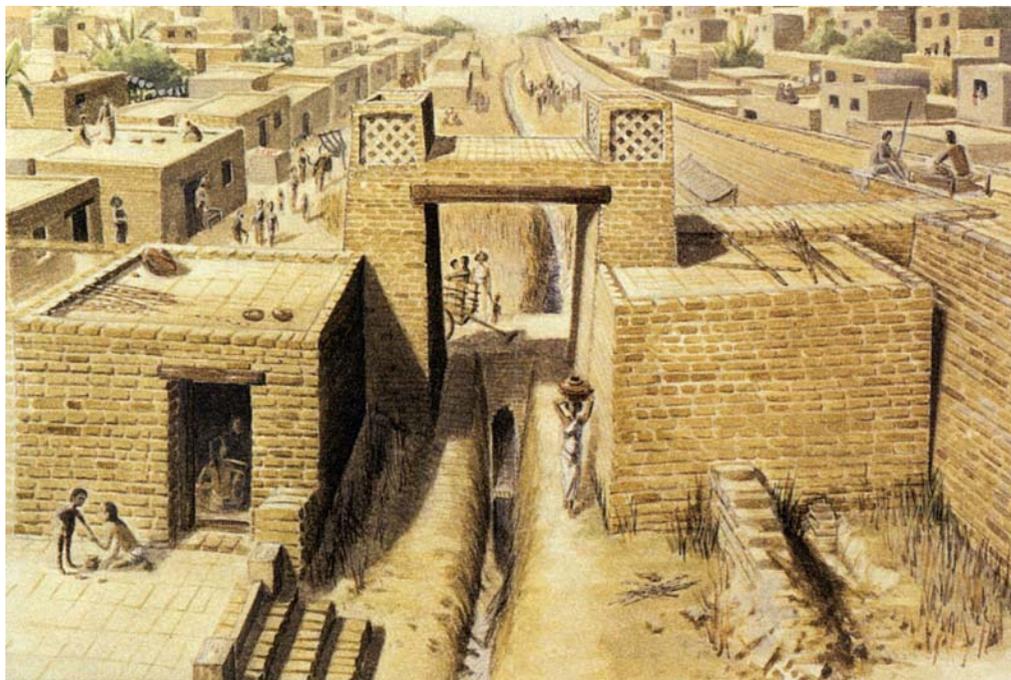


Рис. 3.8. Строительство канала в древней Хеттии. Реконструкция

Раскопки, произведенные в долине **Инда**, свидетельствуют о том, что в III тысячелетии до н. э. здесь строились оросительные каналы, городские водосточные системы, 2- и 3-этажные здания из обожженного кирпича и другие сооружения. В районе г. Хараппа были найдены мощные оборонительные сооружения, огромные зернохранилища, мукомольни и жилые здания (рис. 3.8).

Город Мохенджо-Даро занимал площадь более 2,5 км² и по величине был меньше Хараппа. Он имел прямые, пересекающиеся под прямым углом улицы, застроенные преимущественно 2–3-этажными кирпичными домами с большим числом комнат. Стены и полы в ванных комнатах были выложены большими плитами из обожженной глины. В каждом доме был **устроен колодец**, который находился в отдельной «колодезной комнате» нижнего этажа. Отвод воды осуществлялся при помощи глиняных обожженных труб, уложенных в стенах и подполье дома.

Вероятно, цивилизация городов Моженджо-Даро и Хараппы (на территории современного Пакистана), которая процветала между XXXIII–XV вв. до н. э. по уровню своего культурного развития превосходила шумерскую, крито-микенскую и раннединастическую Египетскую цивилизации. Время возникновения этой культуры до сих пор не установлено, обнаружено, что на относительно высоком уровне развития она существовала еще в XXX в. до н. э.

Как и древние культуры Шумера и Египта, культура Хараппы возникла в плодородных долинах бассейна двух великих рек. Впоследствии она распространилась на значительную территорию современных Индии и Пакистана.

Древние города отличались **высоким уровнем благоустройства**, регулярной планировкой. Широкие улицы (7–9 м шириной) были ориентированы по сторонам света, застроены многоэтажными сравнительно благоустроенными домами из обожженного кирпича.

В городах были проложены сети водоснабжения и канализации, что было характерно для цивилизаций Древнего Востока. Также были устроены бассейны для общественных омовений, окруженные галереями и служебными помещениями, торговые ряды и крытые базары.

Культура Хараппы потрясает невиданной в другие доисторические времена **однотипностью поселений и стандартизацией**, проявившихся в строительстве на огромной территории, насчитывающей более 40 поселений: с стандартными домами, из стандартного обожженного кирпича, со стандартными предметами домашнего обихода. Строгий порядок, типизация и стандартизация сохранялись на протяжении более тысячелетия, что возможно только при мощной системе централизованного управления. Примечательно, что на всей территории цивилизации не было обнаружено грандиозных гробниц, храмов и царских дворцов. Однако планировка городов подтверждает существовавшее в то время классово-социальное расслоение городского населения.

На сегодняшний день не известно как зародилась, развивалась, а также от чего погибла выдающаяся культура Хараппы. В последние столетия ее существования (XV в. до нашей эры) заметны явные признаки ее упадка. Возможно, значительную роль в этом сыграл и консерватизм, который мог привести, в конечном итоге, к загниванию всей системы. Возможно, причиной гибели цивилизации стала серия природных катастроф.

Вокруг городов и поселений культуры Хараппы возводились **защитные стены**, с укрепленными воротами и дозорными вышками. Крупные города, как, например, Мохенджо-Даро, строили на искусственной платформе (высотой от 9 до 15 м от земли, шириной 190 м, длиной 380 м). На ней возводили цитадель с двойными стенами (толщиной в основании 12 м, а высотой 10,7 м), с мощными башнями и воротами, вероятно, она служила административным и религиозным центром (рис. 3.9).

Характерная особенность поселений Хараппы - грандиозные **купальни**, представляющие собой целый комплекс зданий с открытым прямоугольным в плане бассейном в центре. В цитадели города Хараппы находился самый крупный из обнаруженных бассейнов (11,9×7 м в плане и глубина 2,43 м).



Рис. 3.9. Мохенджо-Даро. XXXIII-XV вв. до н. э.
План города (слева). Реконструкция интерьера жилого дома (справа).

В центре и вдоль главных улиц в Мохенджо-Даро и других городах обычно располагались **крупные многокомнатные дома** с несколькими внутренними дворами. На окраинах теснились небольшие скромные жилища. Самый небольшой дом имел площадь 8×9 м, а площадь крупных домов – вдвое больше. Кроме того, обнаружены и более обширные дома, рассчитанные, возможно, на несколько семей, а также дома, похожие по типу на гостиницу. Дома, как правило, имели смежные стены. Планировка жилых домов, независимо от их размеров, однотипная, помещения сгруппированы с трех сторон прямоугольного или квадратного внутреннего открытого двора, с четвертой стороны – глухая стена с дверным проемом.

Скорее всего, здания строили 2- или 3-этажные. Нижние этажи складывали из **обожженного кирпича**, а верхние, по всей вероятности, были сложены **из сырцовых кирпичей, или были каркасными с глинобитным заполнением**, или из тростника, обмазанного глиной; стены штукатурились. Крыши, предположительно, были плоскими, как это обычно принято на Востоке, и использовались в качестве террас. Уличные фасады первых этажей были глухими. Узкие лестницы, ведущие на верхние этажи и крышу, по-видимому, были деревянные, иногда встречались кирпичные, без подлестничного пространства.

В больших домах было несколько внутренних дворов - парадный, хозяйственный, женской половины и т.д. Предполагают, что на первом этаже располагались различные хозяйственные и служебные помещения, склады, помещения для слуг, в доме торговцев и ремесленников – мастерские, лавки. Кухня обычно располагалась в одном из углов двора, под навесом, на приподнятом месте (на 10–12 см от пола). Там же располагались углубление для очага, а также глиняные бездонные сосуды для стока грязной воды.

На верхних этажах располагались жилые помещения – спальни и гостиные, с нависающими балконами.

Полы в жилых домах устилались циновками, как это делается и теперь в Индии. В богатых домах зачастую пол выкладывали кирпичом, главным образом в ваннных комнатах и внутренних дворах. В более скромных постройках полы были глинобитными или земляными.

Практически во всех домах была проведена **вентиляция** в специальных нишах, а также устроены **водоснабжение и канализация**.

После упадка культуры Хараппы в Индии периода XV—VI вв. не было обнаружено значительных следов материальной культуры. Культурное наследие этого периода представлено в основном литературными источниками, среди них важное место занимают Веды. Они представляют собой сборник религиозных гимнов. Вследствие этого период обычно и называют **ведическим**. Многие столетия население страны проживало в небольших деревнях.

В этот период начался процесс расслоения древнеиндийского общества на **вараны**, которое стало предвестником *каст*. Два высших варана – *брахманы* и *кшатрии* – жреческие роды и военная знать. Третья варана – *вайшья* – включала ремесленников, торговцев и земледельцев. Низшую варану – *шудрам* – составляли слуги, сжигатели трупов и другие бесправные люди.

Деление на вараны привело к тому, что в Древней Индии в ведический **период сложилась строительная ремесленная организация**. Ремесленники объединялись в так называемые *шрени*, или *нигама*. Профессии строителя, плотника, скульптора передавались исключительно по наследству.

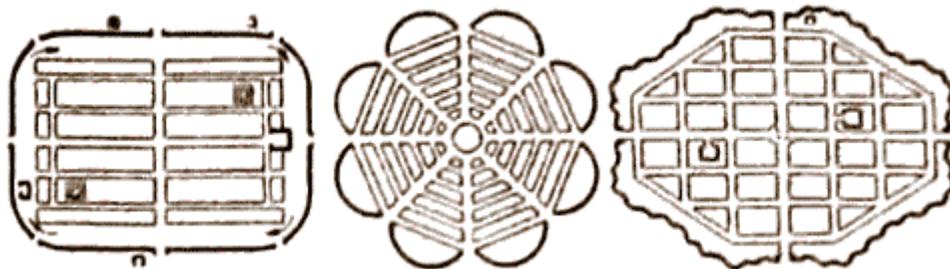


Рис. 3.10. Деревенские поселения.
Схематические планы, согласно
«Шильпашастра»

Система строительных канонов и правил, а также прикладного искусства, была сведена в «Шильпашастру» (рис. 3.10), которая долгое время передавалась потомкам-ученикам изустно, заучивалась на память, как молитва. В первых веках н. э. были созданы тексты «Шильпашастры». Эта система распространилась по всей стране и служила многие столетия. Были **созданы также специальные руководства по архитектуре** «Вастушастра» или «Ваштувидия». Индийский, ученый. Г.К. Ачария насчитывает более трехсот таких сохранившихся текстов. «Манасара» – наиболее известный трактат по архитектуре, составленный в XI в., вероятно, на основании более ранних текстов. В политико-экономическом трактате «Артхашастра» находятся сведения по градостроительству.

На этом историческом этапе сложились основные архитектурные формы, типы зданий, художественные и конструктивно-строительные приемы, которые легли в основу индийской архитектуры последующих веков. Ранние архитектурные постройки были главным образом **из дерева**. К основным строительным материалам относятся также **камыш, камень и глина**. Деревянные сооружения ведического периода не могли сохраниться до нашего времени, однако более поздние скальные постройки дают о них представление, так как в них были скопированы их формы и конструкции, даже некоторые мелкие детали (например, головки гвоздей).

В строительстве широко применялся **бамбук для изгородей**, решеток, стоек, легких павильонов. Из **бамбука сооружались типичные** для индийской архитектуры **круглые постройки**, формы которых позднее воссоздавались в других материалах.

Самое распространенное в строительстве было **тиковое дерево**. Для отделочных работ в дворцовых постройках применялись дорогие сорта дерева – сандаловое, красное и черное (эбеновое). Особенно **прочная древесина бабур использовалась для возведения опор**, выдерживающих даже каменные перекрытия.

С древности до позднего средневековья в деревянных постройках в Индии использовалась **балочно-стоечная система**. На вертикальных опорах укладывали перекрытия, эти же столбы служили основой стенового каркаса. **Стены заполнялись глиной или кирпичной кладкой**.

Реже при строительстве зданий использовался кирпич. Однако обожженный кирпич, закрепленный водонепроницаемым битумом, широко использовался для строительства плотин и резервуаров для воды.

Относительно редко в строительстве употреблялся камень, в основном в той местности, где было недостаточно глины и древесины. Для фундаментов зданий и плотин использовался необработанный камень.

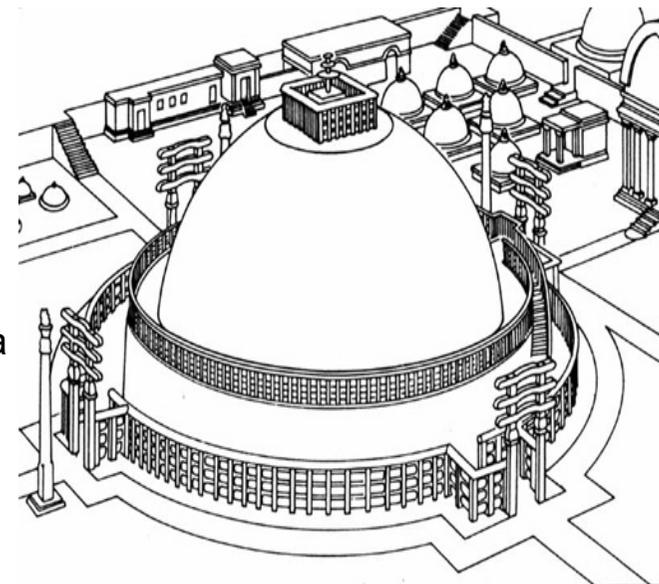
Исключением является циклопическая каменная кладка стен города Раджагриха, относящаяся к VI в. до н. э., остатки которой сохранились до наших дней. Камни кладки грубо отесаны, тщательно пригнаны друг к другу и сцеплены металлическими штырями (длиной от 90 до 150 см). Высота каменной кладки достигала 3,5 м от поверхности земли, на ней была возведена стена из камня и кирпича.



Рис. 3.11. Буддийская ступа в Санчи. Индия, II-III в. до н.э.

Большая Ступа* в Санчи (рис. 3.11) расположена в нескольких километрах к северу от города Бхопал и является самой древней из сохранившихся буддийских построек в Индии.

Ступа в Санчи имеет форму, близкую к полусфере, высотой 23,6 м, диаметр основания – 36,6 м. Она выложена из кирпича и облицована красным песчаником. Примечательна каменная ограда этой древней ступы (рис. 3.12), особенно резные ворота, имитирующие деревянные.



*Рис. 3.12. Ступа в Санчи.
Реконструкция*

* Ступа – это древний индийский погребальный и мемориальный памятник, имеющий реликварное, символическое и молитвенное значение. Слово «**ступа**» – санскритское и означает «вершина», «верхушка».

Китай принадлежит к числу древнейших стран мира. Многочисленные памятники, найденные на его обширной территории, относящиеся к палеолиту, неолиту и бронзовому веку, свидетельствуют о том, что культура Китая и его строительное искусство берут начало в глубочайшей древности.

В начале II тысячелетия до н. э. в Древнем Китае появляется бронза. Развитие китайской архитектуры находило свое проявление в строительстве дворцов, монастырей, храмов. В качестве строительных материалов применялись: камень, дерево, бамбук, тростник, глина, а также терракота, фаянс, фарфор.

В результате проникновения из Индии буддизма в Древнем Китае появляются **новые типы культовых сооружений**. Это прежде всего **пагоды**, представляющие собой башни из кирпича или камня, имеющие несколько ярусов с выступающими крышами, а кроме того, пещерные храмы, подобные индийским.

Так же, как и в Индии, в Китае под влиянием сооружений из **бамбука** некоторые архитектурные формы принимали своеобразный характер, например, **углы крыши были приподняты**, а сама кровля оказывалась слегка прогнутой (рис. 3.13).

В начале нашей эры возникают новые большие города, где прежде всего строятся **дворы**, которые представляли собой целые комплексы построек с павильонами, воротами и бассейнами среди архитектурно проработанных парков. Для китайцев характерна особая любовь к природе, проявляющаяся в чутком к ней отношении и восприятии ее как важной составной части жизненной среды. Это выражается в **сооружении храмов, объединяемых в симметричные комплексы, окруженные благоустроенными садами**, в которых стоят отдельные пагоды.

Кроме городов, храмов и дворцов строились гидротехнические сооружения, каналы и плотины.

Уже в XII в. до н. э. в Китае было развито судоходство, а сто лет спустя **появились искусственные каналы**. На высоком уровне стояло деревянное судостроение. Передвижение судов осуществлялось при помощи весел и парусов, сделанных из циновки, а также рабов и животных, шедших по берегу и тянувших за собой на бечевке суда и плоты. Таким способом осуществлялась перевозка строительных материалов (леса, камня, глины и т. л.) и строительных изделий.



Рис. 3.13. Архитектура Древнего Китая

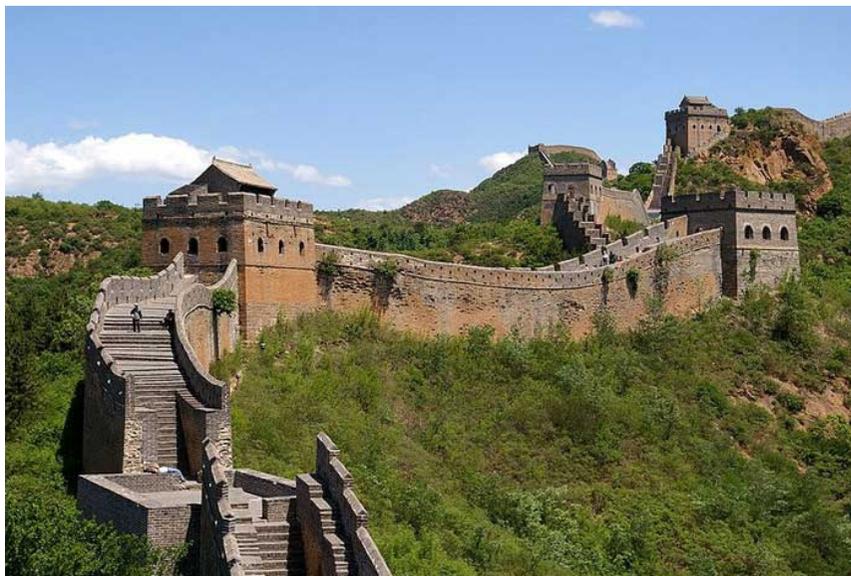


Рис. 3.14. Великая Китайская стена (IV в. до н.э.)

Говоря о строительном искусстве Древнего Китая, нельзя не упомянуть о Великой Китайской стене, строительство которой началось еще в IV в. до н. э. и велось несколькими поколениями (рис. 3.14).

Название «стена» не является точным, так как в действительности это крепостное сооружение высотой 6,5 м и шириной у основания 6 м (к верхней части оно суживалось на 1 м), включавшее **оборонительный вал, сторожевые башни**, поставленные через каждые 120 м и **сигнальные вышки**.

Сторожевые башни в 2—3 этажа служили жилыми помещениями для гарнизона и местом хранения оружия и боеприпасов. Кое-где построены крепости, многие из которых до сих пор удивляют и мощью, и изяществом архитектуры. Наружная облицовка сделана из камня и кирпича, а внутренняя часть заполнена утрамбованной глиной, общий объем которой составляет около 180 млн м².

Общая длина стены превышает 5 тысяч км.



а



б



в

Рис. 3.15. Великая китайская стена (буквально «Длинная стена в 10 000 ли») – крупнейший памятник архитектуры

Стена была не только крепостным валом, но и дорогой. Ее ширина – 5,5 м; это позволяло маршировать рядом пяти пехотинцам или скакать на лошади рядом пяти кавалеристам. Еще и сегодня ее высота в среднем составляет 9 м, а высота дозорных башен – 12 м.



Рис. 3.16. Пирамиды в Гизе (Египет)



Рис. 3.17. Ступенчатая пирамида в Саккаре (ок. 2650 г. до н. э.; размерами 125 на 115 м и высотой приблизительно 62 м)

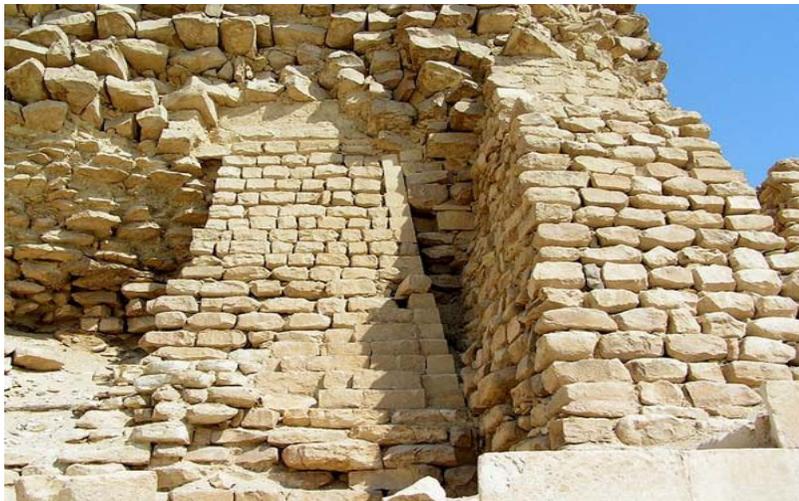


Рис. 3.18. Структура внутренней кладки Ступенчатой пирамиды



Рис. 3.19. Гранитный храм на плато Гиза

Организация труда и выполнение работ при строительстве пирамид в Древнем Египте (рис. 3.16–3.19)

Благодаря археологам и их масштабной работе по расшифровке древнеегипетских иероглифов мы можем узнать некоторые имена древних мастеров, а также судить о том, как велись строительные работы в Древнем Египте. Проектирование, строительство и украшение царских усыпальниц и гробниц были делом специальной «конторы», в которой работали художники, резчики по камню и другие высококвалифицированные специалисты. Главным куратором работ был высший сановник фараона, его визирь. Число работающих в одной «конторе» достигало и превышало 120 человек. Наряду с высококвалифицированными специалистами использовалась также и низкоквалифицированная рабочая сила, помощники (например, транспортники).

Рабочие делились на две группы – на правую и левую. Во главе этих групп стояли начальники, рядом с ними постоянно находились писцы, которые должны были ежедневно делать заметки о ходе работ, быте и условиях труда рабочих, составлять списки различных материалов, необходимых для ведения работ, инструментов, рассчитывать заработную плату (рис. 3.20–3.21).

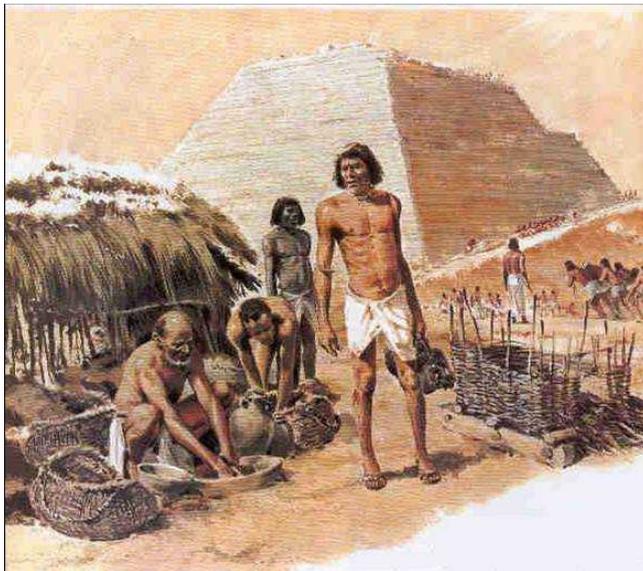


Рис. 3.20. Строительные работы в Древнем Египте

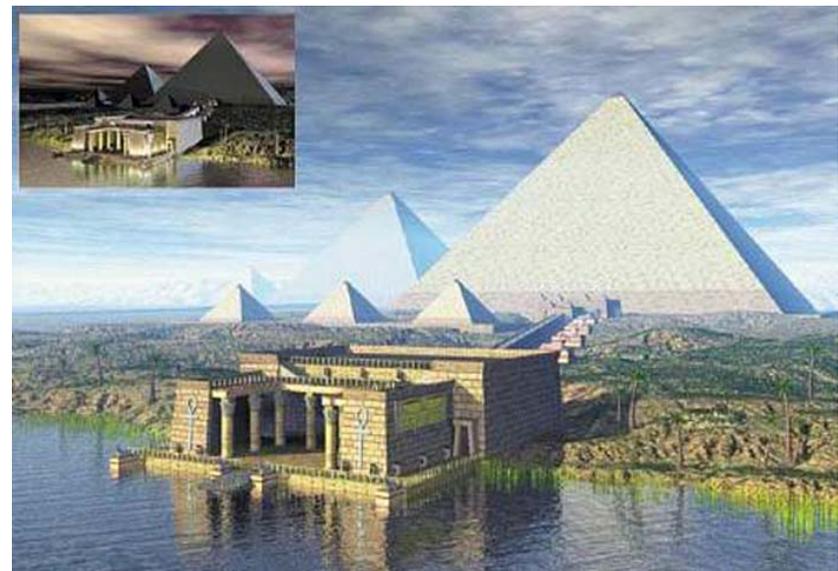


Рис. 3.21. Реконструкция древних пирамид

Строительные материалы в эпоху бронзового века государств Междуречья

Территории, на которых существовали государства Междуречья, почти **не имели лесной растительности**. Иначе говоря, строительное дело испытывало большую нужду в дереве как строительном материале. Из местных деревьев росли только пальмы (рис. 3.22).

Сосну и кедр привозили. В связи с этим **дерево как строительный материал** было дорого и использовалось исключительно для конструкций перекрытий в виде сплошных накатов, для исполнения элементов окон и дверей, а также декоративных деталей.

Пальма давала возможность создавать накат пролетом максимум до 4 м. Во дворцах при использовании ливанского кедра удавалось увеличить размеры помещений до 7–10 м. Жилища простых людей были узкими и тесными.

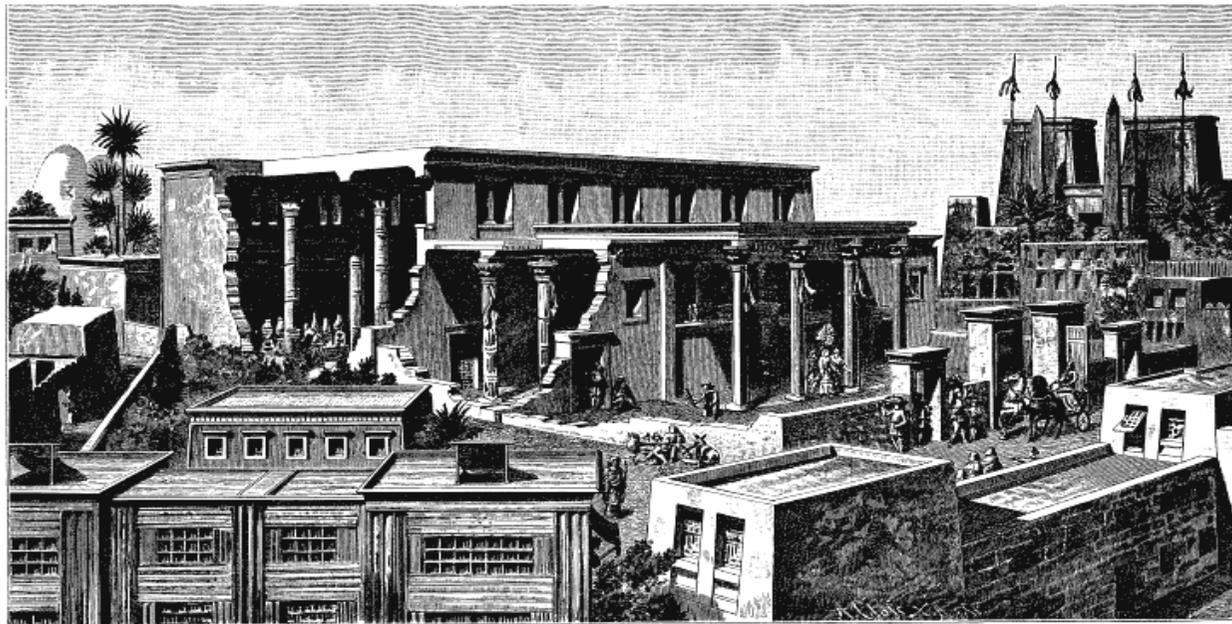


Рис. 3.22. Реконструкция фрагмента города в Древнем Египте



Рис. 3.23. Кирпич-сырец

Основным строительным материалом был кирпич-сырец, который мог изготавливаться больших размеров – 31×34 см и толщиной 10 см (рис. 3.23).

Обожженный кирпич стал известен с того времени, когда человек смастерил первый глиняный очаг, чтобы обеспечить лучшую по сравнению с открытым очагом тягу.

Как только было замечено, что глина, обожженная огнем, имеет более высокие прочностные качества, из нее стали изготавливать глиняные керамические изделия, а вскоре кирпич-сырец также начали обжигать. Однако **обожженный кирпич** использовался ограниченно, только для облицовочных работ, поскольку для обжига не хватало топлива.

Вместе с тем можно предположить, что естественные **горные смолы**, которые успешно применяли для факелов, могли быть использованы как топливо в связи с недостатком дерева. Смола обладала большей теплотворной способностью, что при обжиге было очень важно, так как требовалась высокая температура. Высокопрочными каменными породами данный регион тоже был обделен, в связи с чем **кладка из кирпича** была основной для возведения несущих конструкций.

Кладка делалась двух видов. В первом случае использовался **непросушенный сырцовый кирпич**, который слеживался в монолитную массу, приобретая строительную прочность. В такой кладке специально создавались внутренние вентиляционные каналы для лучшего и более быстрого просушивания. Для большей прочности в нее помещались плетеные циновки, которые служили армирующим слоем.

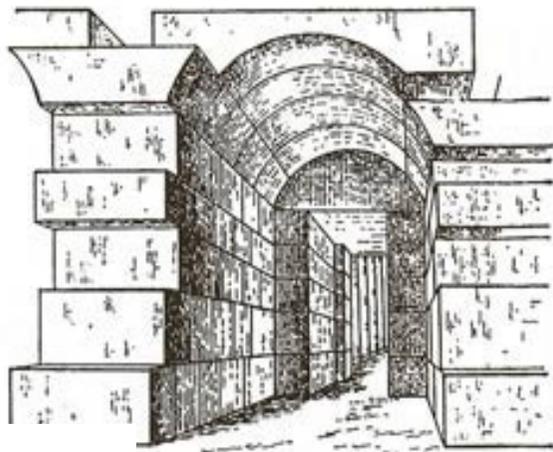


Рис. 3.24. Пример ложного свода

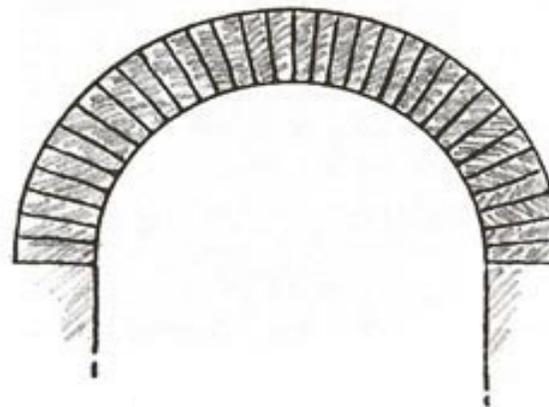


Рис. 3.25. Истинная арка. Швы устроены под прямым углом к линии распора

Кладка из высушенного кирпича выкладывалась на известково-гипсовом растворе. Кладка часто имела зубчатую поверхность. Это позволяло без вреда для устойчивости стены облегчить кладку и к тому же благодаря игре света и тени предохранить стену от перегрева (рис. 3.24–3.25).

Ассирийцы и вавилоняне успешно применяли **в качестве связующего и гидроизоляционного материала** смолу. Смолы имелось достаточно. В горной местности она образовывала естественным путем целые озера. **Известь и гипс** также широко применялись как **строительные материалы**. Там, где не требовалась высокая прочность стен, особенно в жилищах простых людей, продолжали использовать тростниковый плетень, обмазанный глиной.

Особым приемом в строительстве ассиро-вавилонской цивилизации была **кладка из кирпича с облицовкой из натурального камня**.

Стойечно-балочная система, которая использует стойку как элемент, работающий на сжатие, а балку – как элемент, у которого нижний пояс растянут, представлена в архитектуре государств Междуречья слабо. Так как камень хорошо работает на сжатие и плохо на растяжение, это создает большие трудности для перекрытия больших пролетов. Потому-то в этих целях использовалось дерево, значительно лучше работающее на растяжение. Однако дерево – материал недолговечный, и деревянные памятники строительного искусства до нашего времени не сохранились.

Глава 4. Строительное искусство Древней Персии и Финикии



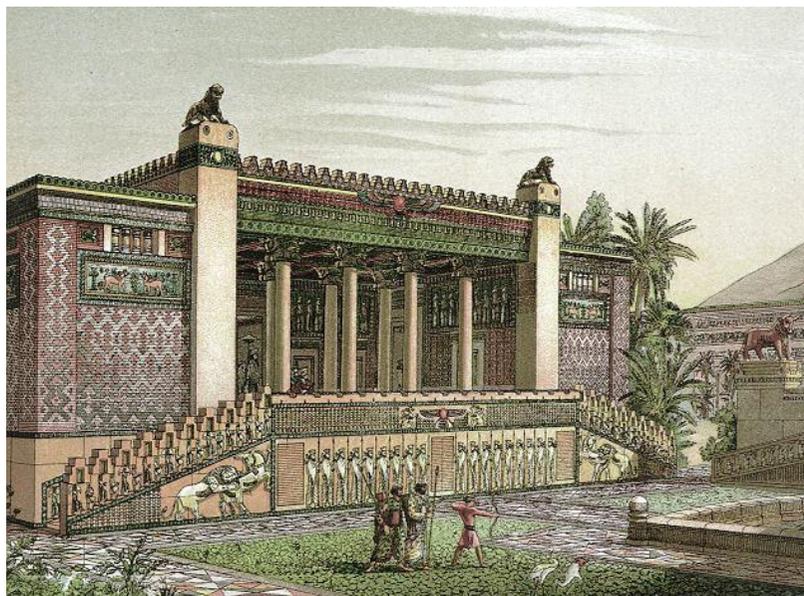


Рис. 4.1. Персидский дворец. Реконструкция

Большое влияние на развитие строительной техники и искусства **Персии** в целом оказали соседние государства: вначале Шумера и Аккада, а затем Вавилония, Ассирия, Египет, Греция и другие, вследствие чего ее искусство, и особенно архитектура, скульптура и прикладное искусство, носило эклектический характер. Наивысшего расцвета древнее Персидское государство достигло в середине VI в. до н. э., когда оно покорило Македонию, Вавилонию, Египет, Сирию, часть Закавказья и Средней Азии, Аравию, часть Индии и другие страны.

Располагая огромными материальными средствами, награбленными в завоеванных странах, и массами рабов – военнопленных, Персия вела большие **работы по строительству дорог**, что вызывалось постоянными передвижениями войск и развитием внешней и внутренней торговли, а также по **устройству каналов, возведению дворцов, крепостей и других сооружений** (рис. 4.1).

В этот период были построены комплексы дворцовых сооружений, а также царская резиденция **Персеполь**, являвшаяся священным городом персов и одним из лучших архитектурных памятников древней Персии.

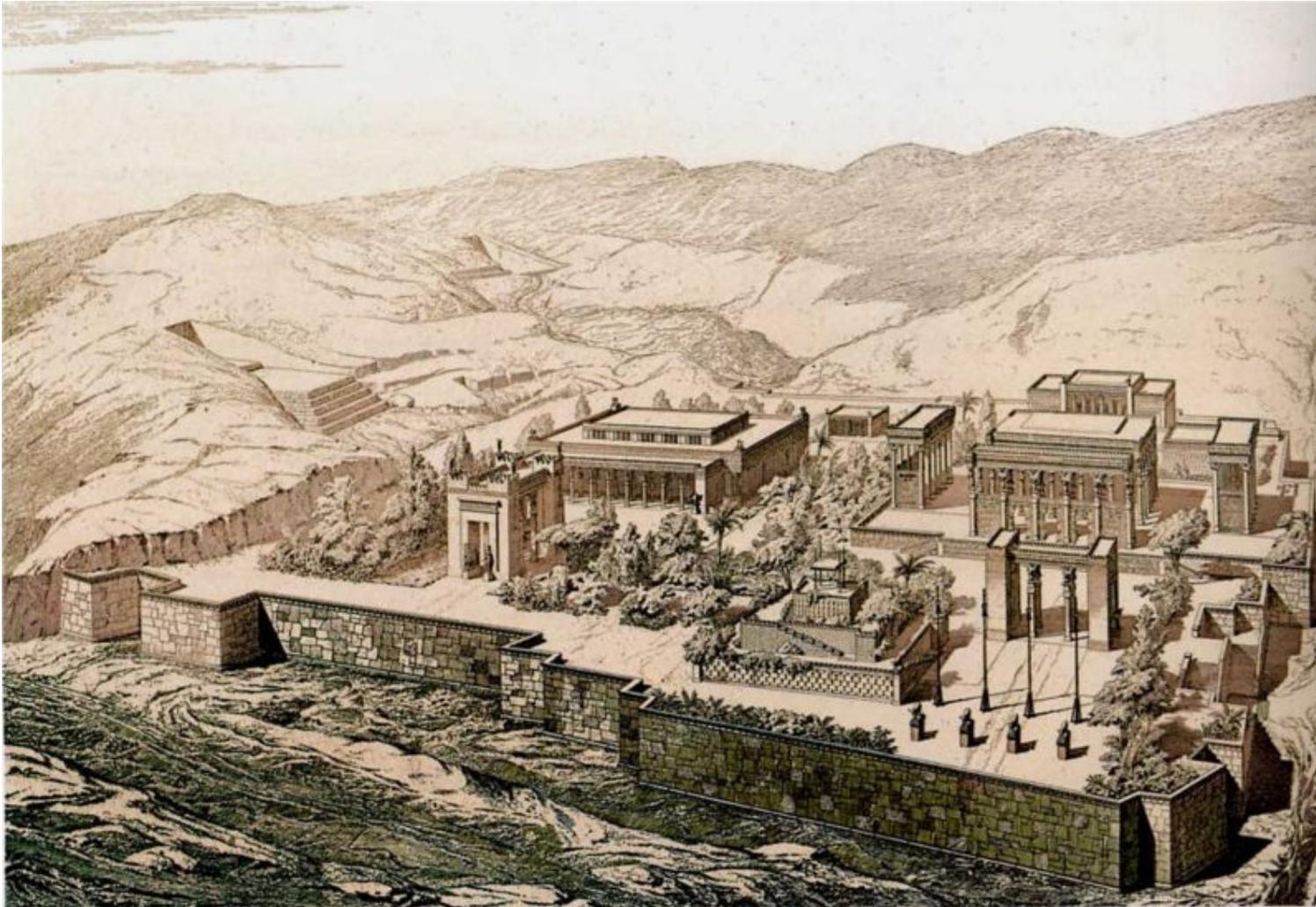


Рис. 4.2. Персеполь. Реконструкция

Город Персеполь был основан царем Дарием в местности Парс в 518 г. до н. э. Большинство зданий Персеполя представляет собой многоколонные залы с плоской кровлей (рис. 4.2).

Постройки Персеполя занимали территорию в 135 тыс. м². Стены Персеполя имели толщину 4,5–5,5 м и высоту от 11,5 до 15 м. Для сооружения зданий Персеполя использовался камень, добываемый в горах и в долине реки Араке. Обработка камней осуществлялась с помощью примитивных молотков и долот так искусно, что кладка возводилась без применения раствора (рис. 4.3).

Персеполь возведен на гигантской искусственной террасе размерами 500×300 м, облицованной громадными блоками, которая возвышается над окружающей равниной на 13 м (рис. 4.4).



Рис. 4.3. Персиполь – парадная столица Древней Персии



Рис. 4.4. Ападана (V в. до н.э.) – большой зал площадью около 100 м² с крышей, поддерживаемой 72 колоннами высотой 24 м

В 466 г. до н. э. в Персеполе был построен Тронный зал (Стоколонный зал), который считается одной из самых совершенных построек Персеполя. Он является самым большим после ападаны зданием в Персеполе, его размеры составляют 70×70 м. Потолок зала держался на 100 колоннах высотой 20 м (рис. 4.5).

В этом зале располагался дворцовый «музей», где были выставлены наиболее ценные царские сокровища. Здесь же происходили царские приемы и пиршества. Как полагают, именно сюда складывали в торжественной обстановке подарки, преподнесенные царю.



Рис. 4.5. Развалины Стоколонного тронного зала



Рис. 4.6. Гробница царя Кира
(основателя Персидского государства)

Гробница царя Кира сооружена из больших мраморных камней, уложенных уступами и увенчанная зданием из белого мрамора, окруженного колоннадой. Высота всего сооружения 13,1 м.

Основными строительными материалами в этот период являлись: камень, сырцовый и обожженный кирпич, глина и дерево, причем дерево употреблялось главным образом для устройства перекрытий, мостов, отдельных конструктивных элементов и изделий и реже – для возведения зданий. Покрытия зданий в Древней Персии в основном были плоские. Сводчатые и купольные покрытия (купола на тропках), а также полуциркулярные арки появились в более позднее время.

Большие работы в этот период были развернуты по **строительству мощных каменных дорог**, проложенных между важнейшими районами и городами обширного Персидского государства. Одна из главных дорог страны («царский путь»), протянувшаяся от царского дворца в Сузах до Сард у Эгейского моря, имела общую длину 2 125 км. На всем ее протяжении были построены гостиницы с большим количеством жилых комнат. На дорогах была организована служба связи.

Дороги Персии того времени, напоминавшие военные дороги Ассирии и превосходившие их по качеству, впоследствии явились прообразом более совершенных римских дорог.

К числу наиболее грандиозных строек Древней Персии относится сооружение канала, соединяющего Средиземное море с Красным с помощью восточного рукава Нила.



Рис. 4.7. Древняя Финикия. Реконструкция

Древняя Финикия (рис. 4.7) принадлежит к числу стран Передней Азии. Финикийцы имели колонии в Северной Африке, Испании, на юге Франции, Кипре, Сардинии и Сицилии, где они основали ряд крупных городов (Карфаген, Палермо и др.).

Финикийские мастера с начала I тыс. лет до н.э. **применяли железные орудия и инструменты** для обработки камня и дерева. Как и египтяне, в каменоломнях они добывали огромные каменные блоки, тщательно отесывали их, иногда соединяли их металлическими скрепами, раствор не использовали.

При возведении стен финикийцы наполняли деревянную форму не землей или глиной, как хетты или вавилоняне, а смесью извести и песка. Для облицовки каменных зданий нередко использовали **сплошную облицовку** изнутри и снаружи драгоценным **кедром**.

Используя прекрасную древесину ливанских кедров и бронзовые крепы отличного качества, финикийские мастера приобрели широкую известность. Им было поручено осуществление самых ответственных работ при строительстве величественного храма царя Соломона в Иерусалиме. При его постройке также применялся кедр.

Многочисленные города, построенные в Финикии и в колониях, сооружались в основном из камня и обносились мощными каменными стенами с башнями, причем крепостные стены иногда сооружались в несколько рядов.

Так, для защиты с суши **Карфагена**, расположенного на полуострове, было сооружено **три ряда двухъярусных каменных стен высотой до 20 м**. Во внутренней стене, ширина которой составляла 20 м, были сделаны стойла для 300 слонов и 4 000 лошадей и помещения для 24 000 солдат, а также большие продовольственные склады. В прибрежной части города были сооружены две гавани: внутренняя для военных кораблей (галер) и наружная для торговых судов. Внутренняя гавань состояла из каменных аркад, под которыми размещались 220 кораблей.

Дома в Финикии строили обычно двухэтажные, с открытой или зарешеченной галереей на верхнем этаже, где обитали хозяева. В нижнем, часто каменном, этаже хранились различные запасы и жили рабы. Для отделки и убранства домов рабовладельческой знати и вельмож широко использовались благородные металлы, слоновая кость, янтарь, стекло.

На развитие строительной техники и искусства Финикии большое влияние оказывали Египет, Вавилония, Персия и другие страны, под властью которых она находилась в течение нескольких столетий.

В результате многочисленных нашествий, которым подвергалась Финикия на протяжении всей истории, и особенно в последние века до н. э., со стороны египтян, хеттов, ассирийцев, вавилонян, персов, римлян и других народов, многие архитектурные памятники были разрушены, а произведения искусства вывезены в другие страны.



Рис. 4.8. Кносский дворец. II тыс. до н. э. Реконструкция

Кносский дворец – наиболее выдающийся памятник критской архитектуры (рис. 4.8). В греческих мифах он назывался **лабиринтом** (это слово происходит от термина лабрис – «двойная секира», – излюбленного изображения в критском искусстве).

Первый Кносский дворец был построен около 1900 г. до н.э. (на месте геологического разлома в земной коре) и разрушен землетрясением около 1700 г. до н.э., но вскоре полностью восстановлен. Площадь последнего дворца – около 16 тысяч м². Огромное сооружение состояло из цепочки разновеликих построек. Руины, которые можно увидеть сегодня, полностью принадлежат второму дворцу (рис. 4.9–4.12).

Изначально Кносский дворец не имел единого архитектурного замысла: дворец перестраивался, надстраивался, каждый правитель оставлял свой след в дворцовом ансамбле.

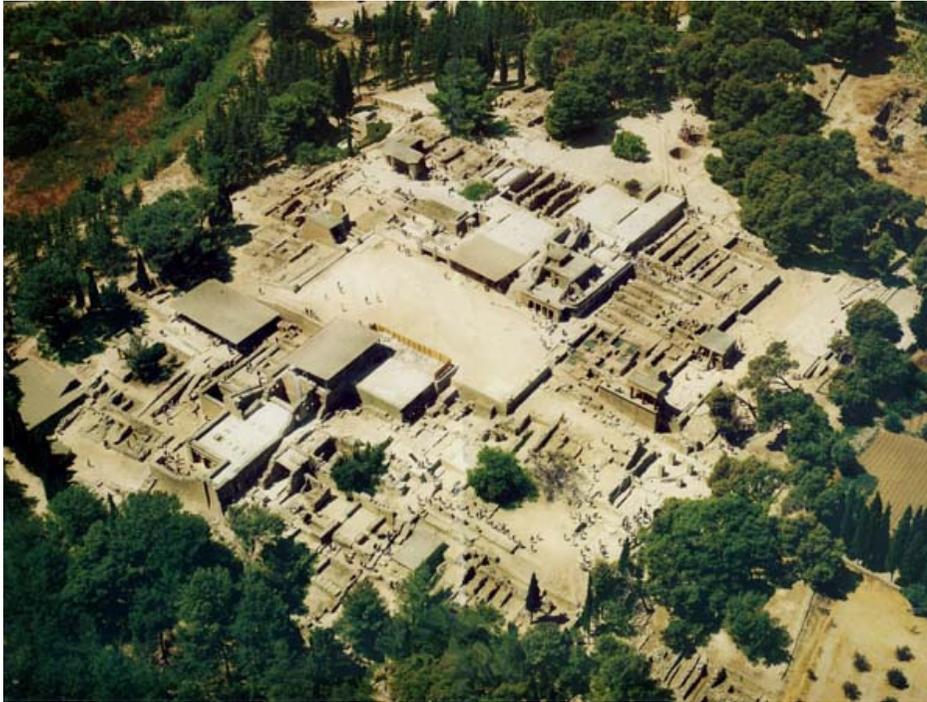
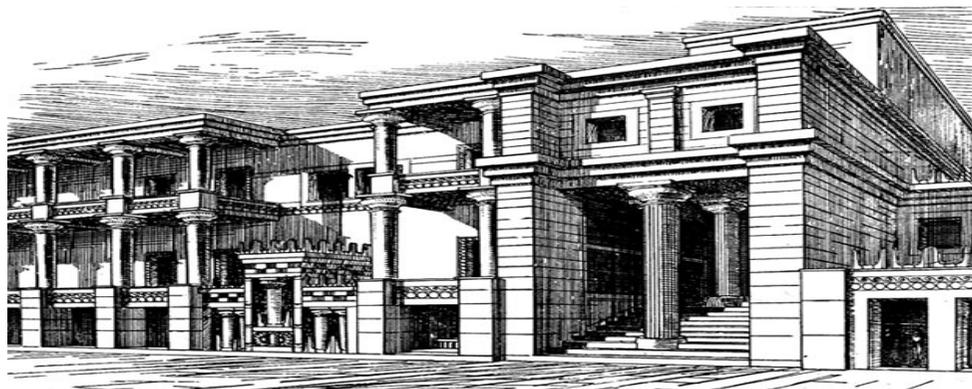


Рис. 4.9. Кносский дворец. Общий вид



План Кносского дворца
 1. Центральный двор, 2. Южный вход, 3. Южный дом, 4. Южные пропилеи, 5. Лестница, 6. Западная пристройка, 7. Западный вход, 8. Западные склады, 9. Святельнище, 10. Тронный зал, 11. Старая крепость, 12. Северный вход, 13. Северный зал, 14. Главная лестница, 15. Склады керамики, 16. Восточный вход, 17. Восточный бастион, 18. Жилой квартал, 19. Дом «Алтарной преграды», 20. Юго-восточный дом

Рис. 4.10. Кносский дворец. План



*Рис. 4.11. Внешний вид Кносского дворца.
Реконструкция*



*Рис. 4.12. Кносский дворец.
Реконструкция*

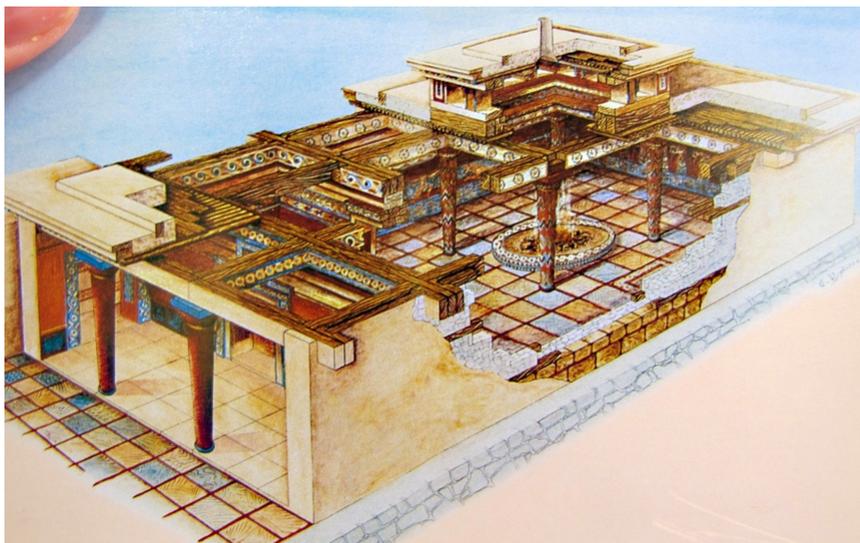


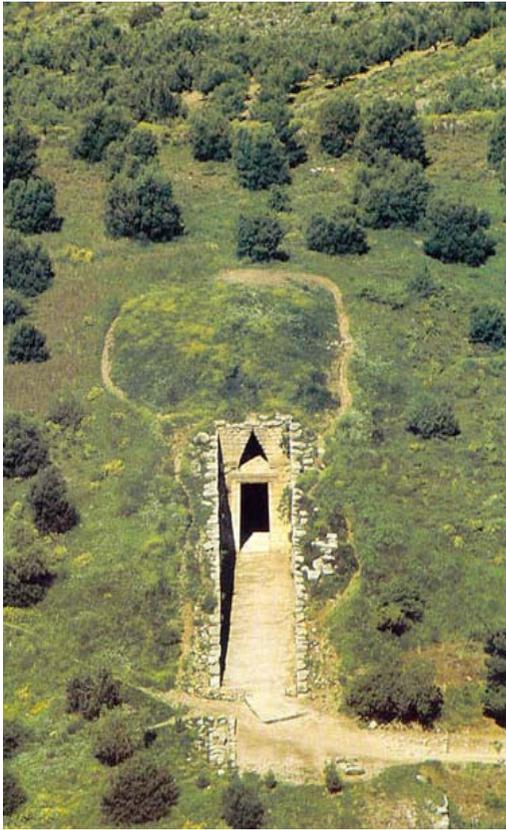
Рис. 4.13. Реконструкция мегарона в Микенах («дворец Агамемнона»)

В начале II тысячелетия до н. э. в Пелопоннесе (Микены, Тиринф и др.) и Средней Греции под сильным воздействием Крита начинает формироваться **микенская культура**, которая, распространившись по всему бассейну Эгейского моря, видоизменилась и впоследствии приобрела новые черты. Это дает основание называть ее крито-микенской культурой.

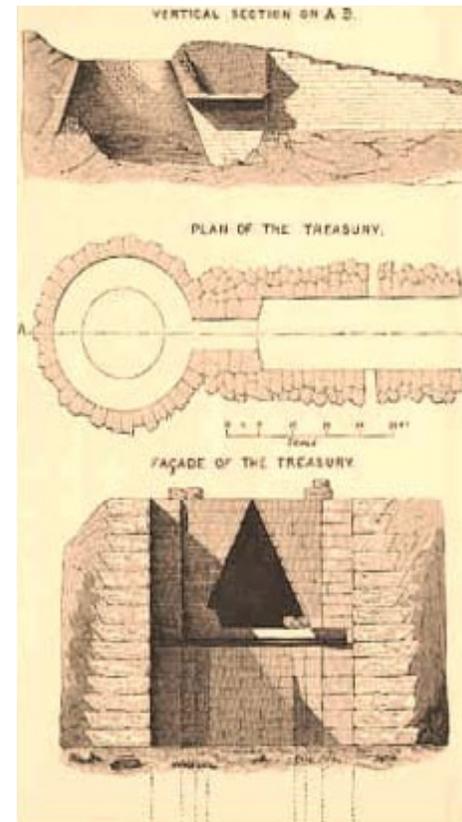
Микенская культура явилась последним этапом развития критской культуры и начальным этапом развития греческой культуры. Памятники микенской культуры в виде **дворцов, погребений, крепостных сооружений** сохранились в Микенах, Тиринфе, Орхомене, Пилосе, Фивах и других городах Пелопоннеса.

Города и поселения Пелопоннеса, в отличие от городов Крита, **возводились вдали от моря и имели мощные оборонительные сооружения в виде стен толщиной до 8 м и башен**, возводимых из огромных грубо отесанных камней способом циклопической кладки. На холме внутри города сооружался акрополь. Дворцы Пелопоннеса имели простую планировку, водопровод и ванны.

Одним из распространенных типов жилища Пелопоннеса был **мегарон** (рис. 4.13), представлявший собой удлиненное, прямоугольное в плане сооружение с открытым помещением (сенями) на торцевой стороне, огражденное с боков стенами, а спереди столбами. За сенями находился зал с очагом посередине. В перекрытии над очагом имелось отверстие для выхода дыма. Впоследствии мегарон послужил прототипом храмов Древней Греции (VIII—VII вв. до н.э.).



*Рис. 4.14. Вход в гробницу
Атрея. Микены*



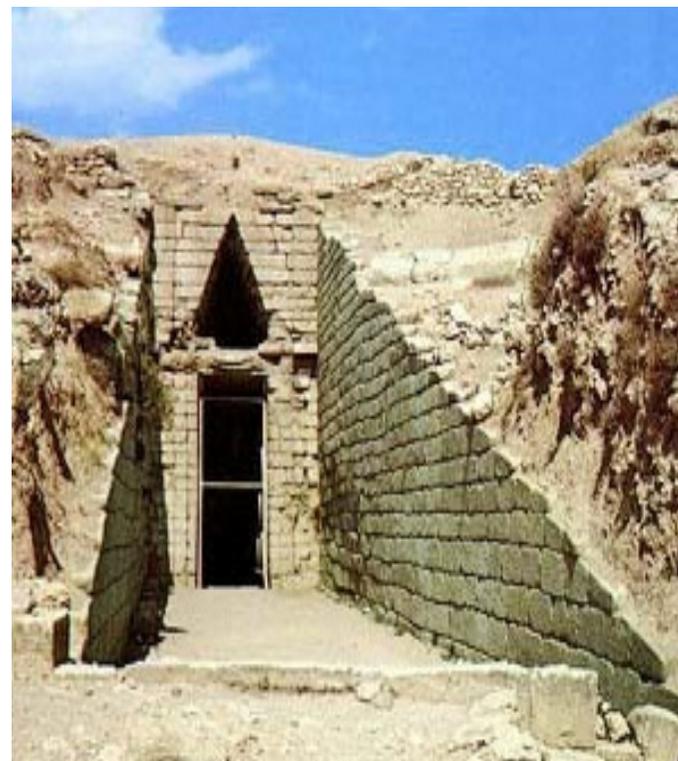
*Рис. 4.15. Микены. План
«Сокровищницы Атрея» XIV в. до н. э.*

Микенские гробницы – это так называемые толосовые* гробницы, круглые по форме, перекрытые ложным сводом (рис. 4.14). Иногда их еще называют купольными гробницами. Снаружи они засыпаны земляной насыпью, а внутри перекрыты подобием купола или свода, который получается потому, что каждый последний слой каменной кладки чуть-чуть выступает за пределы предыдущего, и таким образом концентрические кольца кладки смыкаются на вершине (рис. 4.15–4.18).

* – Толос в древнегреческой архитектуре – круглое в плане сооружение (святилище, гробница, памятник, музыкальный зал), часто с колоннадой.



Рис. 4.16. Купольный свод сокровищницы Атрея



*Рис. 4.17. Вход в гробницу Атрея.
Микены*

*Рис. 4.18. Гробница Атрея.
Микены. Реконструкция*

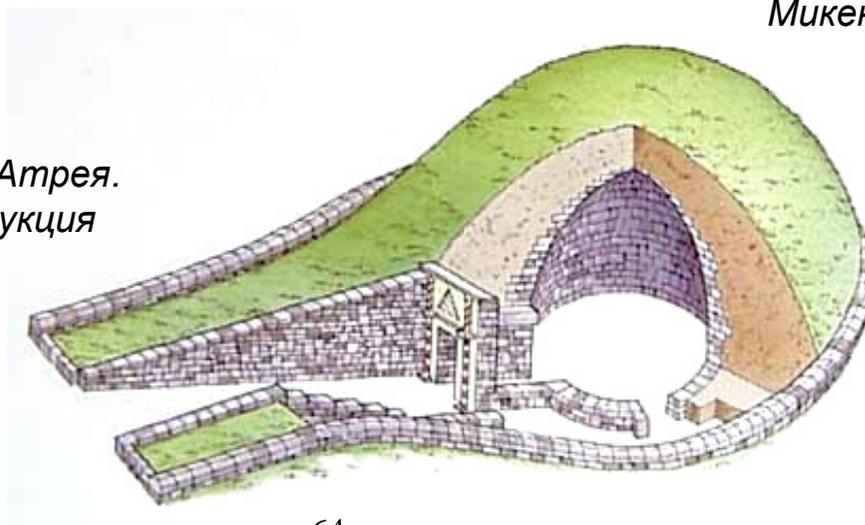




Рис. 4.19. Цитадель Афин – Акрополь

После победы над персами и вытеснения их из бассейна Эгейского моря (500–449 гг. до н. э.) наступил период расцвета Греции. В этот период в Греции создаются замечательные произведения архитектуры, скульптуры и живописи, пользующиеся мировой известностью, **возводятся различные общественные здания (театры, стадионы и т.п.)**, которые впоследствии получили большое распространение в других государствах Европы.

В отличие от городов Древнего Востока, где храмы и дворцы скрывались за стенами и оградами, **центральные ансамбли греческих городов принадлежали городу** и входили как неразделимое целое в его планировку и застройку. В Акрополе – цитадели Афин (рис. 4.19) находились главные храмы и другие общественные здания города, разрушенные в 479 г. отступающими вражескими войсками.

Основным **строительным материалом** в греческой архитектуре был камень, при этом в ранний период в основном использовали более мягкий, легко поддающийся обработке камень, такой как известняк, позднее стали применять мрамор. Например, при строительстве афинского Акрополя в VI в. до н. э. использовался *известняк*. Но новый Акрополь, построенный Периклом, был уже возведен из пентелийского мрамора.

Из камня возводились прежде всего общественные здания.

Жилые дома строились чаще всего из **сырцового кирпича**, но применялся также и обожженный, в основном для украшения зданий. Кирпич использовался и при кладке стен, которые, например, в культовых сооружениях затем облицовывались каменными плитами.

Для сооружения галерей и портиков, при строительстве кровли и перекрытий широко применяли **дерево**. В ранний период деревянными были и колонны храмов, о чем свидетельствует храм Геры в Олимпии, где их со временем заменяли на каменные. В стоечно-балочных конструкциях несущие деревянные балки и бруски дополнялись изделиями из досок в виде сплошных или решетчатых настилов, прокладок, облицовочных плит и т.п.

Из камня возводились и стены, и стоечно-балочная конструкция портиков и галерей. Каменные *квадры*, балки, плиты, монолитные своды и отдельные барабаны колонн подвергались первоначальной обработке в карьерах.

Процесс передвижения камней и установки на место был очень трудоемким. Для этого греки имели в своем распоряжении **блоки, ворота и прочие подъемные приспособления**. Для подъема блоков в них оставлялись выступы или делались гнезда для специальных якорей и крючьев. Часто в боковых гранях камней вырезались пазы, в которые при подъеме и транспортировке вкладывался канат.

Только некоторые из сложных архитектурных элементов, например капители и плиты со скульптурным рельефом, изготавливались заранее. Остальные части окончательно обрабатывались только после их установки. При этом завершающая обработка проводилась в направлении сверху вниз по мере того, как постепенно снимались строительные подмости.

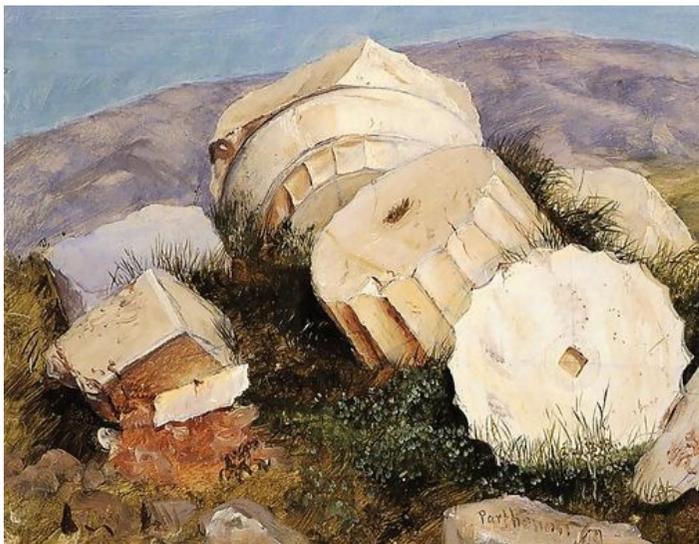


Рис. 4.20. Обломки греческих колонн

Каменную кладку стен и стоечно-балочных конструкций из камня **возводили сухим способом без раствора**, усиление конструкции осуществлялось с помощью шипов или деревянных шпонок. Каменная постройка должна была быть устойчива при землетрясениях, и поэтому каменные блоки сцеплялись в горизонтальной и в вертикальной плоскостях множеством **металлических скоб и штырей**, а также *пиронами*, вставленными в специальные гнезда и залитыми свинцом (рис. 4.20).

Однако **фундаменты** строений обычно выводились не сплошными, а только под стенами и отдельными опорами. Цокольная часть снаружи выкладывалась большими каменными плитами, поставленными на ребро. Колонны складывали из цилиндрических блоков-барабанов, их соприкасающиеся грани тщательно обрабатывались. Особенно ровными были горизонтальные грани – *постели*, через которые передавались вертикальные нагрузки.

Греческая архитектура, до сих пор поражающая благородством своих форм, с конструктивной точки зрения отличалась простотой. Эта система состояла из несущей (стены, колонны) и несомой частей (перемычки, балки, плиты). В **стоечно-балочной конструкции** особенно важным элементом являлась основная балка – *архитрав*, опирающаяся на колонны и воспринимающая вышележащую нагрузку от конструкции кровли. Работая на изгиб, она ограничивала расстояние между колоннами – *интерколумний*. В небольших галереях балка делалась из монолитного блока; в крупных зданиях, начиная с VI в. до н. э., она составлялась из двух или трех поставленных на ребро блоков и позволяла перекрывать пролеты до 4–4.5 м.



Рис. 4.21. Парфенон – наиболее известный памятник античной архитектуры, расположенный на афинском Акрополе, главный храм в древних Афинах (построен в 447–438 до н. э.)

Для возведения величественных и грандиозных ансамблей и отдельных сооружений требовались высококвалифицированные техники-строители. Касаясь этого вопроса в трактате об архитектуре, Витрувий (римский архитектор, живший в I в. до н. э.), показывает, что **греческий строитель был самым образованным техником своего века**. Помимо общей грамоты, он должен был хорошо рисовать, изучить геометрию, всесторонне знать историю, быть знакомым с философией, музыкой, медициной, астрономией и юриспруденцией (рис. 4.21).

Глава 5. Строительное искусство древних римлян

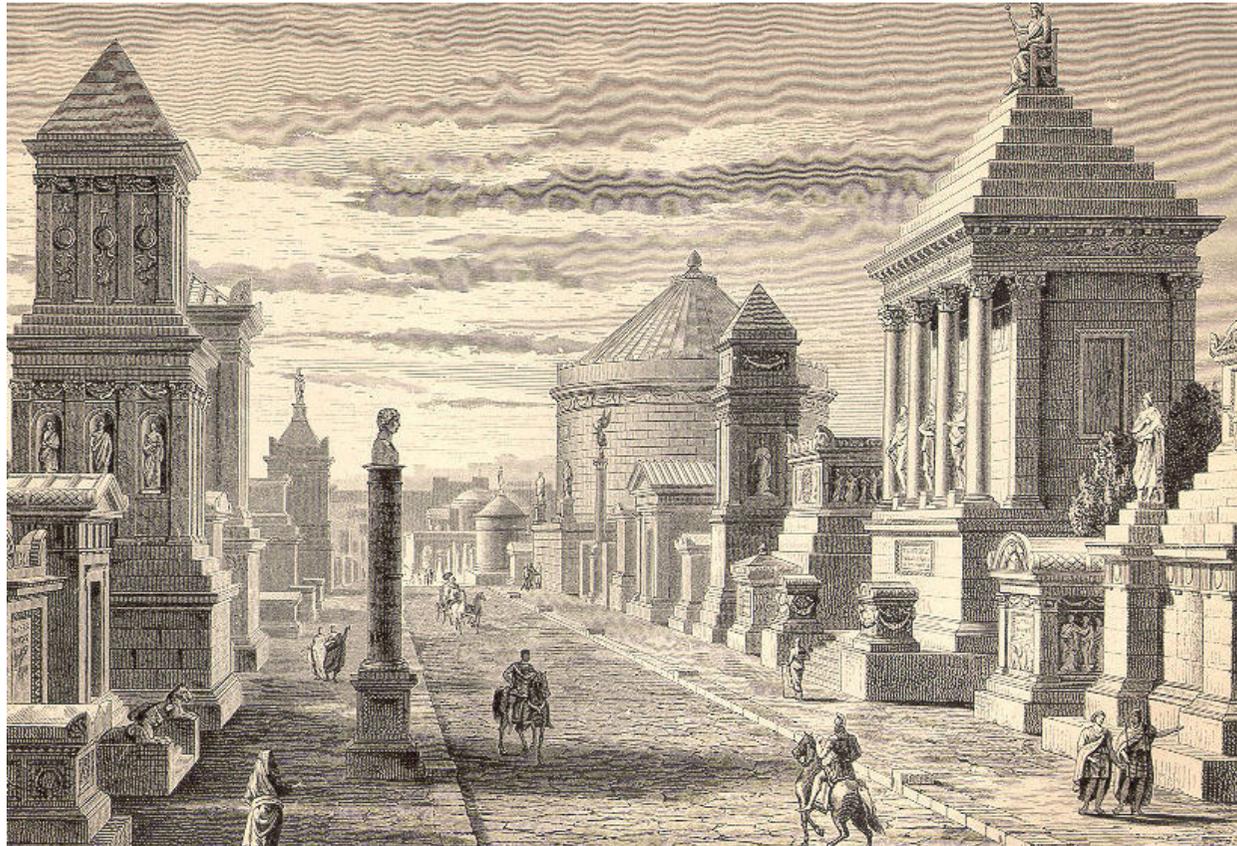




Рис. 5.1. Карта Римской Империи. 2 в. н.э.



Рис. 5.2. Капитолийская волчица

Зародившись в виде небольшого военного поселения на Палатине* в середине VIII в. до н. э., **Древний Рим** постепенно превратился в политический и культурный центр всего древнего мира. Его небольшая первоначально территория разрослась с течением веков в огромную и могущественную империю с сотнями миллионов жителей (рис. 5.1–5.2).

Внешняя политика характеризовалась непрерывными войнами и основывалась на знаменитом принципе «разделяй и властвуй».

* Палатин – меньший из семи главных холмов Рима после Капитолия. По преданию здесь возник древний Рим: на Палатине были вскормлены волчицей Ромул и Рем.

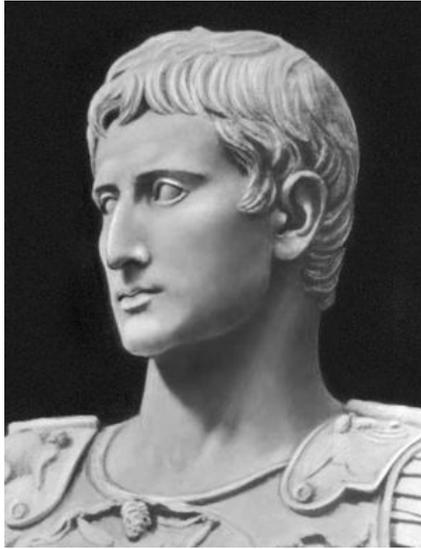


Рис. 5.3. Август-Октавиан, первый римский император (27 г. до н. э. – 14 г. н. э.)



Рис. 5.4. Клавдий I (1 августа 10 до н. э. – 13 октября 54 н. э.)

Строительное искусство Римской империи основывалось на знаниях и опыте греческих мастеров.

Архитектура римлян отличалась особой монументальностью и пышностью, римские зодчие вкладывали в нее образ великой и непобедимой Римской империи. В то же время в отличие от греческой архитектуры, символами которой стали храмовые сооружения, римская архитектура была утилитарная и прежде всего предназначалась для практических нужд населения.

Наиболее блестящий период римского строительного искусства попадает на I-II века н. э. А расцвет архитектуры начинается со становления Римской империи в 27 г. до н. э. и неразрывно связан с тем периодом, когда при первом императоре Октавиане-Августе началось **применение в строительстве бетона** (рис. 5.3). В это время появляется большое количество новых видов зданий: базилики, цирки, публичные библиотеки, а также возникает такой тип сооружений, как триумфальная арка.

При императоре Клавдии – строится ряд утилитарных построек (рис. 5.4).

В 49 г. Клавдий возводит грандиозный водопровод общей длиной 69 км, из которых 15 км проходили под землей, в том числе по акведуку, названному его именем (рис. 5.5).

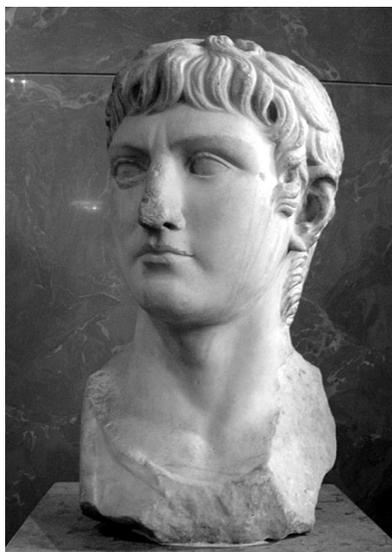
Другая его постройка – большая гавань в Остии (рис. 5.6) и, наконец, – обширный водоем с плотиной для спуска вод Фуцинского озера. Причем для этой цели был прорыт туннель длиной в 5640 м – случай уникальный в строительной практике того времени.



Рис. 5.5. Акведук Клавдия



Рис. 5.6. Гавань в Остии. Реконструкция



*Рис. 5.7. Друз Клавдий Нерон
(14 января 38 г. до н. э. – 9 г. до н. э.)*

В 64 г. н. э. в Риме вспыхнул страшный опустошительный пожар, продолжавшийся девять дней.

После пожара перестройка Рима коснулась не только центра города, где начали возводить золотой дворец императора Нерона, но и всей прилегающей к дворцу территории. Улицы были выровнены и расширены.

После пожара Нерон (рис. 5.7) запретил употребление дерева в стенах, уменьшил высоту зданий, отдал распоряжения выравнивать дома по фасаду портиков, приказал строить дома на некотором расстоянии друг от друга и при них делать просторные дворы.



Рис. 5.8. «Золотой дом» Нерона – дворцово-парковый комплекс



Рис. 5.9. «Золотой дом» Нерона – вид изнутри

«Золотой дом» Нерона (рис. 5.8, 5.9) начал строиться после разрушительного пожара 64 г. н. э. Это крупнейшая по площади и непревзойденная по мощности и роскоши городская резиденция монарха, когда-либо существовавшая в Европе. После гибели Нерона в 68 г. недостроенный дворец был заброшен, затем сгорел.

Архитектура времен Флавиев (69–96 гг. н. э.) представляет собой один из самых блестящих периодов строительного искусства Римской империи.

Был восстановлен сгоревший Капитолий, построен храм Мира, дворец Флавиев на Палатине и огромный амфитеатр – Колизей (рис. 5.10–5.11).

Форум Веспасиана (Храм Мира) – один из императорских Форумов Рима, построенный императором Титом Флавием Веспасианом в честь победы в Иудейской войне.

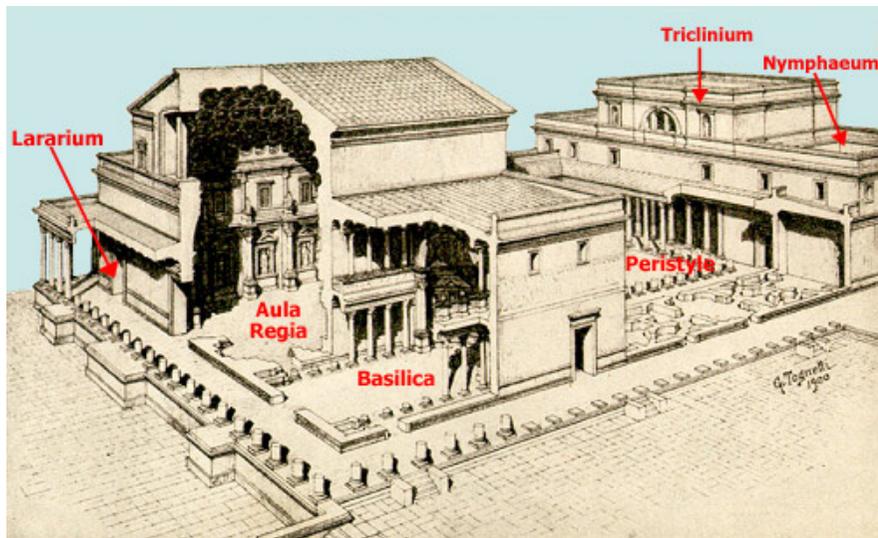


Рис. 5.10. Дворец Флавиев

Колизей (от лат. *colosseus* – громадный, колоссальный) или амфитеатр Флавиев – амфитеатр, одна из самых больших арен, памятник архитектуры Древнего Рима. Строительство велось на протяжении 8 лет, в 72–80 гг. как коллективное сооружение императоров династии Флавиев.

Находится в Риме, в ложбине между Эсквилинским, Палатинским и Целиевским холмами, на том месте, где был пруд, относившийся к Золотому Дому Нерона.



Рис. 5.11. Римский Колизей (72–80 гг. н.э.)



Рис. 5.12. Мемориальная арка императора Тита

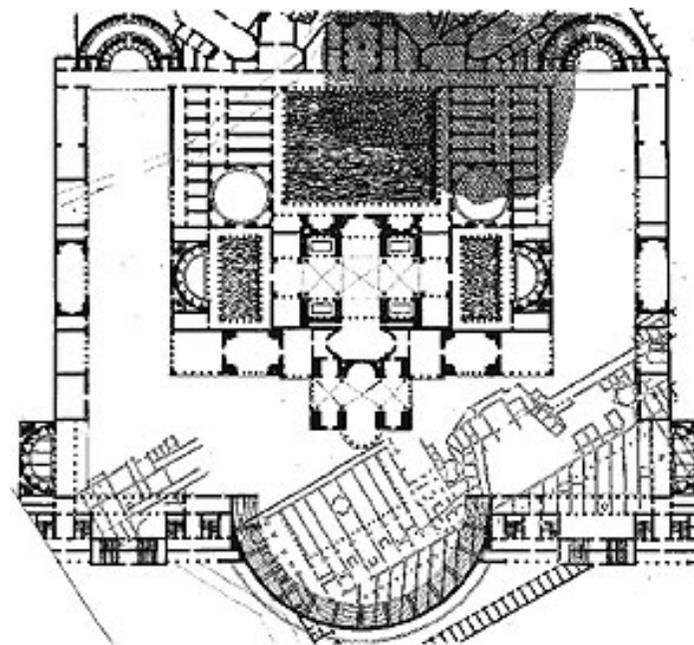


Рис. 5.13. Термы Тита



Рис. 5.14. Римский император Тит (39 г. н.э. – 81 г. н.э.)

Император Тит (79–81 гг.) приказывает возвести в Риме несколько терм, громадную мемориальную арку, названную его именем, и грандиозный дворец на Палатине (рис. 5.12–5.15).



Рис. 5.15. Развалины императорского дворца на Палатине



Рис. 5.16. Мост Траяна через Дунай. Реконструкция



Рис. 5.17. Остатки моста Траяна

В 102 г. для контроля над Даккией в период правления Траяна мастером-строителем Аполлодором из Дамаска был построен большой каменный мост с бетонными опорами через Дунай (рис. 5.16–5.17).

Помимо моста талантливый инженер Римской империи выстроил ряд крупных и сложных в конструктивном отношении сооружений, таких как форум Траяна, цирк и термы в Риме, названные именем императора. Ему приписывают строительство одного из самых красивых и выдающихся сооружений мирового зодчества — бетонного Пантеона в Риме (рис. 5.16–5.24).



Рис. 5.18. Рынок Траяна – руины торговых зданий на форуме Траяна в Риме

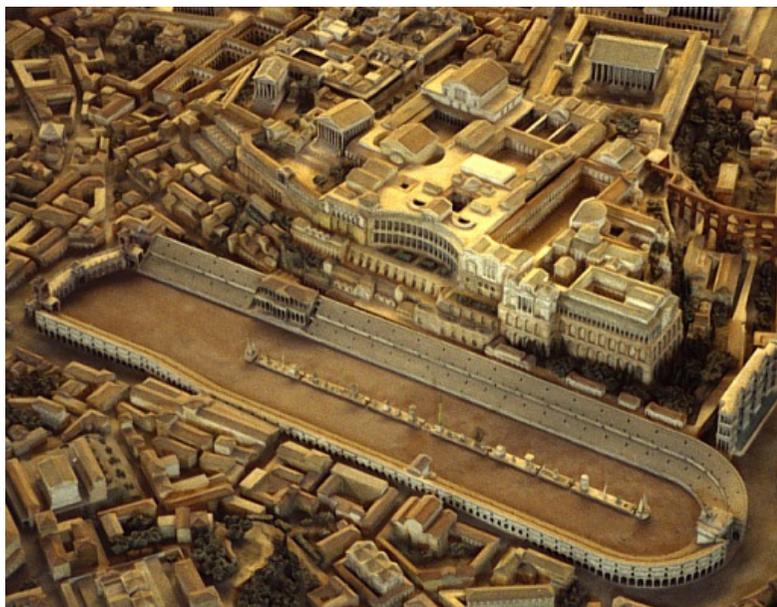
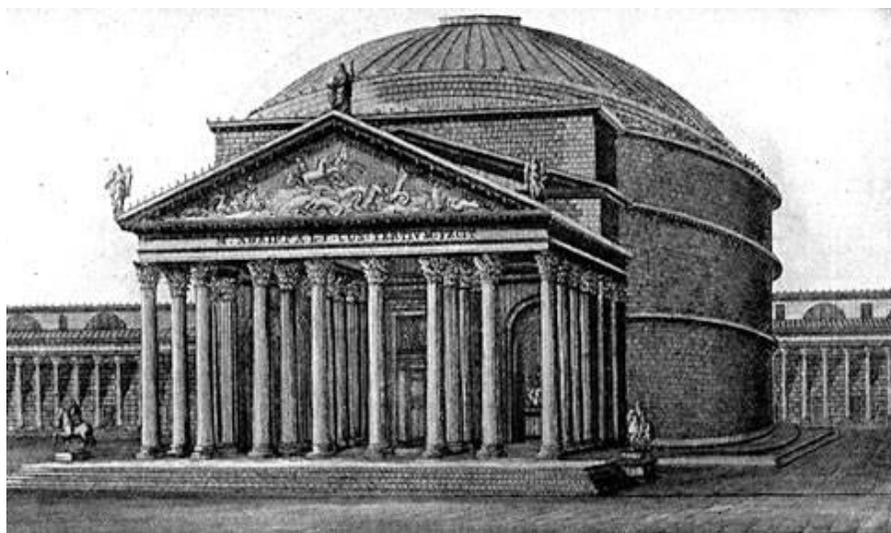


Рис. 5.19. Древний (Большой цирк)



*Рис. 5.20. Термы в Риме. Центральный блок.
Реконструкция*



*Рис. 5.21. Пантеон (храм во имя всех богов).
Архитектор Аполлодор Дамасский*



*Рис. 5.22. Пантеон в Риме. Около 125 г. н.э.
Интерьер*

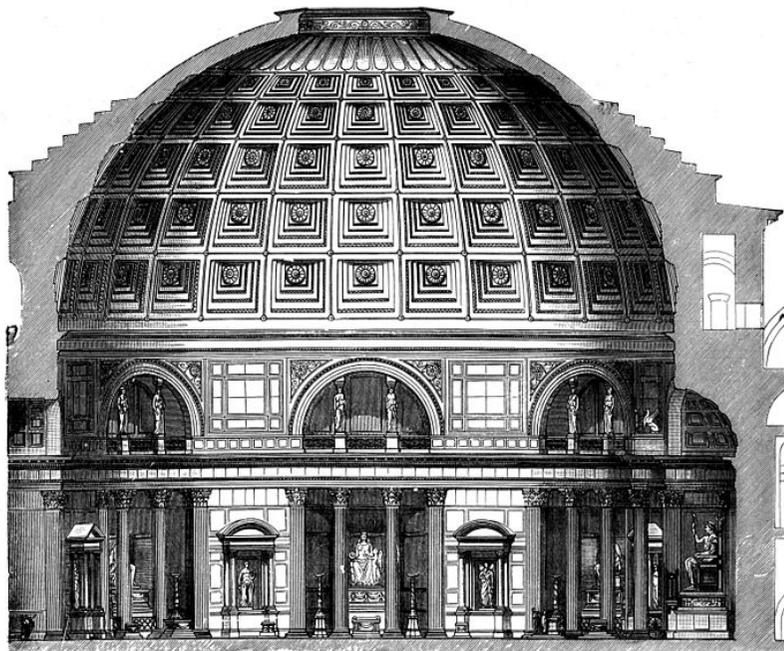


Рис. 5.23. Купол римского Пантеона. Реконструкция

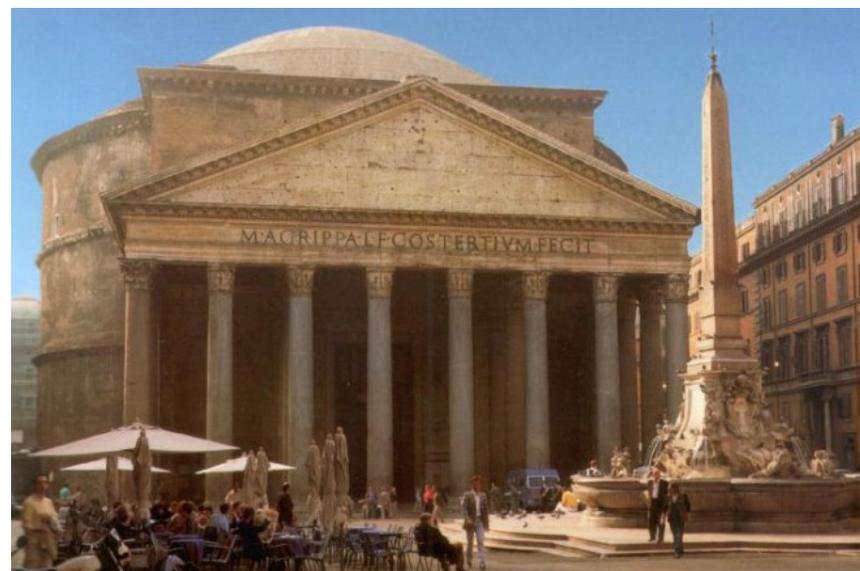
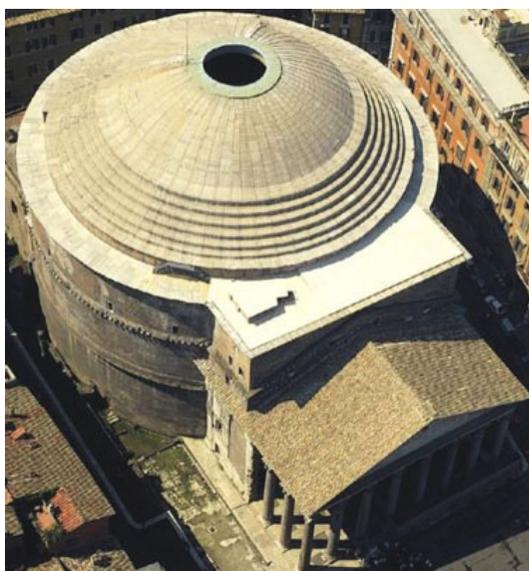


Рис. 5.24. Римский Пантеон



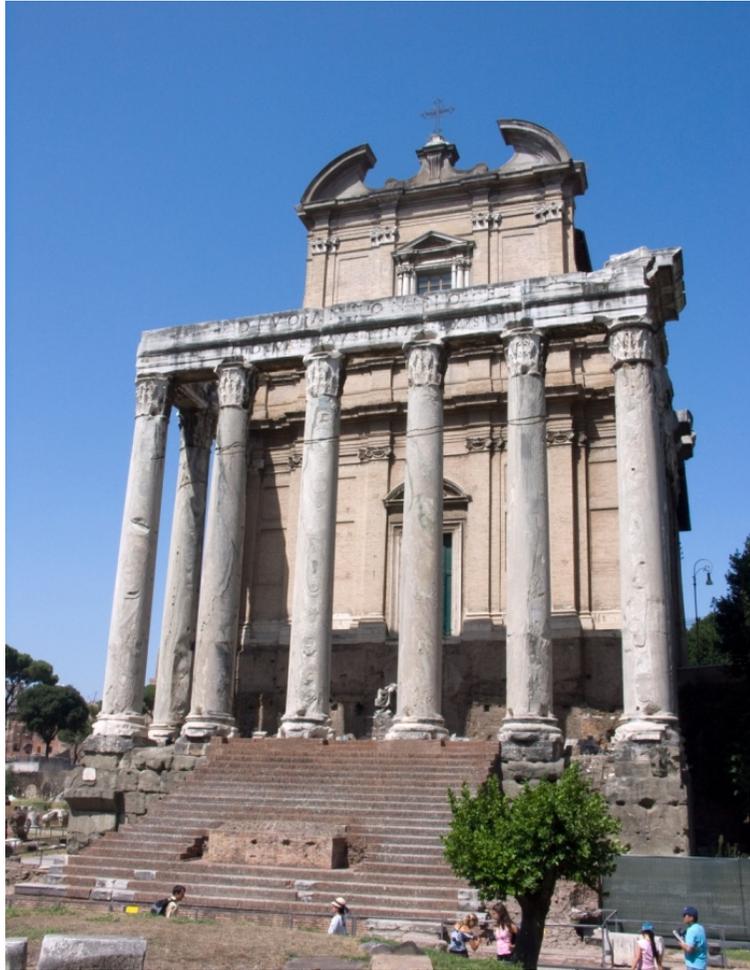
Рис. 5.25. Адриан – древнеримский император в 117–138 годах



Рис. 5.26. Крепость Сан Анжело (Мавзолей Адриана)

Адриан (рис. 5.25) принимал участие в строительстве не только как организатор, но и как архитектор и инженер-строитель. Большую часть своей жизни он провел в поездках по империи. Адриан посетил все римские провинции, был большим поклонником греческой культуры, восхищался мастерством египетских художников. На склоне лет он приказал построить в городе Тибуре близ Рима загородную виллу с бетонными стенами и воспроизвести там в миниатюре все то, что так поразило его во время путешествий.

В 132 г. Адриан начал сооружать для себя грандиозный мавзолей и мост к нему, перекинутый через Тибр. Строительство этих сооружений было закончено в 139 г. (рис. 5.26).



*Рис. 5.27. Храм Антонина и Фаустины
(В XI в. храм переделали в церковь
св. Лаврентия)*

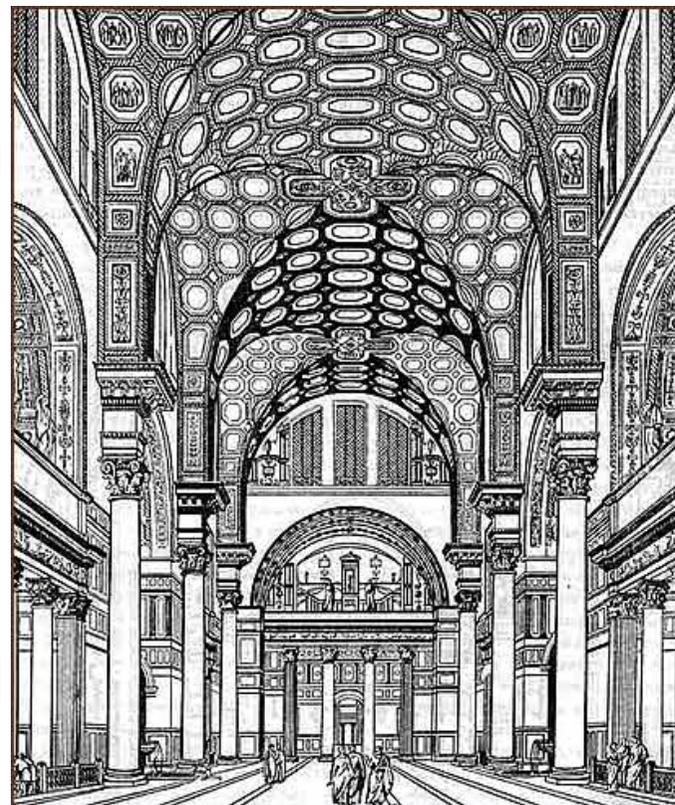


*Рис. 5.28. Колонна Марка Аврелия
(Высота колонны составляет 29,6 м,
её пьедестала — 10 м)*

Строительная деятельность ближайших преемников Адриана не была такой оживленной. Из наиболее значительных сооружений можно назвать храм в честь жены императора Антонина Пия и колонну, носящую имя Марка Аврелия (рис. 5.27–5.28).



Рис. 5.29. Арка Септимия Севера



*Рис. 5.30. Термы Каракаллы в Риме.
Начало III в. Интерьер*

В 203 г. в ознаменование побед над парфянами и арабами в Риме сооружается на мощном бетонном фундаменте триумфальная арка Септимия Севера высотой 23 и шириной 25 м. Архитектура этого периода отличается богатством декоративного убранства, придающего постройкам парадный облик (рис. 5.29).

При императоре Каракалле (211–217 гг.) в Риме строятся самые грандиозные и красивые за всю историю существования города термы, где в качестве основного строительного материала использовался бетон. Весь комплекс зданий занимал 16 га и был закончен немногим более чем за четыре года.



Рис. 5.31. Римские термы. Интерьер. Реконструкция

В III в. н. э. для архитектуры римской империи был характерен повышенный **интерес к декоративному началу, грандиозному масштабу**. К этому периоду относятся постройки грандиозных имперских терм в Риме (рис. 5.31).

Римские термы представляли собой обширные комплексы, где внутри прямоугольного двора с примыкающими к нему помещениями библиотек и лекционных залов располагалось здание с центральным пространством (*тепидарий*), перекрытым куполом. К нему примыкали помещения горячей (*кальдарий*) и холодной (*фригидария*) бань. Кроме того, имелся еще целый ряд помещений для развлечений и игр. Все залы и комнаты обогревались теплым воздухом, поступавшим по специальным каналам, которые устраивались под полом и в стенах зданий.

Пользование банями было бесплатным и любой гражданин мог их посещать и днем, и ночью. Во II в. в Риме было построено около 70 общественных бань. К наиболее крупным относятся термы Каракаллы (рис. 5.32) и Диоклетиана (ок. 305 г. н.э.)

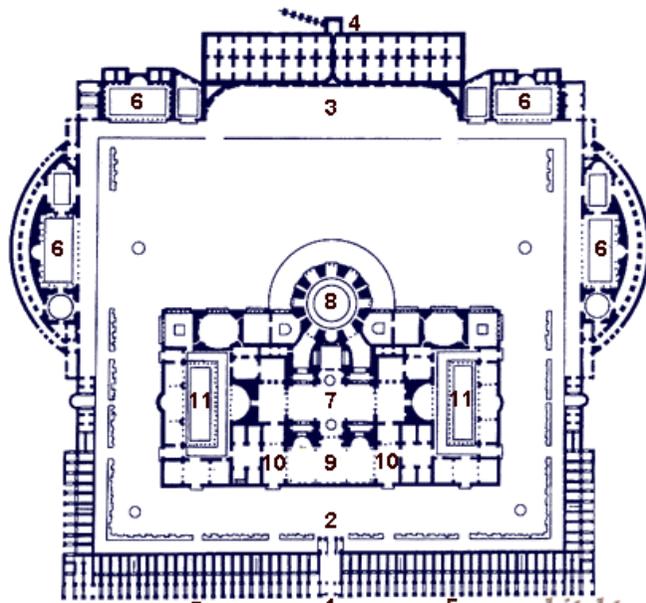


Рис. 5.32. Термы Каракаллы, 206—216 гг. План. Аксонометрия:

1 – вход, 2 – двор, 3 – место для проведения соревнований, 4 – места для зрителей, 5 – кабины, 6 – залы библиотеки, 7 – тепидарий, 8 – кальдарий, 9 – фригидарий, 10 – вестибюли, 11 – перистилы

Возведение столь грандиозных сооружений стало возможным благодаря большому опыту, накопленному римскими архитекторами, строителями в создании бетонных сводов и куполов.

В строениях римских терм эти конструктивные формы образуют сложную пространственную структуру, взаимодействуя друг с другом. Один из центральных залов терм обычно **проектировался круглой формы и перекрывался куполом**. Зачастую перекрытие центрального зала представляло собой три смежных крестовых свода пролетом до 25 м, опиравшихся на поперечные устои, между которыми были перекинуты цилиндрические своды.

Длинные анфилады больших и малых залов со сложным интерьером, роскошной отделкой поражали посетителей. Благодаря ордерным элементам и членениям сводов достигался зрительный эффект легкости конструкции. Во многом благодаря широкому использованию в зданиях римских терм купольных покрытий получила дальнейшее развитие композиция типа **ротонды**, в которой купольная форма стала доминирующей.



Рис. 5.33. Амфитеатр в Вероне

Ко времени правления Диоклетиана относится сооруженный в 290 г. амфитеатр в Вероне – здание, напоминающее по типу и размерам Колизей в Риме (рис. 5.33). В 305 г. сооружены громадные бетонные термы Диоклетиана. Они вмещали одновременно 3200 человек и являлись самым крупным сооружением такого типа, созданным за всю историю римского строительства.

При императоре Константине 11 мая 330 г. произошло торжественное освящение новой столицы римской империи, которая получила название Константинополь. Она быстро стала застраиваться, украшаться великолепными зданиями и произведениями искусств, перевезенными из Рима и Греции.

В конце IV в. возникает новый социально-политический кризис. Параллельно усиливается напор варваров на границы государства. Огромные массы гуннов, аланов и готов двинулись из прикаспийских степей на Запад. 24 августа 410 г. вечный город пал.

Основным письменным источником, по которому мы можем судить о состоянии строительной науки и строительного дела в Древнем Риме, является труд Витрувия «Десять книг об архитектуре», написанный между 27 и 14 г. до н. (рис. 5.34). Высказывание Витрувия о том, что **сущность архитектуры составляют «польза, прочность, красота»**, остается актуальным и по сей день.



В трактате описываются:

- правила построения ордеров,
- военные осадные машины,
- строительство деревянных сооружений,
- римский бетон,
- приемы римской кирпичной кладки,
- противопожарные мероприятия,
- применение пигментов - красителей,
- контроль качества материалов,
- акустика театральных зданий и прочее.

Рис. 5.34. «10 книг об архитектуре», автор Марк Витрувий Поллион, римский архитектор и инженер (10–15 гг. до н. э)

По сохранившимся письменным источником известно, что Витрувий получил архитектурное образование и под руководством Юлия Цезаря принимал участие в постройке военных машин. Позднее, будучи военным инженером, самостоятельно занимался разработкой и созданием баллист и других осадных орудий. Среди воплощённых проектов Витрувия наиболее значимыми являются **базилика (машина для метания камней) в Фано и конструкции римского акведука**. Витрувий также является автором эргономической системы пропорционирования, позднее получившей распространение в изобразительном искусстве и архитектуре под названием **«Витрувианский человек»**.

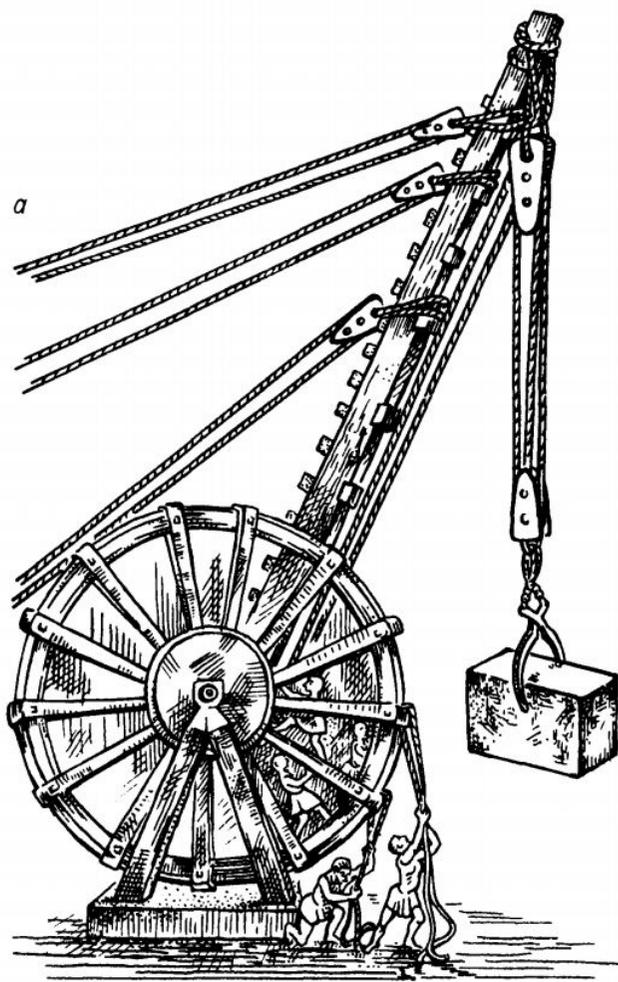


Рис. 5.35. Подъемный кран

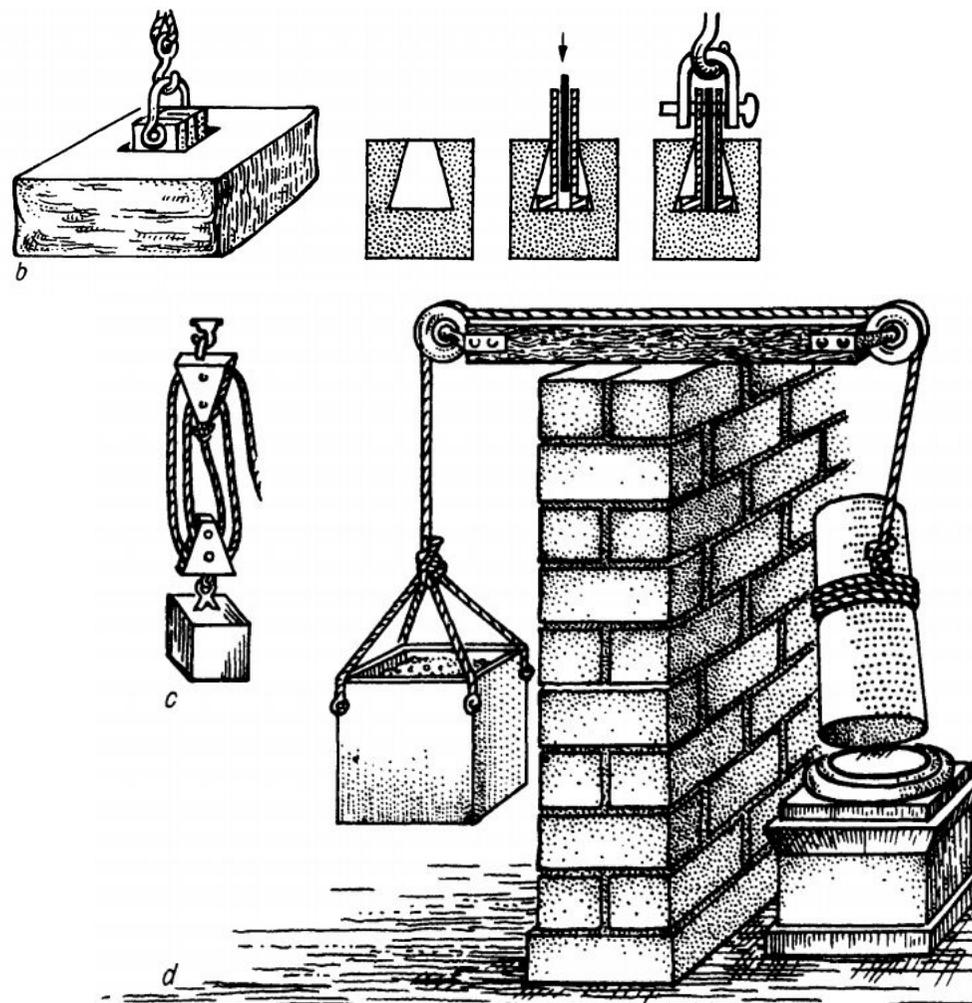


Рис. 5.36. Полиспаст Герона

Достаточно подробно в книге Витрувия описываются **перемещение и поднятие тяжестей с помощью механизмов**. Очевидно, что подъем строительных материалов был одной из основных проблем в строительстве. На основе письменных и графических сведений, дошедших до нас, была создана реконструкция **римского подъемного крана (рис. 5.35)**. Общий замысел совпадал с **полиспастом Герона (рис. 5.36)**.

Римские коллегии

Руководствуясь письменными источниками, мы можем судить об организации труда в Древнем Риме. Известно, что заготовители камня, извести, леса и рабочие многих других категорий входили в строительные коллегии. При этом каждая коллегия объединяла специалистов только одной профессии, например, только плотников или только бетонщиков.

В коллегиях существовали свои **уставы, касса с «членскими взносами», мастерские, склады инвентаря и продовольствия**. В конце года деньги, оставшиеся в кассе от «членских взносов», делились между ее членами.

Члены коллегии получали от государства земельные наделы, что являлось одной из форм компенсации их труда. В устав коллегии были включены пункты о запрещении принимать в свой состав мастеров другого профиля, положения о взносах и о дележе денег.

Члены коллегии были связаны круговой порукой, обязанностью сына следовать профессии отца. За уклонение от повинностей они подвергались таким же преследованиям, как и беглые рабы.

Коллегиям было предоставлено право иметь любое внутреннее устройство при условии, что оно ни в чем не нарушит общегражданских законов. Поэтому каждая коллегия имела право собраний, где определялась вся политическая, экономическая и культурная жизнь. Там же **выбирались сроком на пять лет председатели**, называвшиеся патронами или магистрами, технические руководители, надсмотрщики и табельщики. Списки членов коллегий также пересматривались каждые пять лет.

Внутри коллегии делились на **центурии (100 чел.) и декурии (10 чел.)**, во главе которых стояли начальник и старший мастер. Над коллегиями сверху, и, по-видимому, без вхождения в их состав, стояло несколько начальников, руководивших общественными работами. Главным среди них был государственный заказчик, в роли которого мог выступать консул, цензор, претор, эдил и т.п. Он заключал договор между обеими сторонами и выдавал «наряд» на выполнение работ. В главное начальство входили также куратор, следивший за общим состоянием работ, подрядчик, отвечающий за сроки и качество выполнения работ, и архитектор, который одновременно выполнял роль и проектировщика, и главного инженера строительства. При этом есть сведения, что подрядчик отвечал за возложенные на него обязанности своим имуществом.

Во время правления Юстиниана (527—565 гг.) был разработан кодекс, по которому выделялись средства на текущее содержание общественных зданий.

В кодексе также оговаривались обязанности специального чиновника, который должен был систематически инспектировать здания с целью проведения профилактических и ремонтных работ. При этом он наблюдал за восстановительными работами и сметой на их ремонт. В его функции входило назначение кураторов по выполнению его отдельных поручений.

Во времена Витрувия уже знали и учитывали такой важный показатель зданий и сооружений, как **их долговечность**, которая назначалась главным образом **в зависимости от материала стен**. Так, по Витрувию для зданий с каменными стенами долговечность была определена в 80 лет (кн. II, гл. 8).

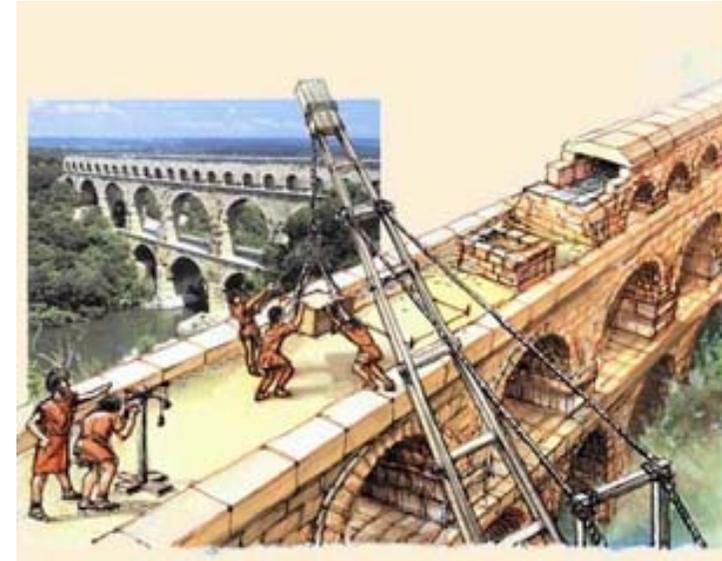


Рис. 5.37. Строительство акведука. Реконструкция

Античные правила проектирования сооружений

По археологическим источникам известно, что уже при **Витрувии** в основе проектирования зданий и сооружений лежал главный принцип — **придание постройке необходимого запаса прочности**.

При этом сами требования к прочности Витрувий сформулировал в виде ряда положений и правил. Так, он писал, что **при закладке фундамента зданий необходимо «...копать ров до материка, да и в самом материке на глубину, соответствующую размерам возводимой постройки и шириною больше будущих подземных стен, и заполнять его самой основательной каменной кладкой»** (кн. I, гл. 5).

При возведении крепостных стен **«...сквозь всю толщу стен должны как можно чаще закладываться брусья из обожженного маслиничного дерева, чтобы стена, связанная с обеих сторон этими брусьями, как скрепами, навеки сохранила свою прочность»** (кн. I, гл. 5).

Мотивируя соотношение между диаметром и высотой колонн, он пишет: «...размышляя, каким способом их (колонны) сделали так, чтобы они были пригодны для поддержания тяжести и обладали правильным и красивым обликом, они измерили след мужской ступни по отношению к человеческому росту и, найдя, что ступня составляет шестую долю, применили это соотношение к колонне, и сообразно с толщиной основания ее ствола, вывели ее высоту в шесть раз больше, включая сюда и капитель. Таким образом, дорийская колонна стала воспроизводить в зданиях пропорции, крепость и красоту мужского тела» (кн. IV, гл. I).

Далее Витрувий продолжает: «...надо озаботиться облегчить нагрузки стены посредством сводов из клинчатых камней... Ведь если над перемычками или притолоками будут клинчатые арки, то, во-первых, от облегчения нагрузки дерево не будет прогибаться, а, во-вторых, при какой-нибудь порче от ветхости его можно будет легко заменить без устройства подпорок».

Кроме советов о запасах прочности сооружений в трактате Витрувия имеется ряд предосторожностей «...Особое внимание, – говорит он, – должно быть обращено на фундаменты, потому что земляная засыпка может причинить им безмерный вред. Она ведь не может всегда сохранять одинаковый вес, обычный для нее летом, но в зимнее время, впитав в себя обилие дождевой воды, она и своим весом, и своим объемом разрушает и распирает каменную кладку фундамента».

Началу строительных работ, как было принято, предшествовало представление архитектором сметы, имеющей форму договора между заказчиком и подрядчиком, а при строительстве ответственных сооружений – между сенатом или императором и строительной коллегией.

В сметах, как правило, перечисляли все виды работ, связанные с возведением данного сооружения. При этом предусматривались мельчайшие подробности, благодаря чему они служили еще и инструкцией для рабочих.

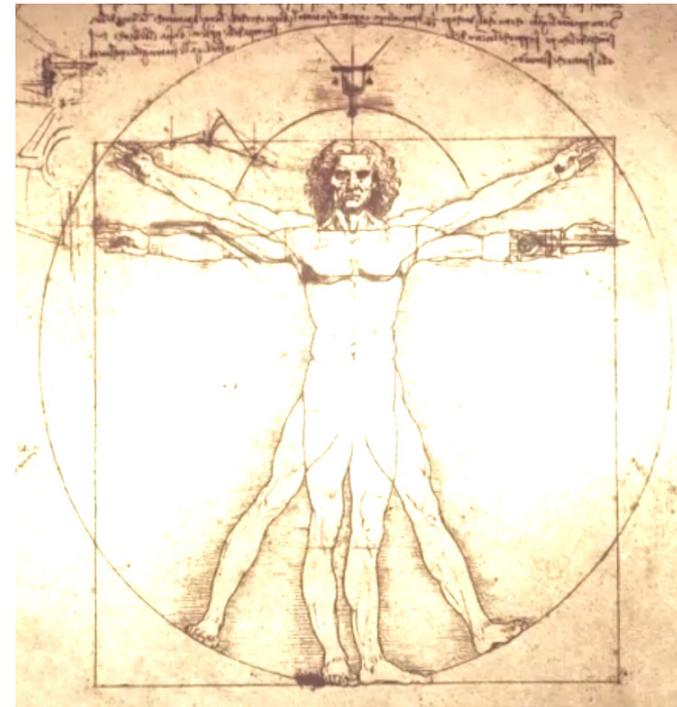


Рис. 5.38. "Витрувианский" человек

Строительные материалы в Древнем Риме

Основными материалами являлись естественные камни, древесина, сырцовый, а затем и обожженный кирпич, песок и галька, применявшиеся в растворе и бетоне.

Строительство из дерева

Во времена расцвета Римской империи территория Италии была еще богата лиственными лесами. Здесь росло много **дубовых и буковых деревьев, клена, тополя, ольхи и цитрусовых**. Однако с ростом могущества Древнего Рима леса нещадно истреблялись, что впоследствии отразилось не только на экономике страны, но и на ее климате.

Еще древние греки классифицировали лесоматериалы на три группы.

По описанию Теофраста, древнегреческого ученого и первого на земле ботаника, – «...лесной материал бывает пиленный, тесаный и круглый. Пиленный получается от распиливания пилою, тесаный – путем удаления наружных частей посредством топора, круглый оставляется нетронутым. Из них пиленный почти никогда не дает трещин, потому что открытая сердцевина высыхает и умирает».

Дерево широко применялось как конструкционный материал в качестве стоек, колонн, настилов, ферм при перекрытиях больших пространств в зданиях или пролетах между быками мостов там, где это было необходимо (рис. 5.39).

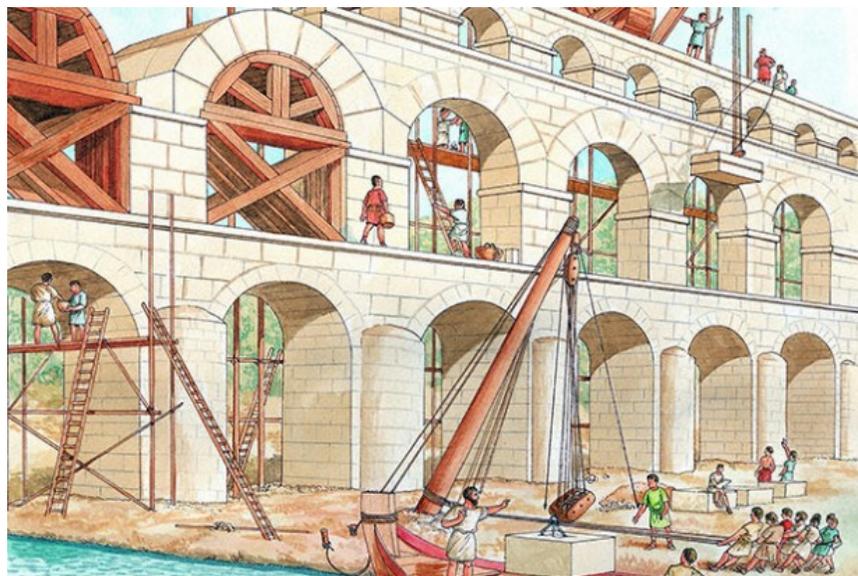


Рис. 5.39. Строительство акведука. Реконструкция

Не менее широко древесина использовалась как **вспомогательный материал в виде сложной опалубки и кружал** при строительстве сводов и куполов из бетона, **для изготовления строительных лесов, подмостей, лестниц и других подобных устройств**. Наиболее ценные сорта древесины применялись исключительно в качестве отделочных материалов.

Широко использовалась фанера, которую, по словам Плиния Старшего, нарезали из клена, бука, тополя, наплывов от ольхи, корней бузины, черного и цитрусовых деревьев.

Юлий Цезарь в книге «Галльская война» описал строительство всего за десять дней деревянного моста длиной 400 м через Рейн. По описаниям и рисунку (рис. 5.40) видно, что сначала с помощью копра, использующего силу падающей тяжелой «бабы», с плотов были забиты в дно реки столбы-сваи квадратного сечения (450 x 450 мм). Пары свай размещались через 12 м. Между сваями укладывались поперечные балки, по которым устраивалась конструкция настила.

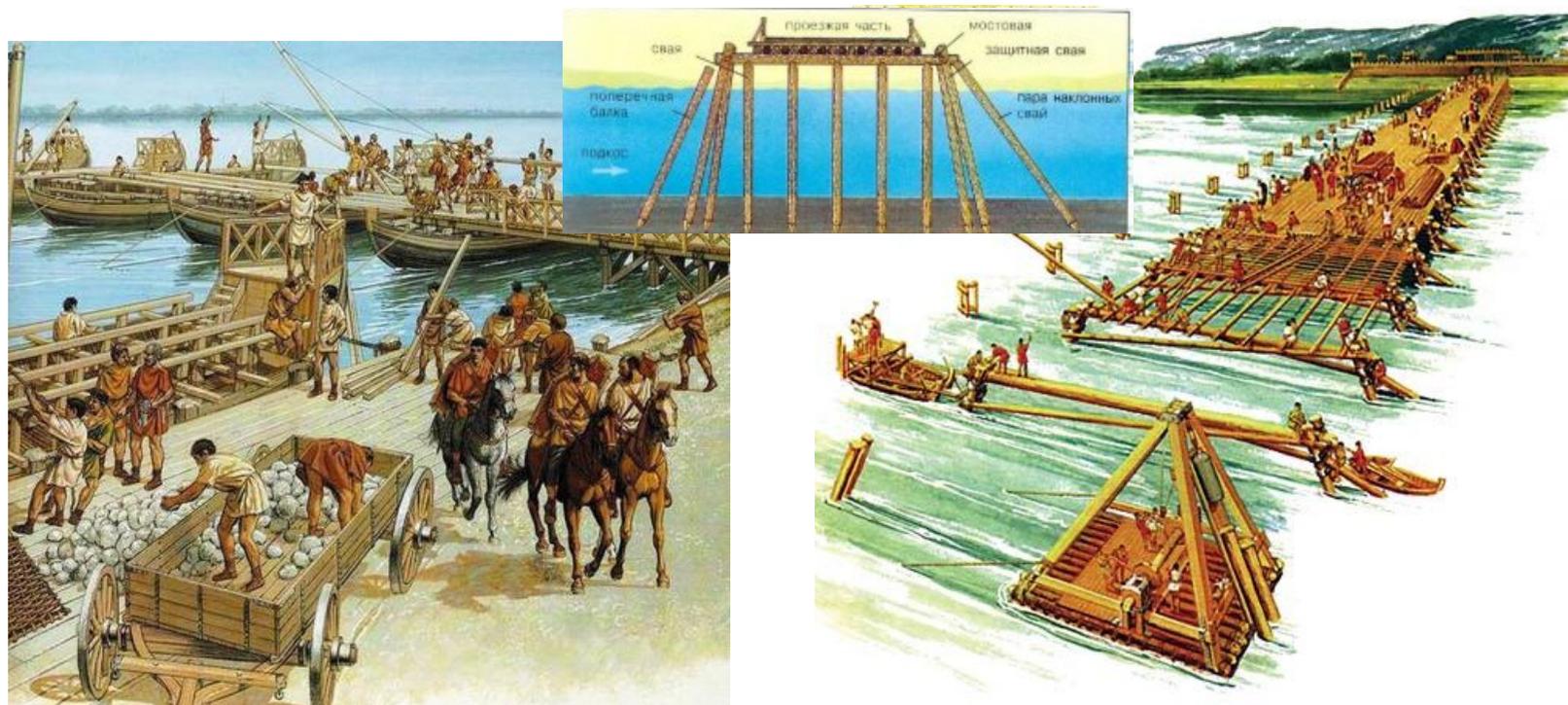


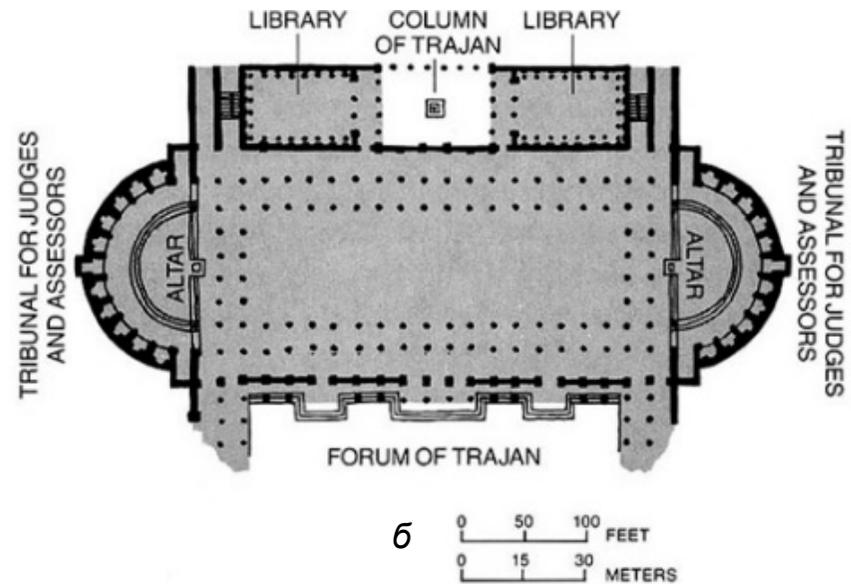
Рис. 5.40. Строительство моста. Реконструкция

Применялось дерево и в сооружении скатных крыш. Римляне применили конструкцию, в которой стропильные ноги соединялись между собой затяжкой, работавшей исключительно на растяжение. Эта конструкция была прототипом первой фермы. Вскоре для уменьшения естественного прогиба затяжки ее стали поддерживать висячей «бабкой». Такая конструкция позволила перекрыть значительные пролеты. **Базилика Траяна имела пролет в 75 футов, или 22,5 м** (рис. 5.41).



а

Рис. 5.41. Базилика Траяна. Реконструкция



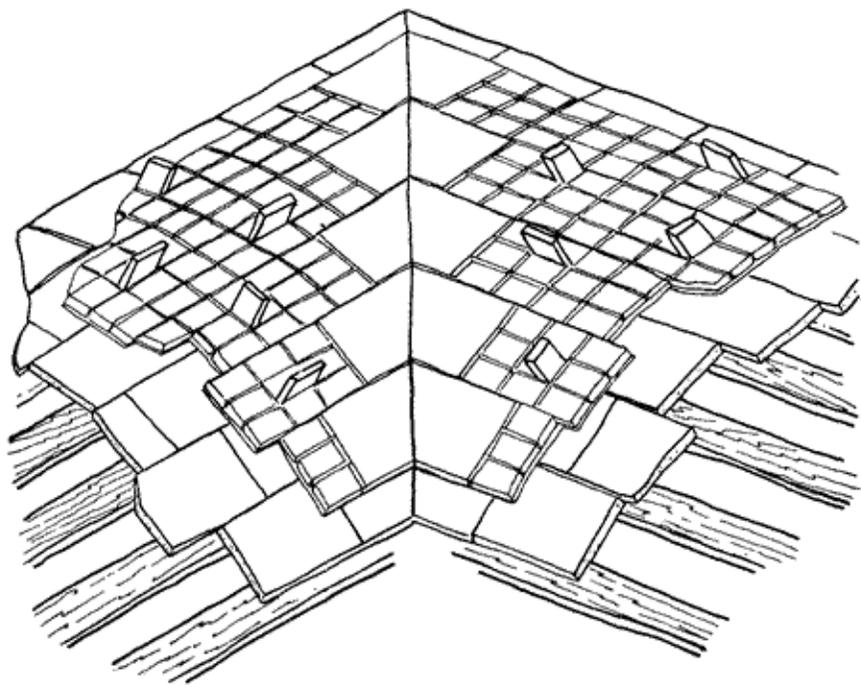
б



в

С помощью дерева возводились и сводчатые конструкции. Для этого устанавливались деревянные кружала нужного очертания. Они служили как бы арочным каркасом будущего свода. Витрувий советовал применять для кружал исключительно кипарисовое дерево, а не ель, так как кружала из ели быстро подгнивают (рис. 5.42–5.43).

Кружала соединяются с уложенным поверх настилом с помощью забитых железных гвоздей. Снизу к ним привязывают расплющенный лыком греческий тростник. Затем грубо оштукатуривают и отделывают мелом или мраморным порошком.



Конструкция двойного сводчатого настила перекрытия одного из залов терм Каракалам (по Шуази)

Рис. 5.42. Конструкция свободного настила

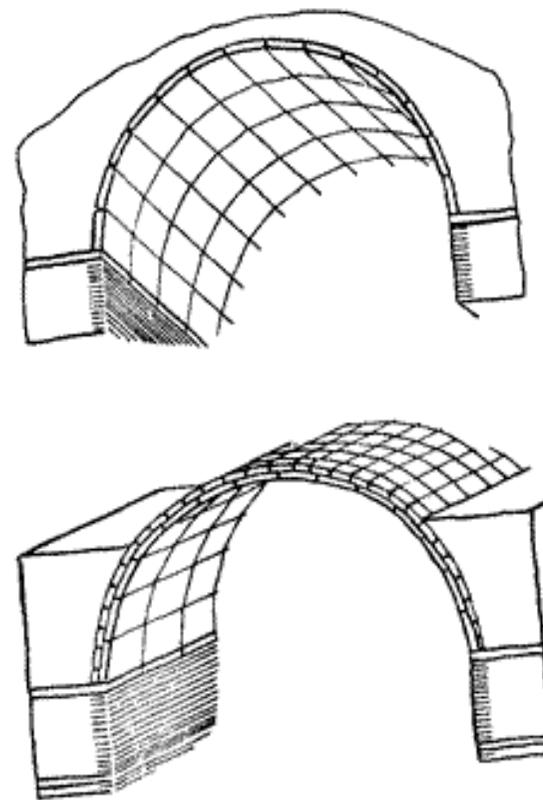


Рис. 5.43. Устройство кружал

Кирпичная кладка и строительство из камня

Естественный камень получил большое распространение в качестве строительного материала, особенно в республиканский период истории Рима. Камни добывались и обрабатывались из самых разнообразных горных пород, начиная от легких, вулканических, таких как **туф**, **пемза**, **лава**, и заканчивая плотными и прочными **известняками** и **порфирами**. Эти камни шли на сооружение фундаментов и барабанов колонн, из них изготавливали блоки самой разнообразной величины и конфигурации для возведения стен и архитектурных прогонов.

Нередко крупные элементы зданий возводились из **каменных блоков без применения раствора**, хотя последний к тому времени уже широко использовался в строительной практике. При этом большие каменные блоки так тщательно обтесывались, что при укладке, например стен, не требовалось дополнительной подгонки в местах сопряжения. Это достигалось притиркой камней друг к другу песком (рис. 5.44).

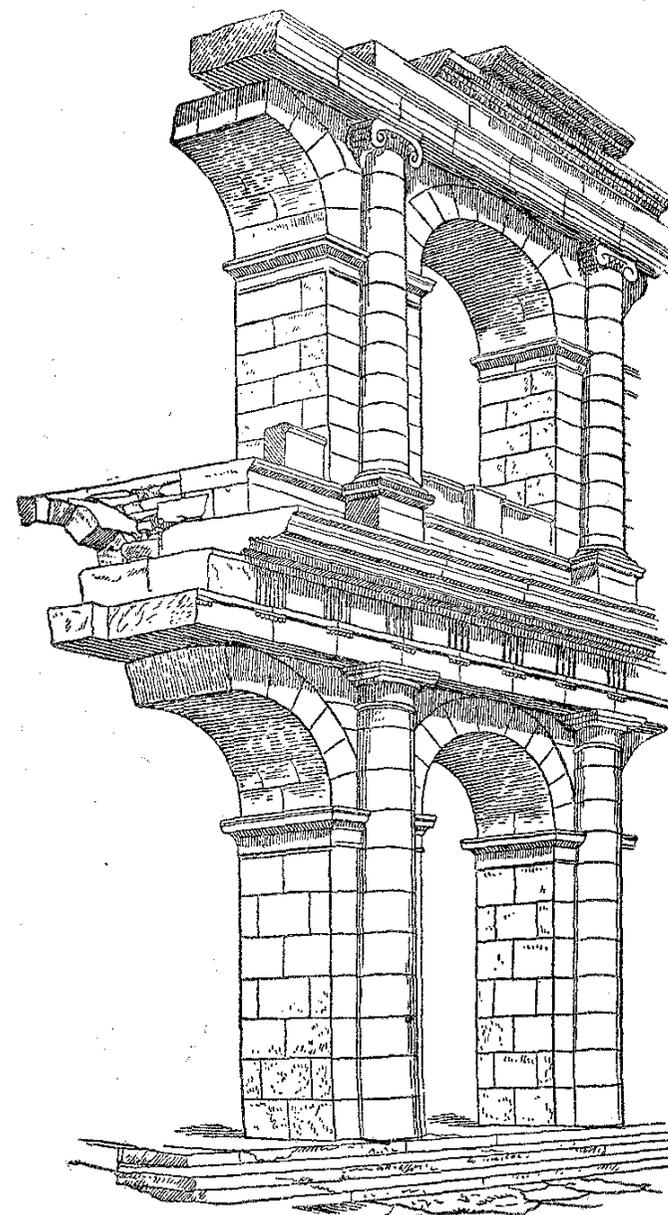


Рис. 5.44. Каменные конструкции

Для более надежного крепления в ответственных сооружениях на поверхности каменных блоков выдалбливались **специальные отверстия для металлических дюбелей** – «скреп», хотя помимо металлических применялись деревянные и каменные «скрепы», особенно в виде так называемого **ласточкиного хвоста**. Отверстия эти впоследствии заливались расплавленным свинцом по специально оставленным для этой цели канавкам (рис. 5.45–5.46).

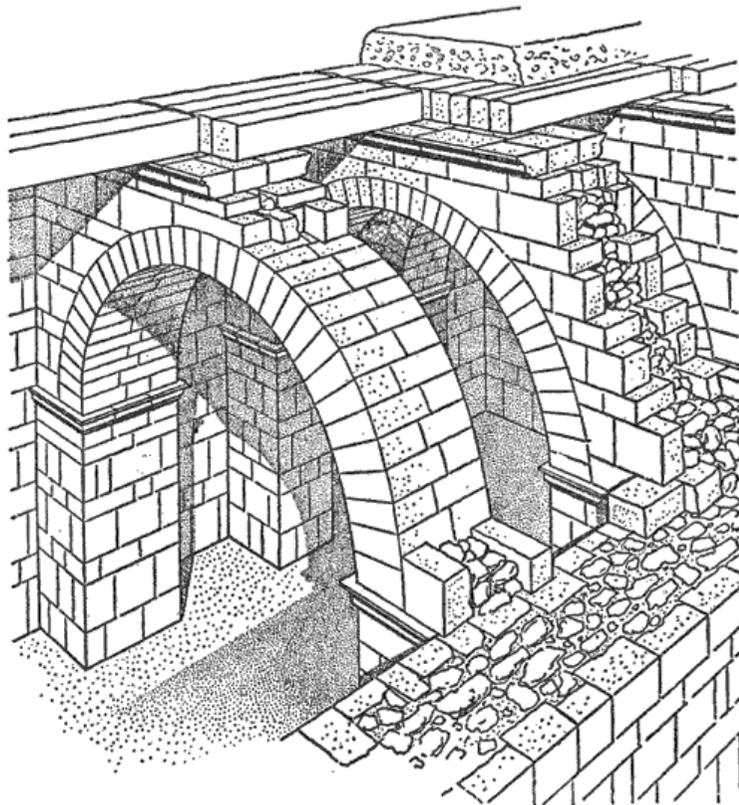


Рис. 5.45. Каменные конструкции

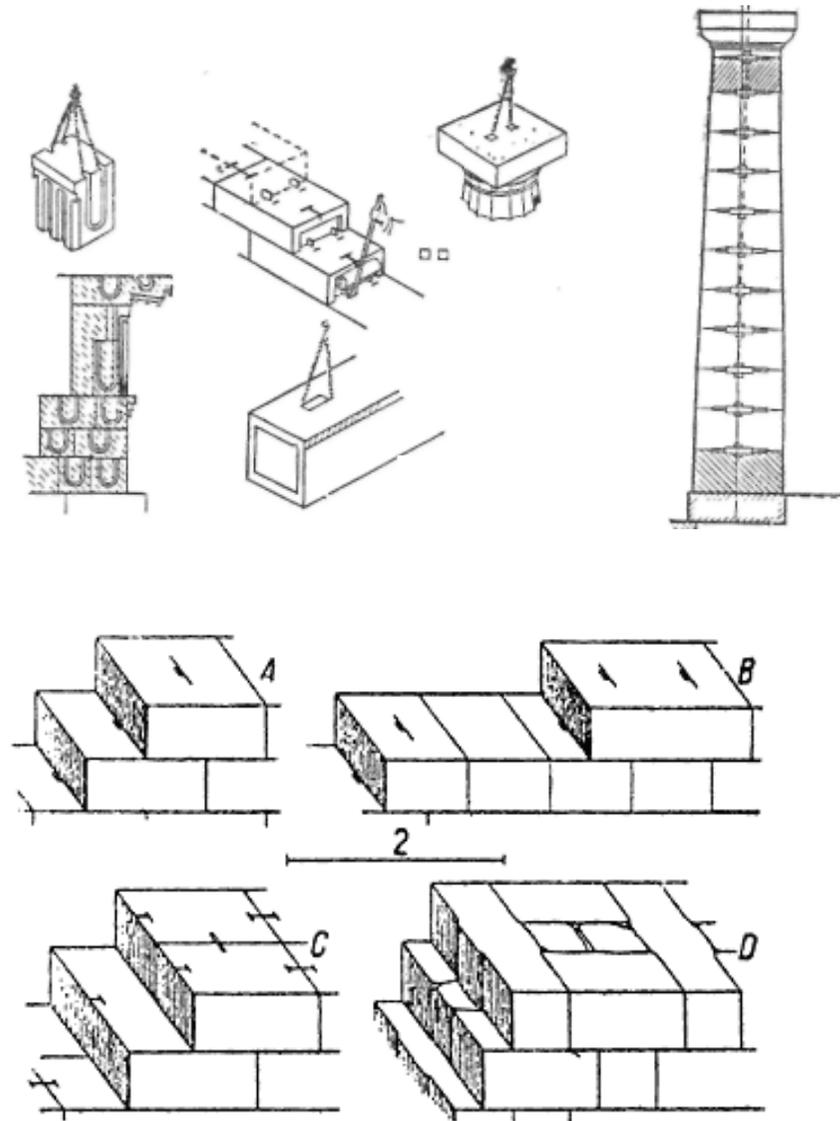


Рис. 5.46. Соединение каменных блоков

Для **терракотовых изделий** применялась особая технология, заключающаяся в строгом подборе компонентов и соблюдении определенной температуры обжига. В качестве добавок в глину использовали солому, реже пуццолану и битый кирпич. Основными изделиями из терракоты были **тонкий квадратный кирпич и черепица** различной конфигурации, цвета и размеров, обладавшая такими обязательными качествами, как **водонепроницаемость, прочность и долговечность**.

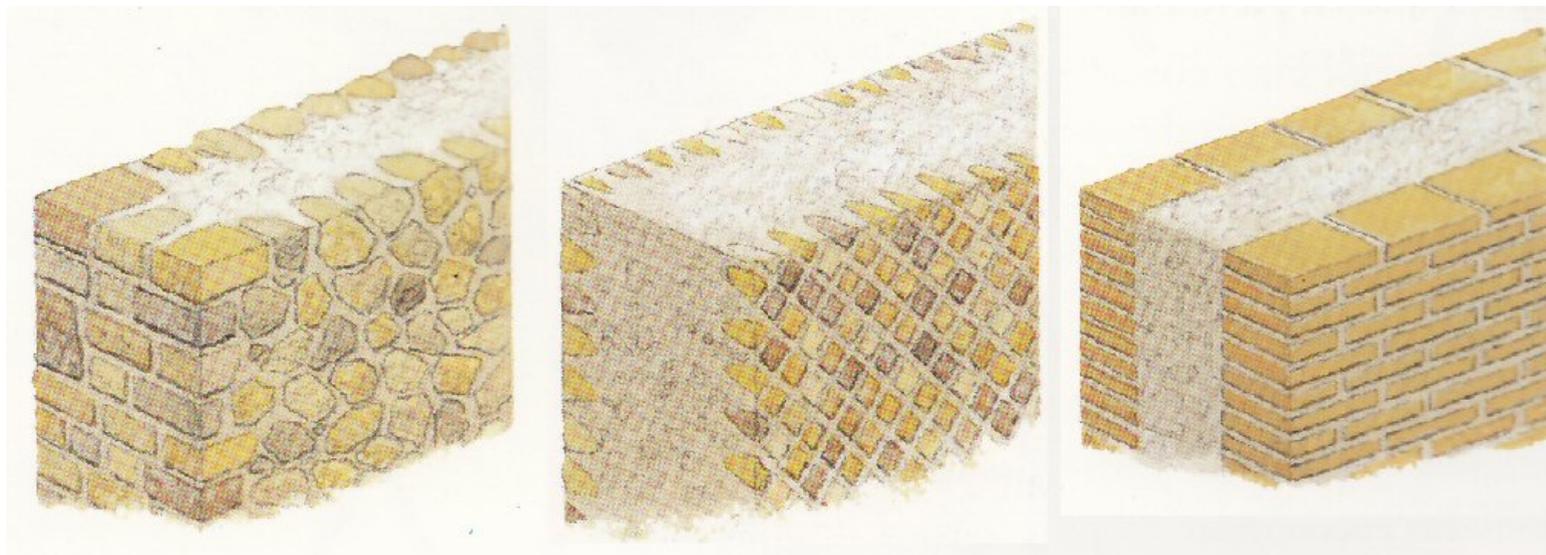


Рис. 5.47. Типы римских стен с применением кирпичной кладки

Начиная примерно с I в. н. э., **сырцовый кирпич**, до того времени широко распространенный в древнеримском государстве, стал **вытесняться обожженным**. При этом обожженный кирпич изготавливался **трех разновидностей: треугольный, квадратный и прямоугольный**. Наибольшее распространение в обычной кладке получил не прямоугольный, а **треугольный кирпич**. Прямоугольный кирпич использовался главным образом для кладки углов и сопряжений стен, а квадратный – для прокладки кирпичных рядов и устройства связи между рядами стен (рис. 5.47).

В Древнем Риме при строительстве сводов и куполов из бетона кирпич применялся в качестве несущего каркаса, а в стенах **выполнял роль опалубки-облицовки**.

Размеры сторон кирпича были неодинаковы. Так, кирпич треугольной формы имел размеры сторон от 127 до 508 мм, прямоугольный – от 254 до 381 мм (длина) и от 101,6 до 152,4 мм (ширина); квадратный – от 762 до 838,2 мм. При этом высота треугольных и прямоугольных кирпичей была от 38,1 до 50,8 мм, а квадратных от 50,8 до 88,9 мм. **Высота кирпичей в одном ряду принималась всегда одинаковой, причем швы делались, как правило, тонкими.**

Каких-либо **узаконенных норм на размеры кирпича в то время не существовало**. Это позволяло каждому изготовителю действовать по своему усмотрению, руководствуясь в основном качеством применяемой для изготовления кирпичной глины. На каждом кирпиче **ставилось собственное клеймо изготовителя**.

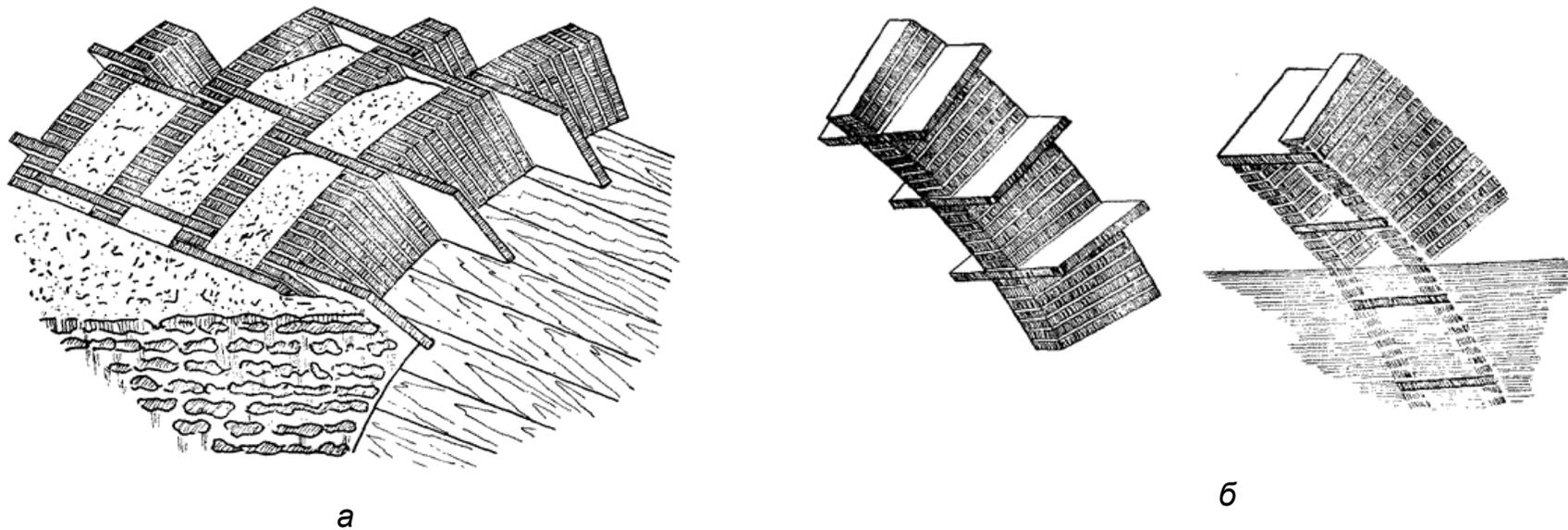


Рис. 5.48. Кирпичная кладка в сводах: а – кирпичные арки-решетки с радиальными швами (по Шуази); б – одинарные и сдвоенные кирпичные арки (по Шуази)

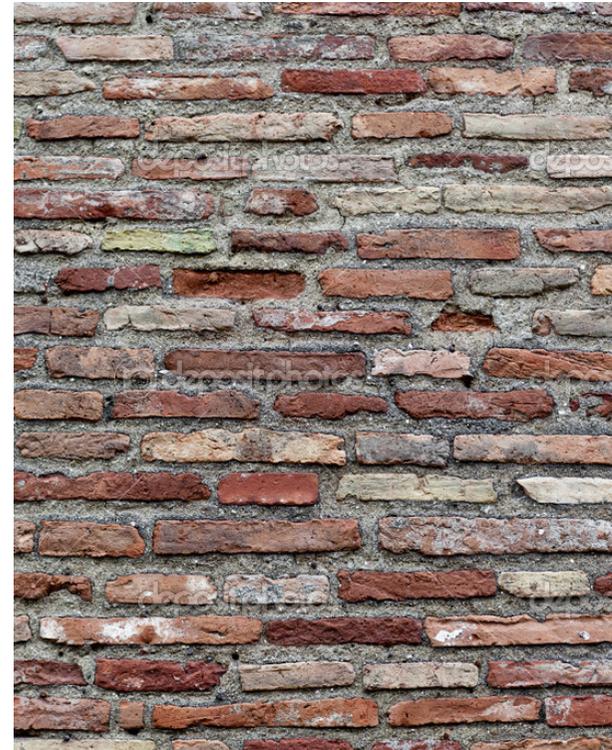


Рис. 5.49. Фрагмент древнеримской кирпичной кладки

Наиболее распространена была **кладка на известковом растворе с добавлением измельченной керамики и вулканического песка**, что придавало постройкам особенную долговечность. Витрувий пишет о пропорции, где на 1 часть извести приходится 3 части песка (рис. 5.48–5.49).

Витрувий дает **рекомендации относительно выбора песка**: «...при бутовых кладках первым делом надо проследить за песком, чтобы он подходил для раствора и не содержал примеси земли», (кн. II, гл. 4). Подобные рекомендации указаны для морского песка и других каменных материалов.

Римские дороги

В начале II в. во времена Траяна существовало уже около **100 тысяч км государственных дорог**, преимущественно с твердым покрытием. За состоянием дорог следили ремонтные службы (рис. 5.50).

Основание городских римских дорог обычно **дренировалось при помощи специальных водостоков и кюветов**, а их поверхность всегда была приподнята над уровнем земли и имела небольшой уклон к периферии (рис. 5.51).

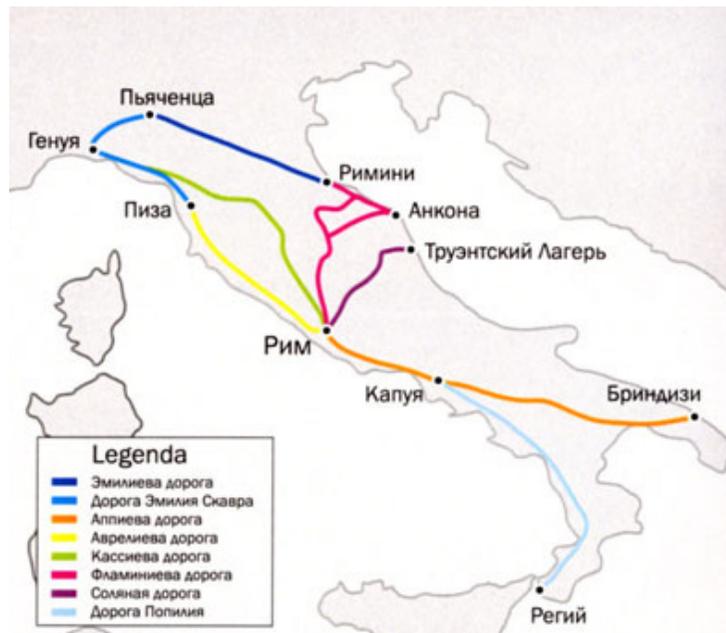


Рис. 5.50. Схема главных римских дорог



Рис. 5.51. Конструкция римских дорог

Общая **толщина** римских дорог составляла **от 80 до 130 см**, хотя отдельные из них достигали 240 см. Как правило, дороги были **многослойными**, из **четырёх-пяти слоев**, со **средними слоями из бетона**. **Нижний слой** многих дорог представлял собой основание из **каменных плит** толщиной 20–30 см, которые укладывались на хорошо уплотненное земляное полотно через растворную стяжку, с последующим выравниванием их песком. **Второй слой** толщиной 23 см состоял из **бетона** (битого камня, уложенного в раствор). **Третий слой** толщиной тоже 23 см был из **мелкогравийного бетона**. Оба бетонных слоя тщательно утрамбовывались (рис. 5.52).

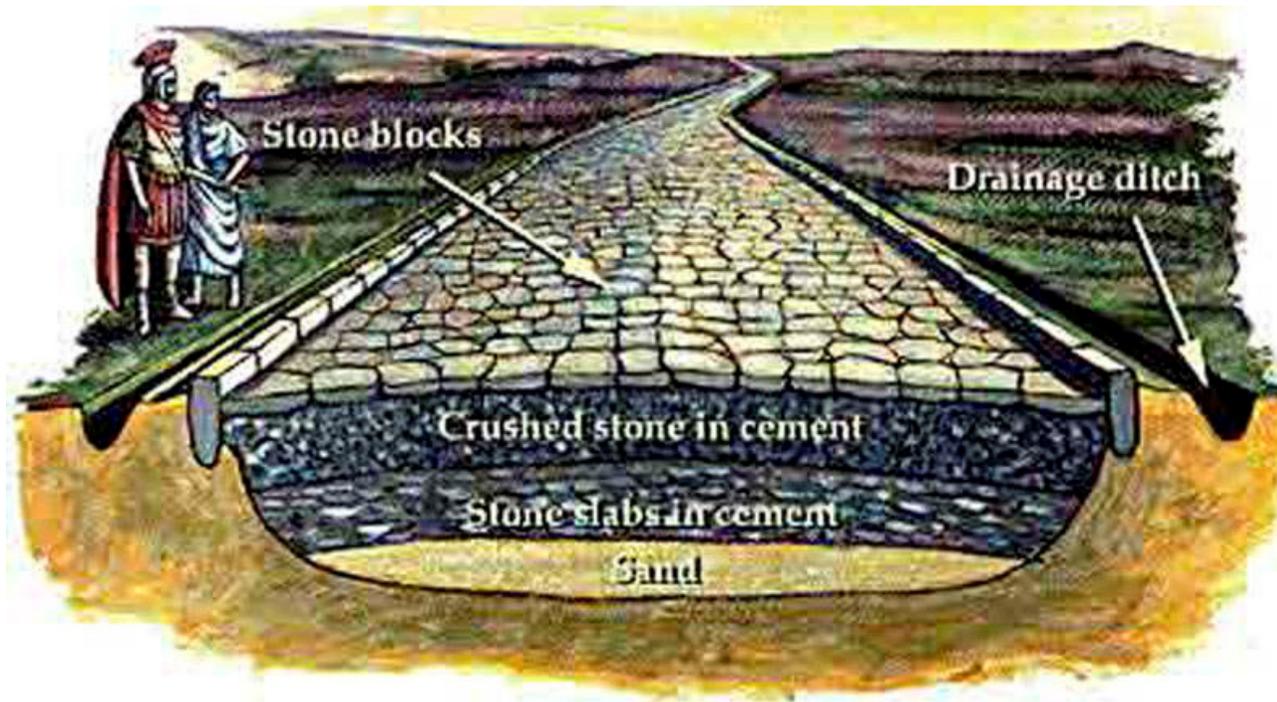


Рис. 5.52. Конструктивная схема римской дороги

Металл в строительстве Древнего Рима

Из металлов в Древнем Риме для строительных работ применялись бронза и железо. Причем бронзе отдавалось большее предпочтение, так как она являлась относительно прочным строительным материалом и **не корродировала**. Из нее выковывали длинные тонкие балки, которые впоследствии соединяли в более сложные конструктивные элементы, например **фермы**. Причем в одних случаях из бронзы выполняли только основные конструктивные элементы ферм, а в других – ими заменяли целые деревянные элементы и собирали всю ферму вплоть до обрешетки включительно из металлических (бронзовых) частей.

Железо употреблялось для изготовления различных **монтажных приспособлений и деталей**. Из него изготавливали, как было изложено выше, «скрепы» (дюбеля) и скобы для крепления естественных камней, железные гвозди и другие мелкие строительные детали и приспособления.



Рис. 5.53. Римские водопроводные трубы

Помимо бронзы и железа римляне были знакомы с **золотом, серебром, ртутью, сурьмой, оловом и свинцом**. Два последних элемента использовались и для строительных целей. Известно, например, что из **гнутых свинцовых листов** изготавливали **трубы, сваривая пайкой продольные швы и соединительные муфты**. При сооружении своих знаменитых водопроводов римляне даже **ввели стандартизацию труб по диаметрам и поперечному сечению** (рис. 5.53). Это упростило расчет и проектирование водопроводной сети. **Свинец** использовался также для **крепления каменных плит и заделки швов**.

Городские жилые сооружения в Римской империи



Рис. 5.54. Римские инсулы

Переполнение городов Римской империи населением с низким прожиточным минимумом вызвало потребность в ускоренном строительстве доступного по цене жилья. Это привело к созданию нового типа жилища — **инсулы**, многоэтажного жилого дома со сдававшимися внаем квартирами (рис. 5.54).

Практически возможность для создания такого типа зданий появилась с развитием римской строительной техники (римский бетон с кирпичной облицовкой, сводчатые перекрытия, сравнительно недорогая стоимость строительства). Римское законодательство допускало строительство шестиэтажных зданий (средняя высота этажа 3,5 м). Общая площадь инсулы в Риме составляла от 100 до 400 м².

В отличие от особняков зажиточных граждан, где основные жилые помещения находились в первом этаже, а появлявшиеся иногда помещения во втором этаже играли подсобную роль, в инсуле жилые помещения обычно располагались в верхних этажах.

Первый этаж занимали **таберны**, открытые на улицу широкими дверными проемами. Первый этаж обычно был выше остальных, так как верхняя часть его была занята антресолями, где ютилась семья хозяина таберны. Доступ на антресоли был изнутри здания. Для освещения антреселей устраивались небольшие окна, располагавшиеся над дверьми.

Сдававшиеся внаем квартиры в верхних этажах не имели прямой связи с табернами, но имели отдельные независимые входы. Инсулы делились на изолированные вертикальные блоки, каждый из которых имел свою собственную лестницу. Часто инсула имела несколько хозяев, тогда границы их владений проходили по вертикальным блокам.

Инсулы имели проблемы с вентиляцией и освещенностью. Связано это с тем, что стекло по причине своей дороговизны редко использовали для жилых построек, чаще применяли слюду, пропускавшую мало света. В холодную и дождливую погоду устанавливали деревянные ставни с прорезями. Отопление осуществлялось за счет жаровен, которые давали мало тепла, но много дыма и копоти.

Внешний вид инсул был достаточно прост. Стены украшали только узорчатой кирпичной кладкой, иногда выделяли цветом арки и пилястры (рис. 5.55).

Римские инсулы первоначально строились способом бутовой кладки, позднее стали применяться небольшие туфовые блоки, скрепленные раствором, еще позднее использовался кирпич-сырец и обожженный кирпич.



Рис. 5.55. Реконструкция римской инсулы

Способы кладки были различны. Несущими являлись наружные стены (толщина наружных стен составляла 59 см – два римских фута), внутренние перегородки делались из дерева. Так же из дерева выполнялись балки перекрытий, стропильные конструкции перекрытия. Для уменьшения количества обрушений и снижения опасности пожаров высота инсул во время правления императора Августа была ограничена до 20,72 м, а во II в. н.э. при императоре Траяне высоту ограничили до 17,76 м. Запрещения накладывались только на дома, выходящие на улицу, поэтому внутри квартала строились и более высокие здания. Средняя площадь, занимаемая зданиями подобного типа, лежала в пределах от 211 до 222 м².

В домах капитальной постройки лестничные марши делались по кирпичным сводам, со ступенями из травертина, в дешевых – из дерева. В Древнем Риме была разветвленная единая городская система канализации, к ней были подключены общественные уборные и публичные здания. Однако инсулы в подавляющем большинстве не подключались к канализационной сети.

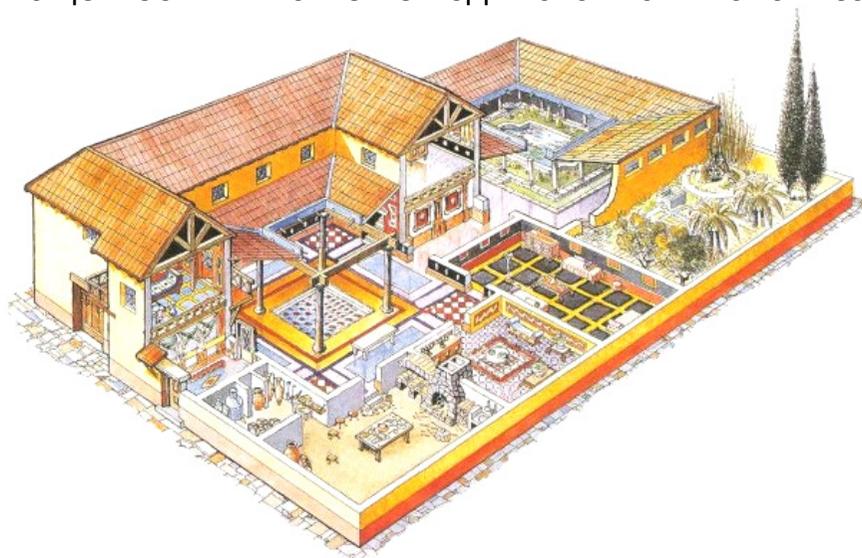


Рис. 5.56. Римский домус. Реконструкция

Богатые граждане Римской Республики кроме загородных вилл владели **городскими особняками – домусами**. Домус представлял собой автономное архитектурное целое, имеющее самостоятельные выходы на улицу (рис. 5.56). Позднее части домуса стали сдаваться под лавки, мастерские.

Древний Рим дал человечеству настоящую культурную среду: прекрасно спланированные, удобные для жизни города с мощеными дорогами, мостами, зданиями библиотек, архивов, нимфеев (святилищ, посвященных священным нимфам), дворцов, вилл и просто хороших домов с добротной красивой мебелью – все то, что характерно для цивилизованного общества.

Римляне впервые стали строить « типовые » города, прообразом которых явились римские военные лагеря. Прокладывались две перпендикулярные улицы – *кардо* и *декуманум*, на перекрестье которых возводили центр города. Городская планировка подчинялась строго продуманной схеме.

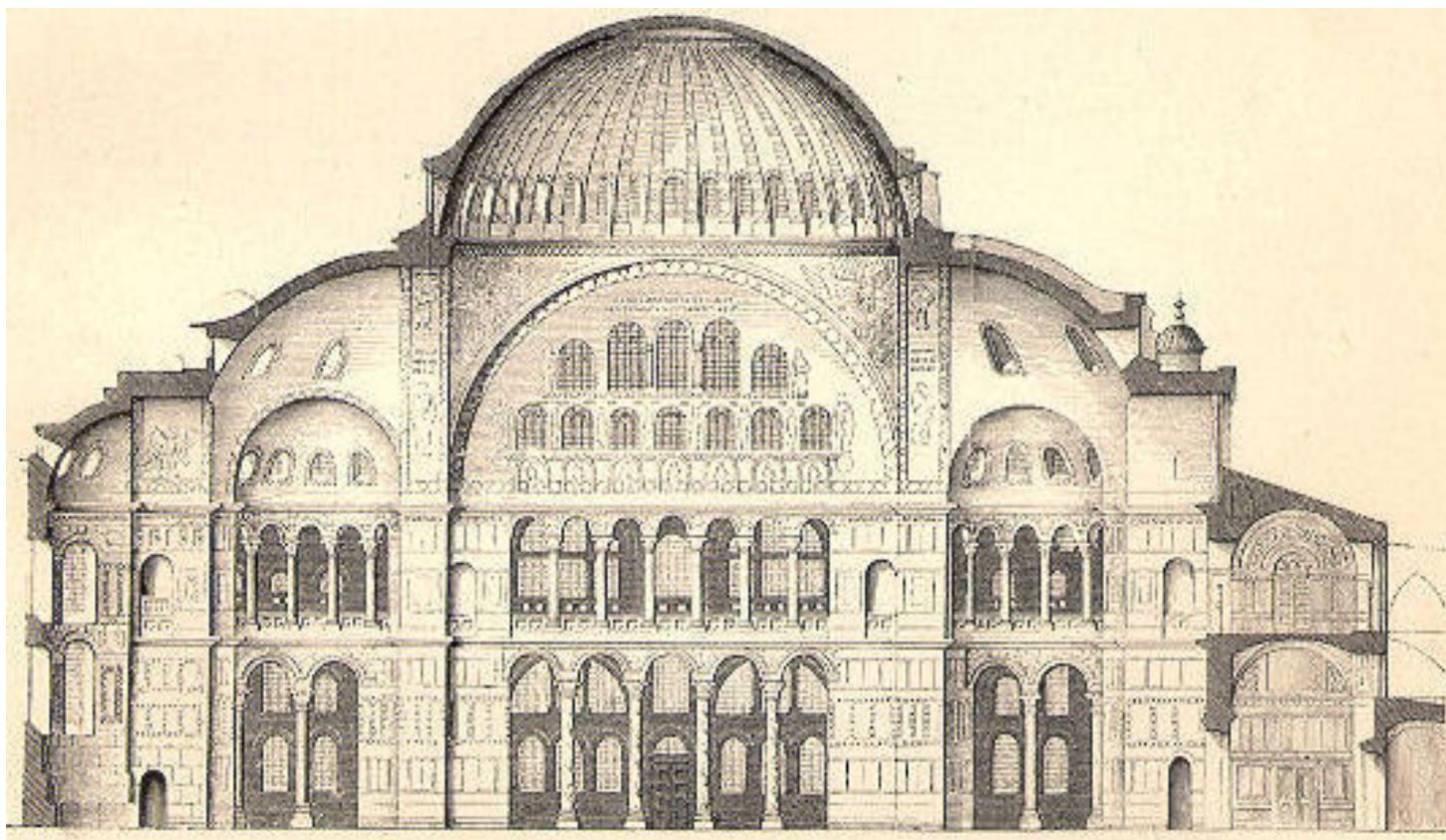
Практический склад римской культуры сказывался во всем – в трезвости мышления, нормативном представлении о целесообразном миропорядке, в скрупулезности римского права, учитывавшего все жизненные ситуации, в тяготении к точным историческим фактам, в высоком расцвете литературной прозы, в примитивной конкретности религии.

В римском искусстве периода расцвета ведущую роль играла архитектура, памятники которой и теперь, даже в развалинах, покоряют своей мощью. Римляне положили начало новой эпохе мирового зодчества, в котором основное место принадлежало сооружениям общественным, воплотившим идеи могущества государства и рассчитанным на огромные количества людей.

Во всем древнем мире римская архитектура не имеет себе равной по высоте инженерного искусства, многообразию типов сооружений, богатству композиционных форм, масштабу строительства. Римляне ввели инженерные сооружения (акведуки, мосты, дороги, гавани, крепости) как архитектурные объекты в городской, сельский ансамбль и пейзаж.

Красота и мощь римской архитектуры раскрываются в разумной целесообразности, в логике структуры сооружения, в художественно точно найденных пропорциях и масштабах, лаконизме архитектурных средств, а не в пышной декоративности. Огромным завоеванием римлян было удовлетворение практических бытовых и общественных потребностей не только господствующего класса, но и масс городского населения.

Глава 6. Раннее Средневековье.
Строительное искусство
Византийской империи



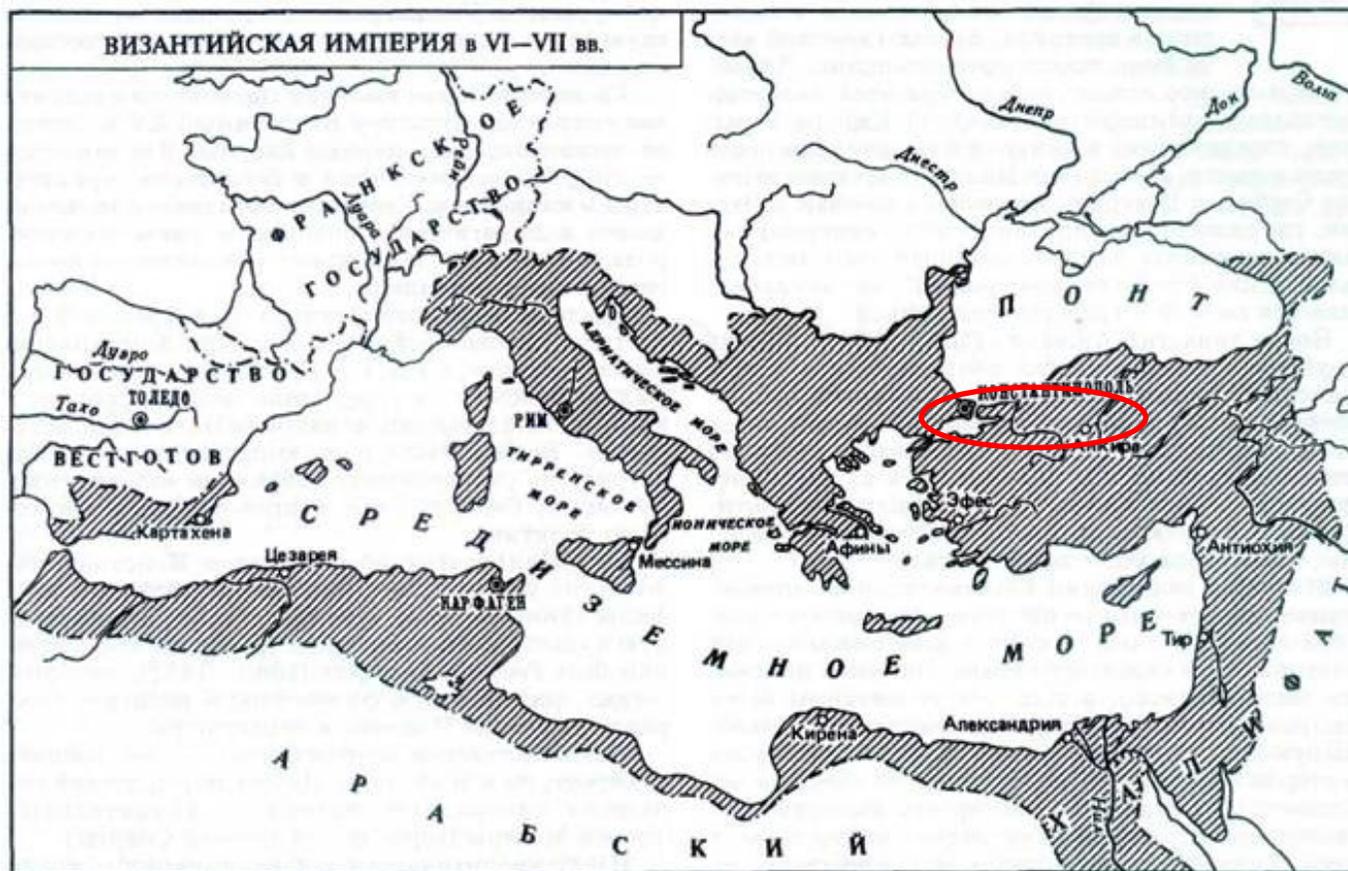


Рис. 6.1. Территория Византийской империи в VI –VII вв.

Византийская империя (395–1453) – государство, оформившееся в 395 г. вследствие окончательного раздела Римской империи после смерти императора Феодосия I на западную и восточную части (рис. 6.1).

Менее чем через восемьдесят лет после раздела Западная Римская империя прекратила свое существование, оставив Византию исторической, культурной и цивилизационной преемницей Древнего Рима на протяжении почти десяти столетий истории поздней Античности и Средневековья (рис. 6.2–6.3).



Рис. 6.2. Интерьер храма Св. Софии

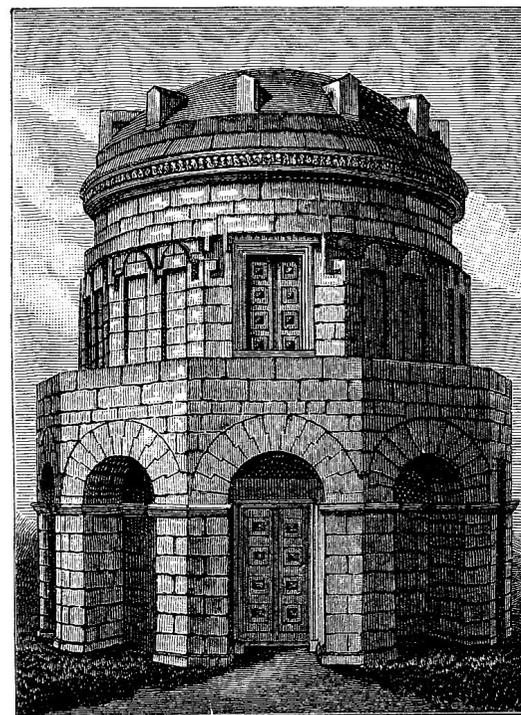


Рис. 6.3. Надгробие императора Теодора в Равенне

В Византии многочисленные группы ремесленников были заняты производством деревянных и каменных работ.

Дерево широко использовалось для устройства мостов, перекрытий и покрытий в жилых, общественных и других зданиях, оконных переплетов, дверей, и полов. Среди различных инструментов, применявшихся в столярном деле, важнейшими были: **пила, однолезвийный топор, рубанок, токарный станок и специальный инструмент для выпрямления дерева.**

Основным строительным материалом служил камень, а также плоский кирпич. Исключение составляли дома бедняков, которые строились из дерева или глины, смешанной с соломой. Обожженные кирпичи изготавливались в Византийской империи так же, как и в Риме. Людей, делающих кирпичи, называли в рукописях **остакариори** (работающие с глиной) или **керамопойои** (производители обожженного кирпича).



Рис. 6.4. Византийская кирпичная кладка

Византийские мастера, как и их римские предшественники, делали **прямоугольные кирпичи**. Стандартный размер с длинной стороны 320–360 мм основывался, очевидно, на римских кирпичах. Ширина кирпичей составляла 35–50 мм.

На первый взгляд **византийская кладка имеет много общего с римской кладкой стен**, но в то время как римляне применяли обожженный кирпич только для облицовки бетонных стен, в Византийской империи строились массивные стены из обожженных кирпичей. Иногда византийские стены клались в виде опус микстум (смешанная работа), то есть **сменяющимися слоями из природного камня и обожженного кирпича**, но чаще применялись просто обожженные кирпичи (рис. 6.4–6.5).



Рис. 6.5. Сооружения с византийской кирпичной кладкой



Рис. 6.6. Византийская кирпичная кладка храмов

Особенностью византийской кирпичной кладки были **горизонтальные швы раствора**, которые по толщине не уступали самим кирпичам, в то время как вертикальные швы достигали по толщине часто нескольких миллиметров (рис. 6.6–6.7).

В X в. была изобретена **новая техника кладки**, при которой обожженные кирпичи в каждом втором слое смещались назад и полностью штукатурились, так что создавалось впечатление, что стена состоит только из половинок кирпичей и что кладка делалась с **чрезвычайно широкими швами**.



Рис. 6.7. Храм с византийской кирпичной кладкой



Рис. 6.8. Узоры кирпичных стен византийских храмов

Раствор изготовлялся из гашеной извести. Часто в него добавлялась кирпичная пыль, которая вызывала не только его **розовую окраску**, хорошо гармонирующую с обожженным кирпичом, но и делала его похожим на пуццолановую землю.

Иногда для заполнения швов на видимой стороне стены использовался **более тонкий раствор** для лучшего заполнения швов (полное заполнение). Края возникавших таким образом швов часто процарапывались острым инструментом для швов (по шаблону). В еще свежие швы вдавливали также веревки, чтобы отпечатать на них ее узор. Оба вида техники работы придавали кладке равномерность.

Были очень распространены узоры из клиновидных обожженных кирпичей (рис. 6.8). **Сложные декоры состояли из изогнутых кровельных кирпичей**. Обожженные кирпичи клались, кроме того, двумя расположенными друг над другом слоями, попеременно наискосок друг к другу, так что создавался рисунок вертикальной или горизонтальной елочки, зигзага или шахматной доски. Ранневизантийское кирпичное зодчество было сравнительно простым. Позднее количество узоров кладки увеличилось, и узоры стали отличаться от региона к региону и у разных зодчих были индивидуальными.

В VI в. император Кассиодор обращает к придворному архитектору такую речь: «Когда задумаем мы перестроить город, или основать крепость, или дом для военачальника, мы будем полагаться на тебя в том, чтобы выразить наши идеи на бумаге. Возводящий стены, высекающий из мрамора, отливающий бронзу, сводящий арки, штукатурящий, создающий мозаики – все они придут к тебе, ожидая распоряжений, и ты должен будешь каждому дать мудрый ответ». Также архитектору советуют «изучать Эвклида – прочно утвердить в уме его чертежи, изучить Архимеда и Метробия». Это предполагает, что хороший архитектор раннехристианской Византии был и **высокообразован**, и весьма уважаем; что он проходил практически тот же курс обучения, какой предписал Витрувий в I в. до н.э.

Архитекторами именно этой традиции, имевшими глубокую теоретическую подготовку, были **Анфимий и Исидор, строители Святой Софии**. Исидор преподавал геометрию и механику, хорошо знал работы Архимеда, Эвклида и Герона; Анфимий был математиком и автором нескольких трактатов по техническим проблемам, включая исследование о конических сечениях.

В то же время термин **архитектон (главный строитель)**, которым называли зодчих в Византии в раннехристианский период, вероятно, означал специалиста, который был обучен технической стороне дела, но не располагал такой академической или теоретической подготовкой, как механик.

Согласно указаниям «Василик» (свод законов, которым пользовались в средневизантийский период) посредником между клиентом и рабочими на строительной площадке выступал **подрядчик**. Он получал и распределял плату, отвечал за доставку строительных материалов. Вероятно, что кроме мастера-строителя в состав мастерской входил «администратор» или какой-то чиновник, принимавший финансовые решения. Возможно, что в небольшом проекте обе роли – архитектора и подрядчика – мог играть один и тот же человек.

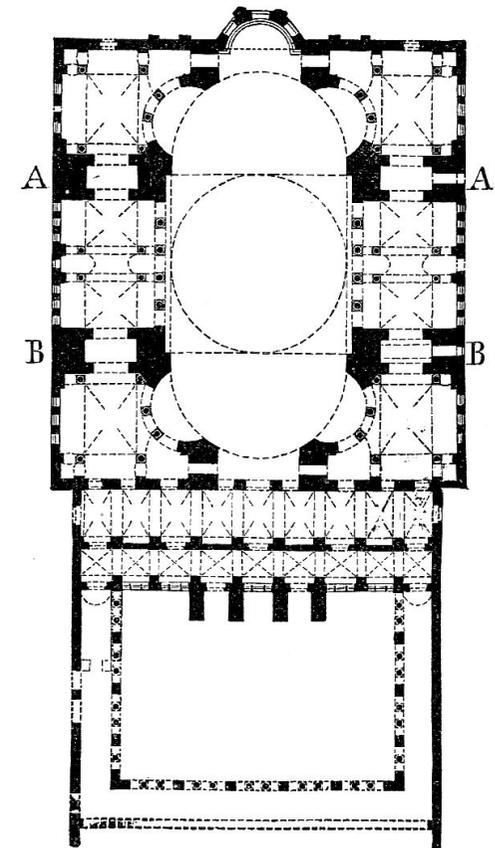


Рис. 6.9. План храма Святой Софии в Константинополе

В отличие от зодчих классической древности, имевших образование в области «свободных искусств», **позднэвизантийский зодчий (oikodomos)** имел только практическое обучение, которое получал, работая в составе **мастерской (ergasterion)**. Греческое слово «эргастерион» в Византии имело такой же двойной смысл, как слово «мастерская» в современном английском (workshop) – оно обозначало и группу людей (артель), и место, где они собираются для работы.

Византийские ремесленники объединялись в гильдии, являвшиеся в X в. привилегированными корпорациями с добровольным членством. Византийские гильдии были **подчинены государственному контролю**, но их прямые государственные повинности были минимальными.

Мастерские же являлись временными сообществами рабочих разных профессий, собранных вместе для осуществления конкретного проекта. **Глава мастерской** или цеха назывался **«ярсотортатсор»**, что обычно переводят как «глава строителей», «главный строитель». К сожалению, взаимоотношения между системой гильдий и отдельными мастерскими неясно. Согласно сохранившимся письменным источникам конкуренция была ограничена с помощью строго определенных запретов, наложенных на деятельность гильдий.

Например, ремесленник отвечал за свою работу и не имел права принимать иных заказов до тех пор, пока не завершит начатый. Строитель должен был обладать специальными умениями: **«Те, кто строит стены и дома или хранилища из кирпича, должны иметь великую исполнительность и опыт, с тем чтобы основания оказались прочными и здание не потрескалось и не развалилось».**

За кирпичные здания строители **отвечали в течение 10 лет** после их сооружения, а за сырцовые **в течение 6 лет**, исключая природные катастрофы. В то же время работник был защищен от незаконных действий клиента.



Рис. 6.12. Византийский храм



Рис. 6.11. Храм Святой Софии в Константинополе – всемирно известный памятник византийской архитектуры

Крупнейшим памятником византийского искусства является **храм Святой Софии в Константинополе** (рис. 6.11), который был построен по проекту знаменитого математика и архитектора **Анфимия из Траллеса и строителя Исидора из Милета**.

Анфимий спроектировал сооружение **на квадратном основании** со стороной 75 м, перекрытое **куполом диаметром 32 м** необычайно смелой конструкции (стрела подъема 11 м), поднимавшимся на высоту 65 м. Такое решение – поставить купол на квадратное основание – стало возможным благодаря изобретению византийцами **паруса**. Отдавая себе отчет в том громадном распоре, который создает купол такого очертания, Анфимий распределил его на огромные абсиды (21,8×18,1 м), расположенные по продольной оси здания, а с боков – на две пары контрфорсов сечением 21×7 м. Таким образом, купол оказался опертым при помощи четырех подпружных арок на четыре 14-метровых пилон сечением 7×7 м. Распор каждой из больших абсид поглощался парой маленьких абсид диаметром 13 м.

Для возведения собора на грунте, имеющем неоднородную структуру, была **сооружена целая сеть сводов, покрытых сплошным слоем бетона толщиной 6,7 м**. Полученное при этом подвальное помещение было использовано в качестве цистерны. Пилоны собора были выполнены из громадных блоков известняка, стены из кирпича – основного строительного материала Византии. Для купола изготовлялись специальные облегченные кирпичи на острове Родос; колонны (всего 108 штук) и облицовочные плиты были доставлены с других готовых построек со всех концов Византийской империи. В толще контрфорсов были сделаны пандусы. На строительстве собора, длившемся шесть лет (532–537), постоянно работали 10 тысяч человек.

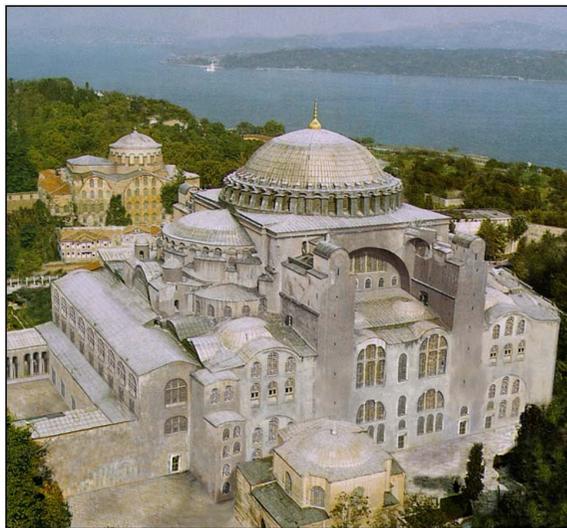


Рис. 6.12. Храм Святой Софии в Константинополе



Рис. 6.13. Внутреннее убранство храма Святой Софии

В качестве вяжущего применялась **цемянка**, которую византийские строители избрали в поисках гидравлической добавки, заменяющей пуццолану. Быстро схватывающаяся цемянка дала возможность строителям применить персидский прием сооружения **сводов без кружал** методом примораживания поставленных на ребро кирпичей сначала к стене здания, а затем к образовавшимся путем такого наложения аркам.

Постройка собора осуществлялась с деревянных лесов. Подъем материалов производился вручную с использованием простейших механических приспособлений, например, блоков, ворот, колес и т.п.

При возведении куполов кладка велась отдельными кольцами с пологим распором постелей. Для поглощения распора арок в процессе их сооружения и до момента затвердения раствора **пользовались металлическими затяжками**, которые были потом удалены вместе с лесами.

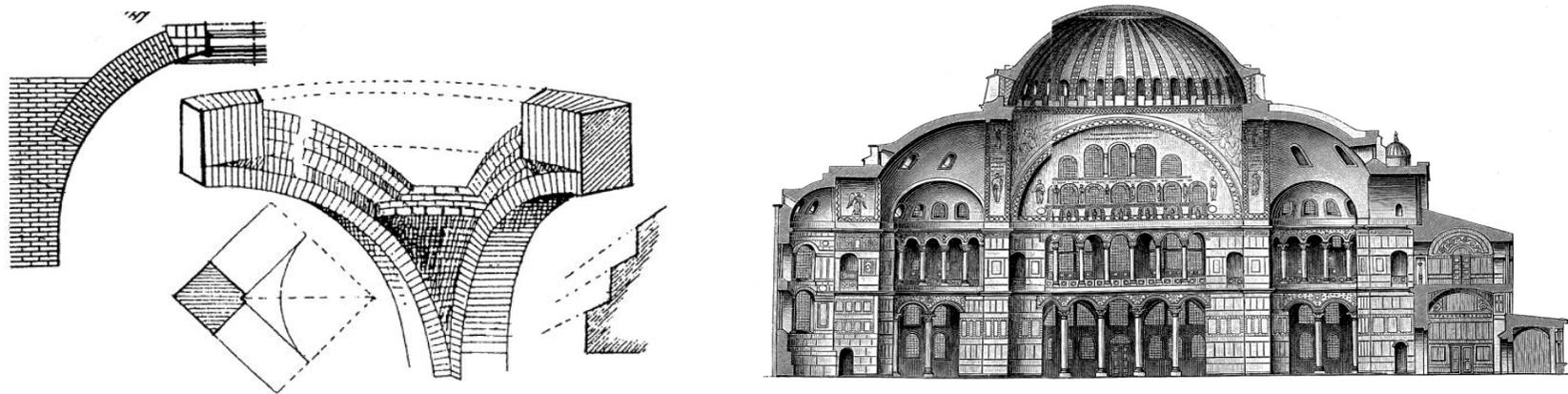


Рис. 6.14. Возведение куполов

В 557 г. после сильного **землетрясения** восточная часть купола упала внутрь здания. Восстановительные работы были выполнены в том же году **Исидором Младшим**, который перестроил купол, **увеличив его стрелу на 7,6 м** и тем самым уменьшив распор. На этот раз кладка велась с лесов по кружалам, которые не снимали после окончания возведения кладки в течение года. Кроме того, не надеясь на старую **систему уравнивания распора**, Исидор Младший загрузил купол по периметру, усилил абсиды и заполнил некоторые пустоты в контрфорсах.

После обрушения купола собора Св. Софии византийские архитекторы стали оставлять в арках и сводах **затяжки**, которые прежде носили временный характер и по окончании работ убирались. В куполах начали широко применять **растяжную конструкцию** (кольцо, квадрат, крест) (рис. 6.14).

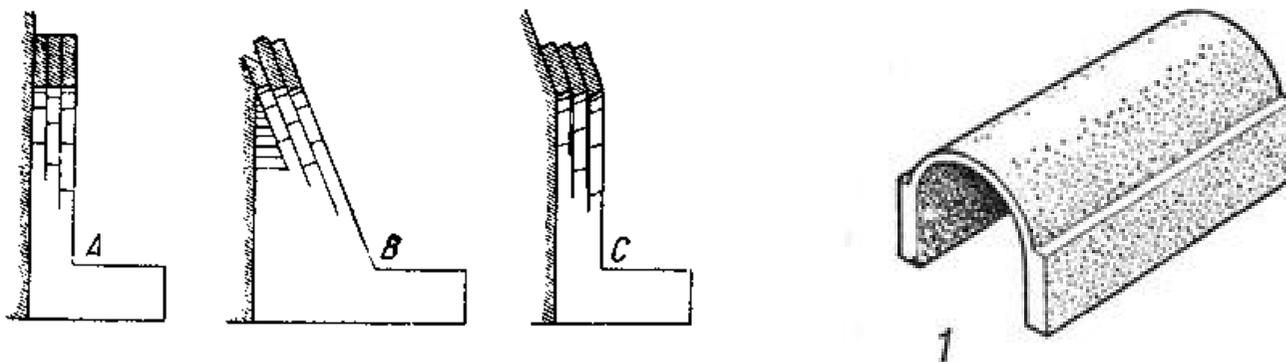


Рис. 6.15. Своды без кружал

На рис. 6.15 показано, что первый ряд кладки получается путем прикрепления кирпичей к основной стене посредством раствора. Дальнейшая кладка производится последовательно нависающими рядами.

Разрез А изображает случай, когда ряды ровные и вертикальные. В – случай, когда устойчивость рядов кирпичей усиливается их наклонным положением. С – случай, когда рядам придается коничность.

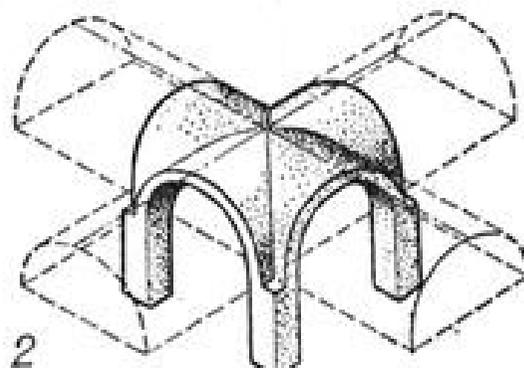


Рис. 6.16. Крестовые своды, выложенные рядами

На рис. 6.16 представлен простейший способ перекрытия квадратного в плане помещения пересечением двух равных цилиндрических **сводов** под прямым углом. Для крестового свода византийцы применяют кладку рядов в виде усеченного конуса (разрез С).

Парусные своды, выложенные рядами, представляют собой одну из разновидностей византийского крестового свода – перекрытие в виде сферы, усеченной с боков плоскостями стен (рис. 6.17). В крестовых **сводах** кладку ведут обычными рядами, а в **парусных** – косой кладкой.

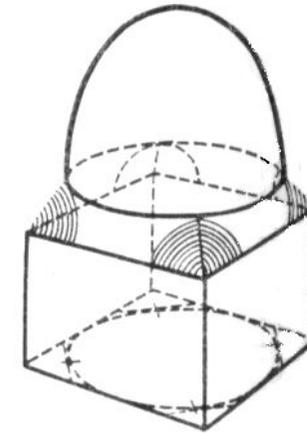
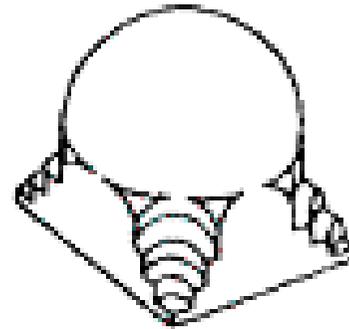
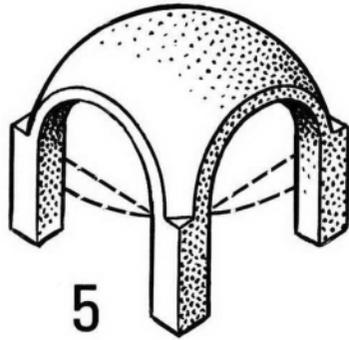
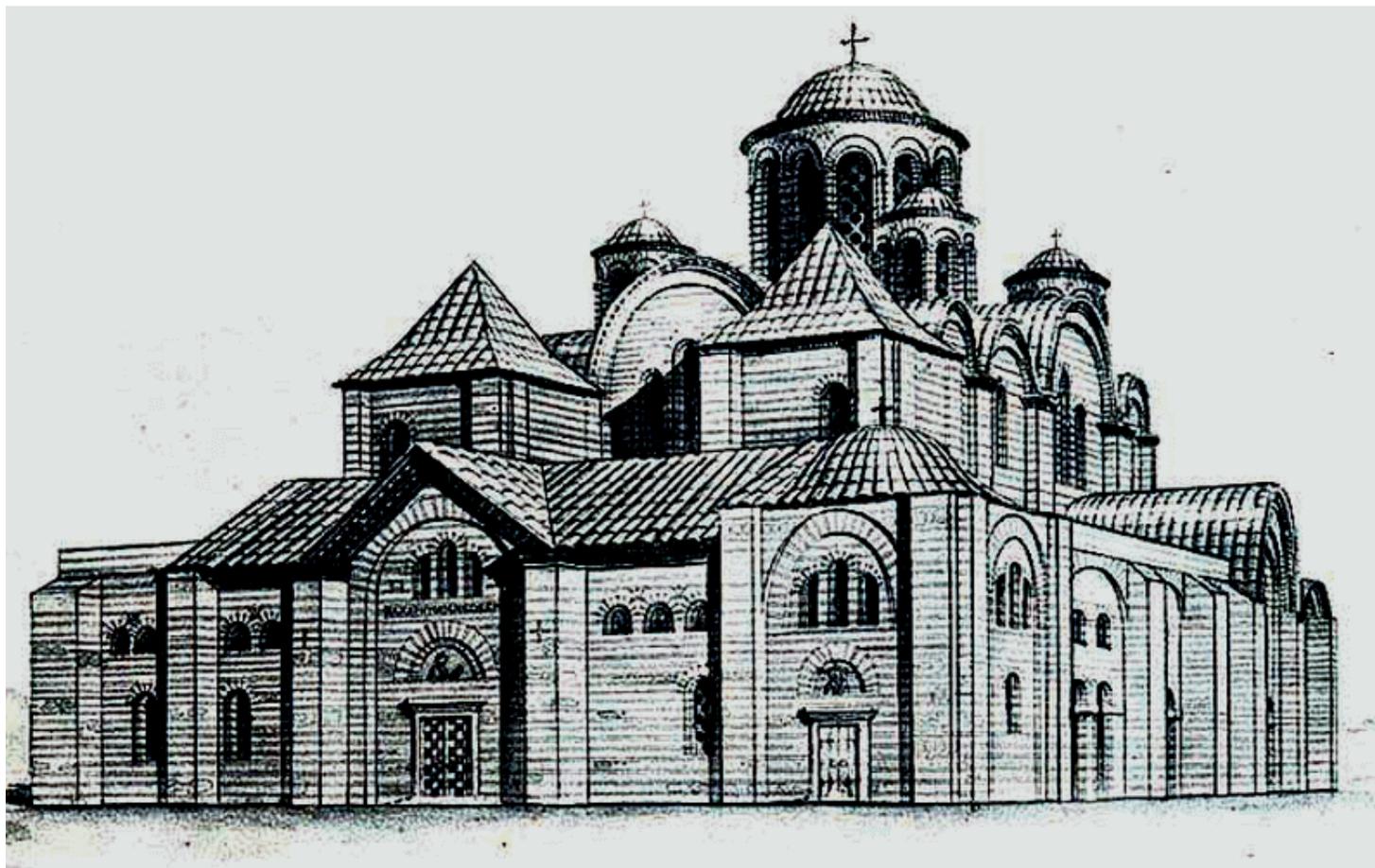


Рис. 6.17. Схема парусного свода Рис. 6.18. Сферический купол Рис. 6.19. Купол на трюпах

Сферические купола (рис. 6.18), **выложенные слоями,** наряду с кладкой рядами, византийцы применяют для сферического купола на парусах. Прием кольцеобразной кладки слоями: в данном случае каждый ряд кладки имеет вид опрокинутого усеченного конуса с вертикальной осью.

Куполы на трюпах (рис. 6.19). **Тромп** (франц. trompe, от древневерхненем. trumba – труба) – треугольная нишеобразная сводчатая конструкция в форме части конуса, половины или четверти сферического купола. **Тромпы** служат для перехода от нижней, квадратной в плане части здания к верхней, круглой или многоугольной в плане (к куполу или его барабану).

Глава 7. Строительные технологии Древней Руси (X–XIII века)



Наиболее древним видом строительства у восточных славян было сооружение жилищ, которые строились **по южному и северному типам**.

Южный тип (рис. 7.1) представлял собой полуземляночное жилище, сооружаемое в открытом котловане. Котлован обычно имел круглую форму диаметром 5–6 м и глубину около 0,5 м. Над котлованом ставился шалаш из тонких бревен, который обтягивался кожей, берестой, камышом или ветвями и засыпался землей. Более прочные жилища полуземляночного типа устраивались в котловане глубиной 1–1,5 м и делались гораздо просторнее. Посредине такого жилища складывался круг из камней, служивший очагом; по краям устраивались нары и вкапывались в землю большие горшки для хранения запасов пищи и вещей. Такие землянки встречаются также и прямоугольной формы.

Северный тип жилища (рис. 7.2) возводился в виде деревянного сруба, установленного на заложенных в землю фундаментах.



Рис. 7.1. Южный тип жилища

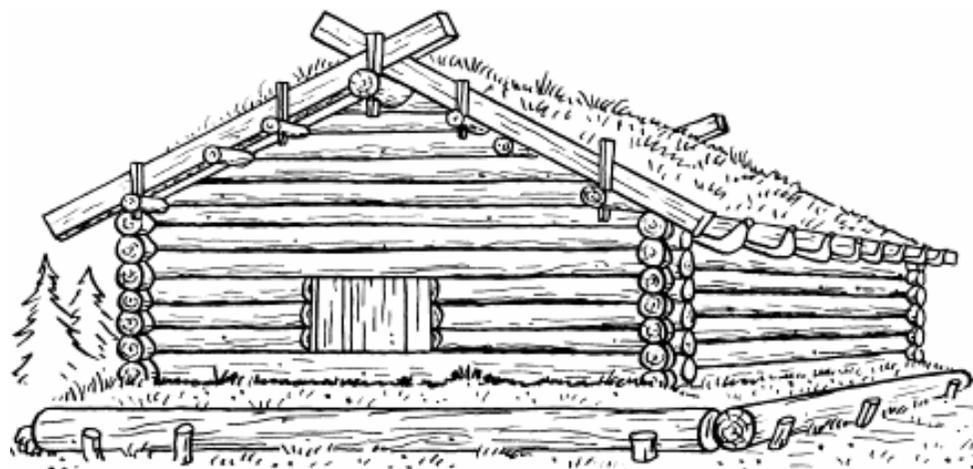


Рис. 7.2. Северный тип жилища

Развитие строительной техники в Древней Руси, начавшееся с устройства городов, явилось и началом строительства военных сооружений. Возникновение городов было связано с возведением укреплений в виде деревянных стен и земляных валов, которые впоследствии заменялись более прочными постройками: появились каменные стены, кремли башни. **Городом** первоначально называлось всякое укрепление, которое обносилось огородительной оградой (какое-либо место) с целью обороны от врагов.

Укрепление государственных границ способствовало сооружению пограничных городов (крепостей) и оборонительных линий, какими являлись засеки, завалы, остроги и редуты или городки.

Оборонительные ограды (рис. 7.3) городов Древней Руси можно разделить на три вида: **земляные, деревянные и каменные.**

Земляные ограды (рвы и насыпи) считаются самым древними оборонительными сооружениями. В летописях земляные ограды назывались первоначально «опом», «приспом», «переспом» от слова «сыпать», а впоследствии – «осыпью». Земляные ограды были **простые**, состоящие из одной земляной ограды, и **сложные**, возводимые из земляной и деревянной (реже каменной) оград.

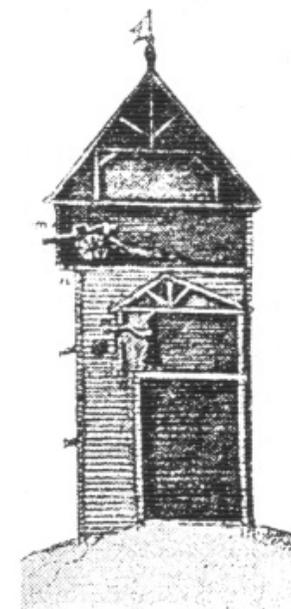
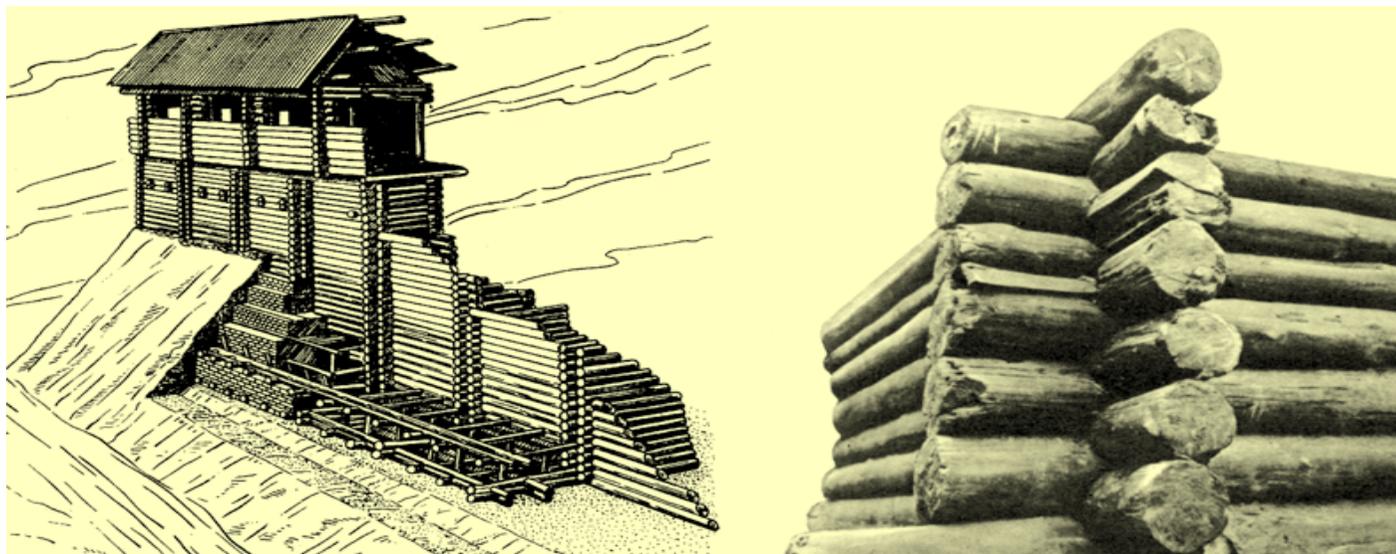


Рис. 7.3. Оборонительная ограда. Фрагмент. Поперечный разрез

Рытье рвов производилось с помощью лопат, а перемещение грунта – корзинами и носилками.

Деревянные оборонительные ограды были двух родов: **венчатые стены**, которыми обносились города, и **тыновые ограды**, служившие для усиления земляных валов и образования острогов (рис. 7.4).

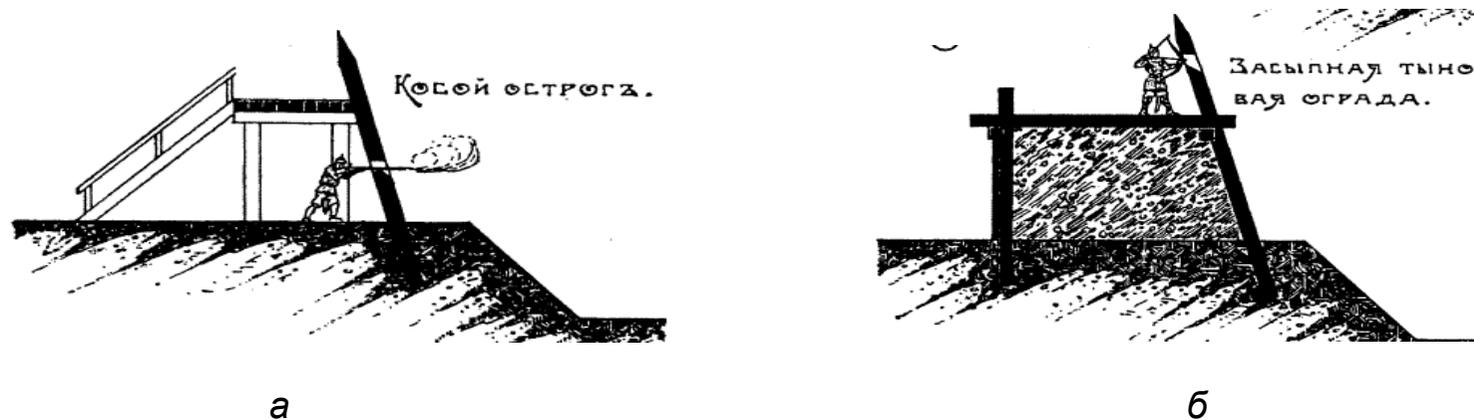


Рис. 7.4. Деревянные оборонительные ограды

По свидетельству историков, славяне до VII в. ограждали свои селения деревянными заборами и земляными окопами. С VII в. начинают появляться **два вида городских сооружений**: первый – **подвижные станы** в дальних походах, которые окружались широким рвом, бревенчатым забором (тыном) с бойницами для бросания стрел или деревянными срубами (засеками), и второй – **неподвижные станы**, или собственно города.

В постройке укреплений в IX и X вв. проявляется стремление создавать неподвижные стены с двойными оградями, деревянными или земляными, и с расположенным внутри городом («детинец» или «днешний град», а впоследствии кремль). В таком детинце устраивался дворец или княжеский терем.

Толщина деревянных венчатых оград устраивалась от 2,1 до 6,4 м и учитывала лишь пространства, необходимые для размещения стрелков, так как метательные машины, а впоследствии и огнестрельные орудия размещались в стеновых башнях. Наружная стена обкладывалась на значительную высоту рядами дерна или обмазывалась глиной, чтобы затруднить возможность поджога стены. Деревянные ограды покрывались обычно крышей, которая сообразно ширине делалась односкатной или двухскатной, и всегда усиливались башнями, служившими для целей обороны. Строительство в Древней Руси, включая раннефеодальный период ее развития, было в основном деревянным.

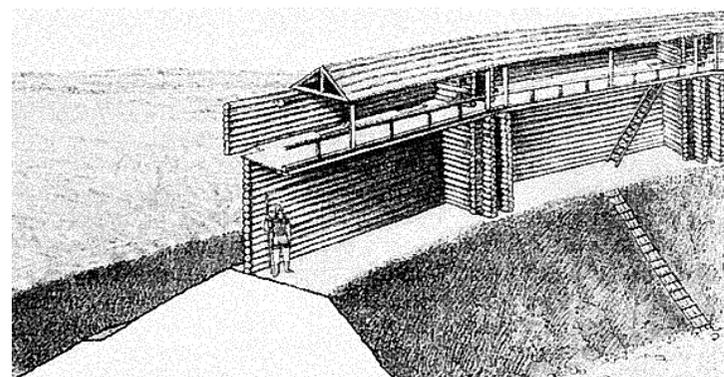
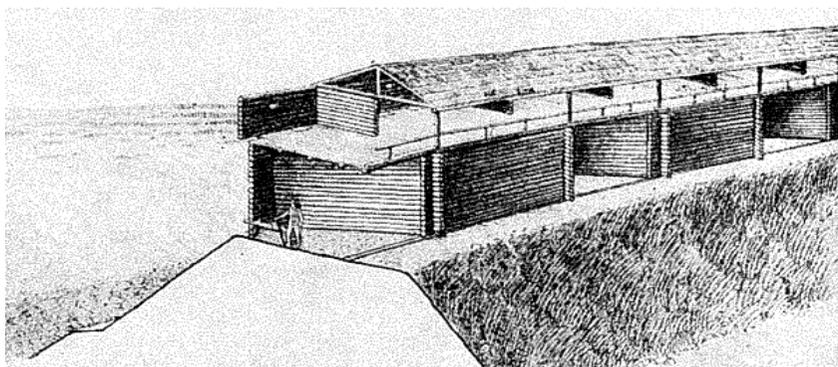


Рис. 7.5. Деревянные оборонительные ограды

С XI в. города на Руси стали обносить **каменными стенами с башнями** (в 1037 г. Киев был обнесен каменными стенами).

Каменные ограды строились из кирпича или из камня и кирпича, при этом **высота их доходила до 10,7 м, а толщина – до 5–6 м**. Высота оград соразмерялась с важностью укрепленного пункта, а толщина определялась разрушительной силой стенобитных машин того времени, а в дальнейшем (XIV в.) – артиллерии и шириной стены поверху, которая вытекала из необходимости размещения стрелков. Для входа на стену устраивались каменные и деревянные лестницы, помещаемые в толще стены, внутри башен или у стены (рис. 7.5–7.6).

Башни строились глухими и проезжими, с различными наружными очертаниями, причем чаще круглые и четырехугольные. **Круглые башни имели наружный диаметр от 21,3 до 36,3 м. Башни строились 3, 4 и 5-этажные высотой до 32 м**, причем нижние этажи были закрытыми, а верхний этаж – открытым; верхняя площадка обносилась каменным парапетом. В башнях делались проходы прямого направления, закрывавшиеся с наружной и с внутренней стороны воротами. Проем ворот составлял высоту от 4,26 до 6,4 м (от 2 до 3 саж.) и ширину 4,26 м.

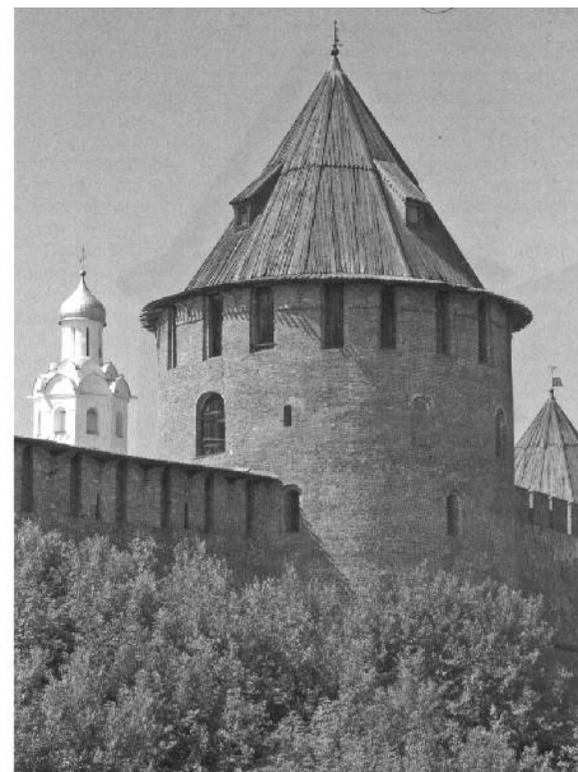


Рис. 7.6. Каменные оборонительные стены с башнями

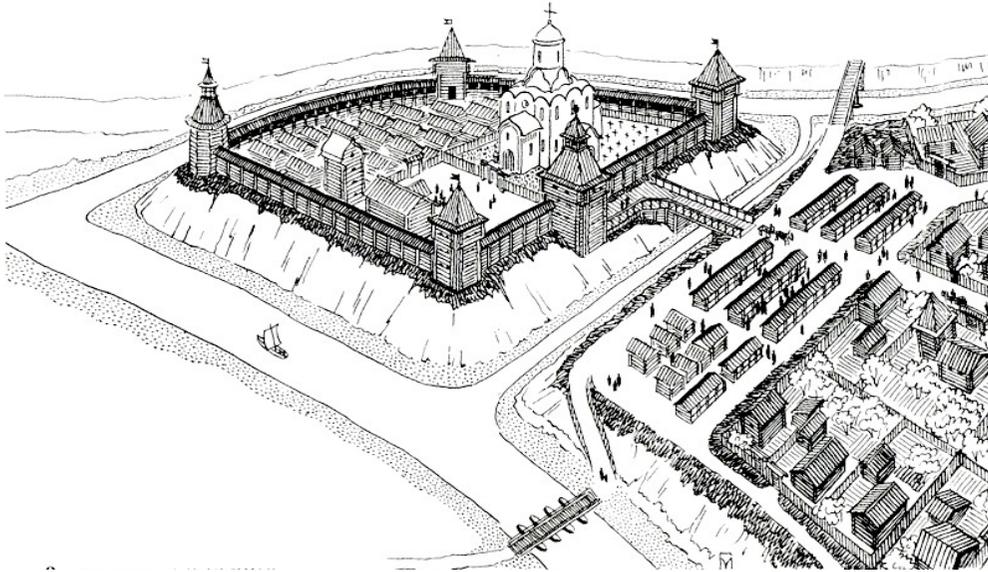


Рис. 7.7. Схема древнерусского города

Мосты через окружавшие стены рвы строились каменные и деревянные. Первые мосты были **наплавные**, сооружаемые на баржах. Одним из древних наплавных мостов является мост, построенный в Новгороде через р. Волхов. В летописях времен Ярослава Мудрого можно найти указание, что кроме войска, которому поручалось возведение укреплений, строительством занимались особого звания люди: **городники, мостники, «порочные мастера»**.

В обязанности **городников** входило сооружение городских стен; **мостников** – устройство различного рода переправ; **порочных мастеров** – устройство различного рода машин, необходимых для осады и полезных в полевых действиях. Порочные мастера находились всегда при войске, чинили старые и устраивали новые «пороки». Развитие строительства в XI в. обусловило издание специальных правил на строительные работы, собранных в изданном при Ярославе **«Строительном уставе»**, который явился первым русским кодексом общеобязательных строительных норм и правил. К этому времени орудия труда стали почти одинаковыми по всей Европе; мало различались и способы работы.

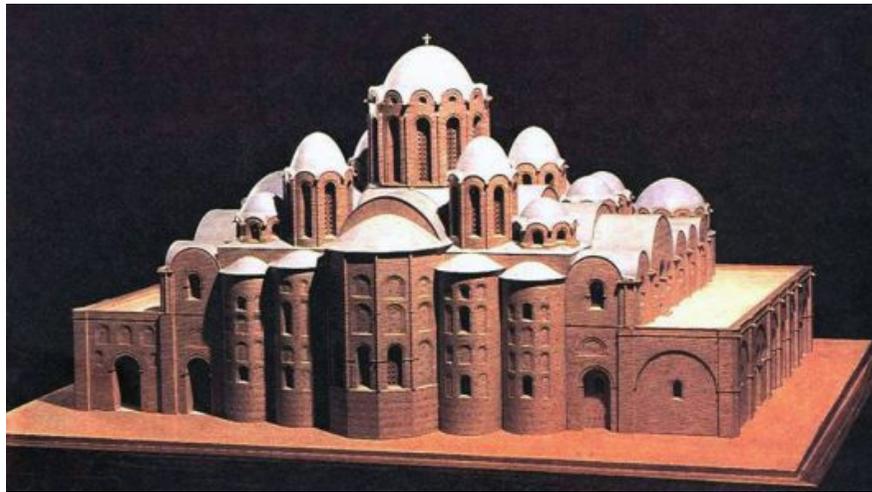
Важное место наряду с Киевом в XI в. занимал Великий Новгород (рис. 7.7), где широко развернулось строительство различных общественных зданий, церквей, крепостных сооружений и домов. С древних времен улицы Новгорода мостились. «Русская правда», занесенная в первую Новгородскую летопись, и устав о мостах указывают на существование **государственной мостовой повинности в Великом Новгороде**. Отсюда видно, что уже в XI в. мостовому делу придавалось очень важное значение. Улицы Новгорода, имевшие ширину до 3,5 м, **выстилались деревянным настилом из широких сосновых плах** различной ширины – от 20 до 50 см, поверх которых укладывался **второй настил из лаг** диаметром 10–15 см, идущий перпендикулярно к плахам нижнего настила. Впоследствии улицы Новгорода мостили дубовыми плахами.

В X в. в связи с принятием христианства на Руси стали появляться **каменные здания – церкви, сооружаемые в основном византийскими мастерами при участии русских мастеров**. Поэтому и кладка стен в начальный период каменного строительства на Руси осуществлялась **по византийскому образцу**.

Характерными особенностями византийской кладки являются: **чередование рядов бутовой кладки с рядами кирпича**; применение кирпича (плинфы), близкого к квадрату в плане, с размерами, большими по длине и ширине и очень малыми по толщине; **широкие швы раствора**, равные по толщине кирпичу; **добавка в известковый раствор толченого кирпича (цемянки)**.

Русские мастера в течение короткого времени успешно освоили этот вид кладки, в результате чего во второй половине XI в. стало проявляться самостоятельное творчество русских мастеров в каменном строительстве Древней Руси. При этом конструкции каменных зданий видоизменялись, упрощались, облегчались и приобретали национальный характер.

Выдающимся памятником каменного строительства того периода является **Софийский собор в Киеве, построенный в XI в.** (рис. 7.8).



а



б

Рис. 7.8. Софийский собор в Киеве. Модель (а); фрагмент старой кладки (б)

До первой половины XII в. кладка стен зданий в древнерусском государстве состояла в основном из двух внешних стенок, которые возводились из рядов рваного камня, чередующихся с рядами плиткообразного (плинфового) кирпича. Размеры сторон кирпича доходили до 400×400 мм при толщине 25–45 мм. Кладка выполнялась на известковом растворе. Толщина швов кладки доходила до 45 мм, т. е. равнялась толщине кирпича. Внутреннее пространство между стенками забучивалось рваным камнем и битым кирпичом с заливкой известковым раствором. Такая **кладка получила название бутовой**.

Бутовая кладка, продолжавшая долгое время оставаться преобладающей, начала постепенно видоизменяться. Так, для наружного оформления фасадов зданий, как, например, в Софийском соборе в Киеве, **ряды кирпичей стали утапливать в толщу стены**, а остающиеся борозды замазывать раствором. Кроме того, из экономических соображений ряды кирпича начали укладывать не через один ряд камня, а через два-три ряда.

Другим примером каменной кладки XI в. могут быть стены **Золотых ворот в Киеве**, которые состояли из двух облицовочных стенок, выложенных из рядов серого, грубо отесанного **гранитного камня**, **чередующихся с пятью рядами плоского кирпича (плинфы)** толщиной 40–50 мм на известково-цемяночном растворе с толщиной швов 13 см. **Внутреннее пространство между стенами было забучено рваным камнем с проливкой тем же раствором**. Таким образом, кроме желания оформлять внешний вид кладки по своему вкусу, русские строители стали в целях экономии кирпича и отесанных камней внедрять в кладку местные материалы – **бутовый и булыжный камень**. В Киевской Руси применялись также **облегченные конструкции стен**. Например, стены Дмитриевского собора во Владимире (рис. 7.9) состоят из внутренней и наружной верст, выложенных из тесаных известковых камней, **между которыми уложена забутка из более легкого туфового известняка**.

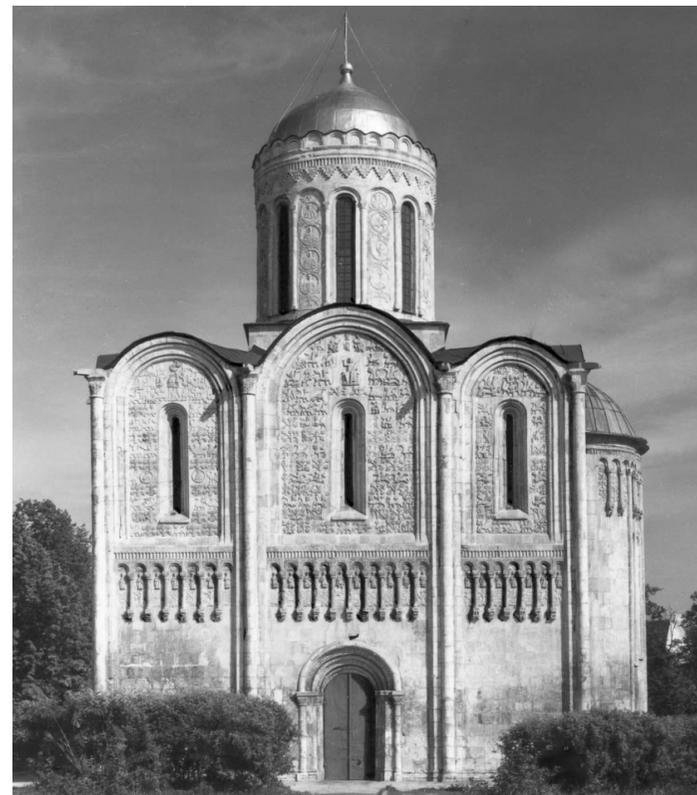


Рис. 7.9. Дмитриевский собор во Владимире

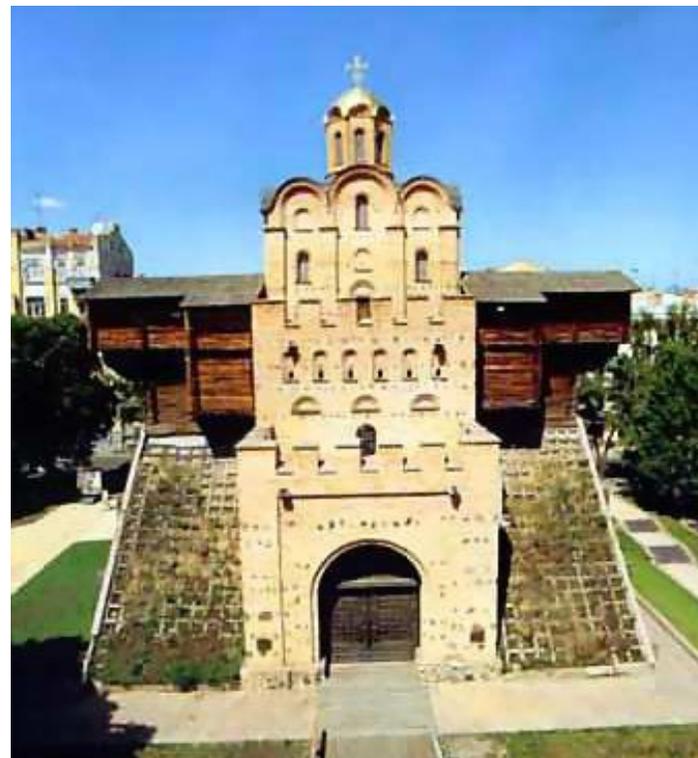


Рис. 7.10. Золотые ворота в Киеве

Золотые ворота — один из немногих памятников оборонного зодчества Киевской Руси периода правления Ярослава Мудрого (рис. 7.10).

Золотые Ворота представляют собой **крепостную башню с широким (до 7,5 м) проездом**. Внутри проезда выступают мощные пилястры, на которые опирались арки свода. **Высота сохранившихся стен достигает 9,5 м**. Ворота были каменными в силу того, что этому сооружению придавалось особенное значение. Над воротами была построена надворотная церковь, увенчанная золотым куполом, откуда и произошло название «Золотые ворота».

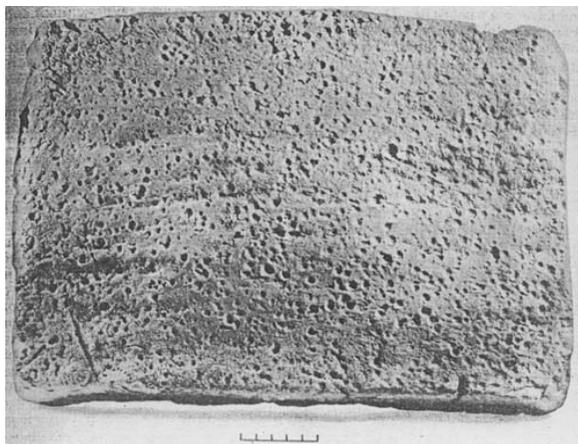
Строили их в технике смешанной кладки, известной ещё со времен Древнего Рима: слои камней перемежались с выравнивающими рядами плитки. Декоративные особенности кладки хорошо читаются на лицевой поверхности стен.

Строительные материалы Древней Руси

Кирпич. Со времени возведения в Киеве первой каменно-кирпичной постройки в конце X в. и вплоть до монгольского вторжения в середине XIII в. кирпичи, применявшиеся на Руси, имели форму тонких и относительно широких плиток. В древнерусских письменных источниках кирпичи называли греческим словом “плинфа”. Этот тип кирпичей проник на Русь из Византии.

Анализ кирпичей древнерусских памятников показал, что в течение всего XI в. для кирпичей использовали **каолиновую глину**, которую иногда приходилось подвозить издалека. Кирпичи, изготовленные из такой глины, имеют обычно не красный, а розовый, палевый или светло-желтый цвет. К концу XI в. очевидно, что стали применять также и другие сорта глины. В XII в. для изготовления кирпичей уже повсеместно пользовались местной глиной.

О системе формовки мы можем в известной мере судить по следам, сохранившимся на самих древнерусских кирпичях. Очевидно, что глину набивали в **деревянную форму-рамку**, а затем излишек срезали деревянным ножом (правилом) до уровня верхнего края рамки.



*Рис. 7.11. Кирпич со следами дождя.
Церковь Михаила в Переяславле*

Из этнографических данных известно, что при сушке сырцы сперва укладывали плашмя, а затем поворачивали на ребро, после чего складывали в штабеля (или «банкеты»). **Процесс сушки продолжался 10-14 дней**, но при неблагоприятных погодных условиях растягивался на месяц (рис. 7.11).

Формовка кирпичей производилась не круглый год, а лишь во время строительного сезона.

Наиболее употребительным был **размер 30 x 35 см при толщине 2,5 см**, однако встречались как более узкие кирпичи (24 x 35 см), так и квадратные (31 x 31 см).

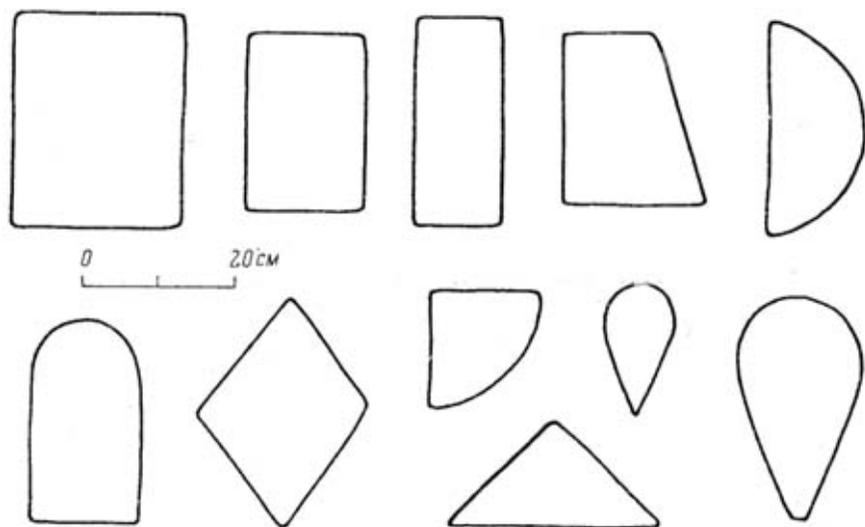


Рис. 7.12. Набор кирпичей собора Спасского монастыря в Новгороде-Северском

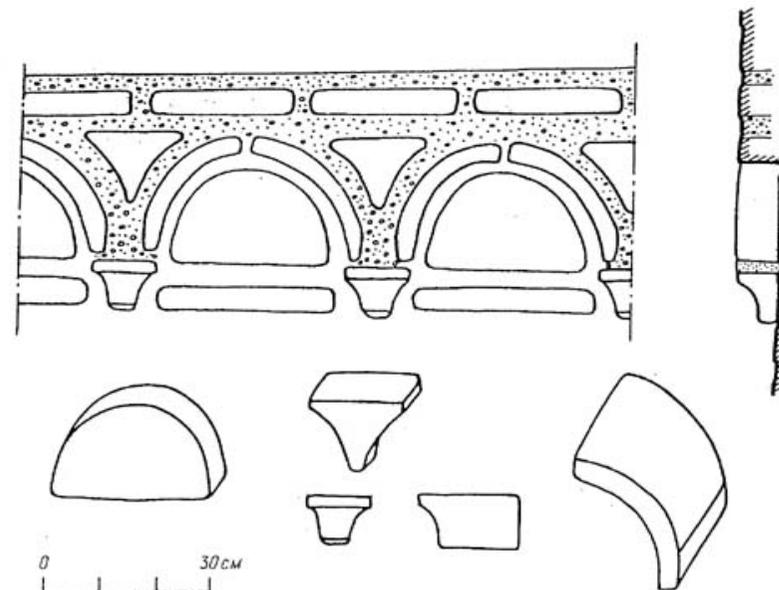


Рис. 7.13. Лекальные кирпичи аркатурного пояса. Киев. Кирилловская церковь

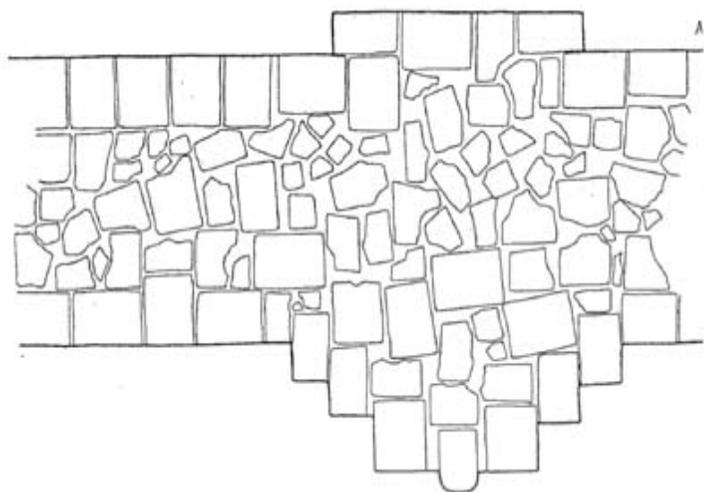


Рис. 7.14. Кладка пилястры. Смоленск. Церковь на Малой Рачевке

Сравнение основных размеров кирпичей различных памятников показывает, что здесь существует определенная закономерность: **чем моложе памятник, тем меньше его кирпичи**. Причины, вызывавшие постепенное и очень равномерное уменьшение размеров кирпичей, несомненно **связаны с определенной системой формовки и обжига**. До настоящего времени эти причины еще не вполне выяснены (рис. 7.12–7.14).

Наряду с кладкой из кирпича и из природного камня русские строители осуществляли **кладку «в коробку»**, т.е. с применением опалубки из расколотых плах или бревен. В такой кладке, представляющей собой прообраз будущих конструкций из бутобетона, раствор занимал от 0,5 до 0,75 объема стен.

В древнерусском зодчестве широко применяли **камень**.

Для фундаментов обычно использовали валуны как крупные, так и довольно мелкие.

При смешанной кладке стен в памятниках эпохи Киевской Руси употребляли крупные необработанные камни: кварцит, гранит или гнейс с более или менее плоскосколотой лицевой поверхностью. В тех же случаях, когда в памятниках конца XII в. камни в кладке стен играли только декоративную роль, подбирали экземпляры различного цвета. Лицевая поверхность таких камней делалась плоской и подшлифовывалась (рис. 7.15).

В памятниках Киева, Чернигова и Переяславля XI и частично XII в. в качестве декоративного материала широко применяли так называемый красный шифер, т.е. пиррофиллитовый сланец.

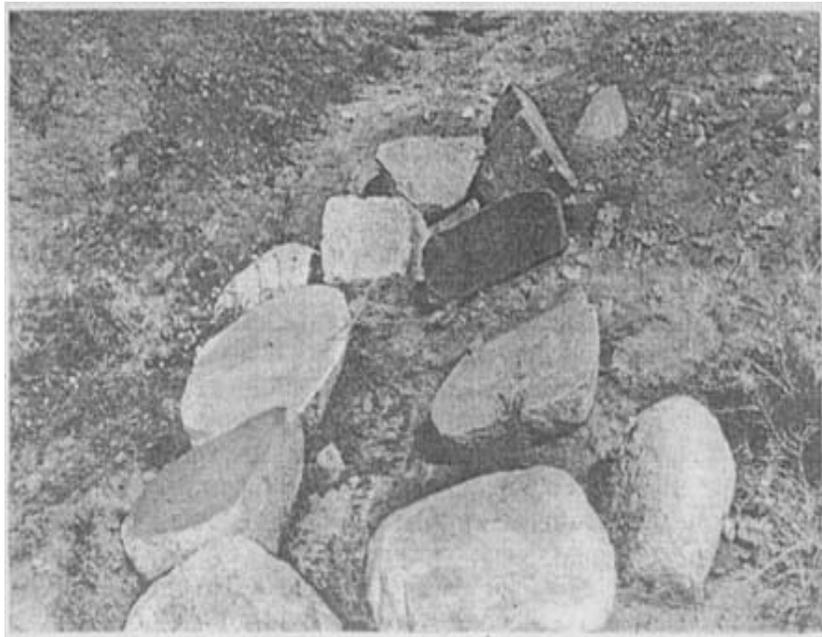


Рис. 7.15. Камни, приготовленные для декоративного оформления стены

О том, какими **инструментами** обрабатывали камень, можно судить по их следам, оставшимся на отесанной поверхности.

Чаще всего применяли двусторонний инструмент на ручке типа молоточка с острыми лезвиями; по современной терминологии – **тесовик**. Употребляли обычно тесовики с прямым лезвием и профильной заточкой. Кроме того, пользовались теслами с выгнутым лезвием и скарпелями – тип стамески с прямым и полукруглым лезвиями.

Судя по венгерским аналогиям, **в ходу были три типа инструментов: молотки, топоры и долота.**

Блоки тесаного белого камня не имели стандартных размеров. Во владими́ро-суздальском зодчестве, а также в галицком высота блоков обычно колебалась от 30 до 45 см, длина – от 40 до 60 см, порой даже до 80 см.

Известь и растворы. Основным связующим материалом, употреблявшимся в древнерусском строительстве, была известь. Получали ее путем обжига известняка в специальных печах.

Заполнителем растворов Киевской Руси является цемянка, т.е. мелкотолченая керамика. Использование цемянки в качестве заполнителя - прием, широко применявшийся в византийском зодчестве и имевший древние традиции, восходящие к античности.

В киевских растворах XI в. и в растворах Переяславля – это специально **обожженная и затем размолотая глина.**

В дальнейшем, к концу XI в., в качестве цемянки начинают употреблять наряду со специально обожженной глиной также мелкотолченый **кирпичный бой.**

В XII в. специально обожженная глина применяется уже редко, а используют почти **исключительно кирпичный бой.**

С точки зрения экономичности это было, несомненно, очень выгодно, поскольку позволяло с пользой употребить брак кирпича. Кроме того, цемянка, изготовленная из кирпичного боя, дает, как правило, более крупные фракции заполнителя, чем специально обожженная глина. Наличие же крупных фракций заполнителя уменьшает усадку при твердении и обеспечивает раствору большую стойкость от растрескивания.

Но заменяя мелкие керамические фракции более крупными, строители теряли другое преимущество: цемянка переставала играть роль гидравлической добавки, придававшей раствору гидравлические качества, т.е. способность схватываться во влажной обстановке. Очевидно, это качество раствора древнерусские строители не считали необходимым.

Все растворы памятников Киева, относящихся к XI-началу XII в., являются известково-цемяночными.

Известковая вяжущая масса составляет не менее 50 %. Таким образом, отношение вяжущего к заполнителю в данных растворах от 1:1 до 2:1, т.е. растворы чрезвычайно жирные. Этим они резко отличаются от современных известковых растворов, где соотношение обычно 1:3.

Голосники (рис. 7.16). Среди строительных материалов Древней Руси заметное место занимали керамические сосуды: их использовали в кладке верхних частей здания и в первую очередь при устройстве сводов. Широкое распространение этого приема в византийском зодчестве уже давно отмечено исследователями.

В русской архитектуре такие сосуды принято называть голосниками. Исходя из названия, в литературе неоднократно высказывалась мысль, что основная цель применения этих сосудов – улучшение акустических свойств сводчатых помещений (рис. 7.17).

Очевидно, сосуды применяли главным образом **для облегчения веса сводов**. Впрочем, это нисколько не противоречит тому, что какая-то часть сосудов вставлялась в кладку иначе – с отверстиями, открытыми внутрь здания, т.е., очевидно, для улучшения акустики. Подобный прием хорошо известен и в византийском зодчестве, где он имел старые традиции, восходя к античности. Применение "резонаторов" (сосудов, служивших для улучшения акустики) известно и в западноевропейском средневековом зодчестве.

Судя по найденным при раскопках обломкам, сосуды-голосники были применены уже в древнейшей постройке Киева – Десятинной церкви (рис. 7.18). В дальнейшем они использовались во всех памятниках зодчества Киевской Руси. При этом употреблялись сосуды двух типов: привозные **греческие амфоры** и **горшки** местного производства, в основном специально изготовленные для строительства. В большинстве случаев в каждом памятнике были сосуды обоих типов (рис. 7.19).

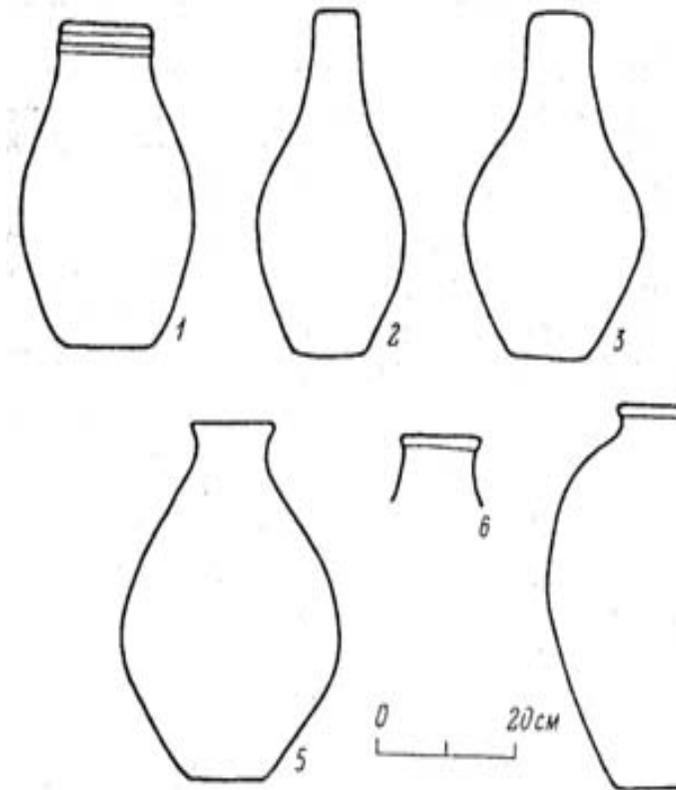
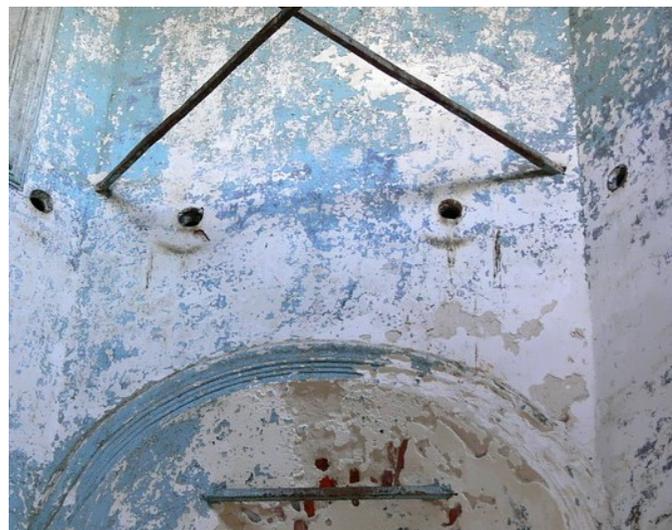


Рис. 7.16. Голосники



а



б

Рис. 7.17. Свод (а) и стены храма (б) с голосниками

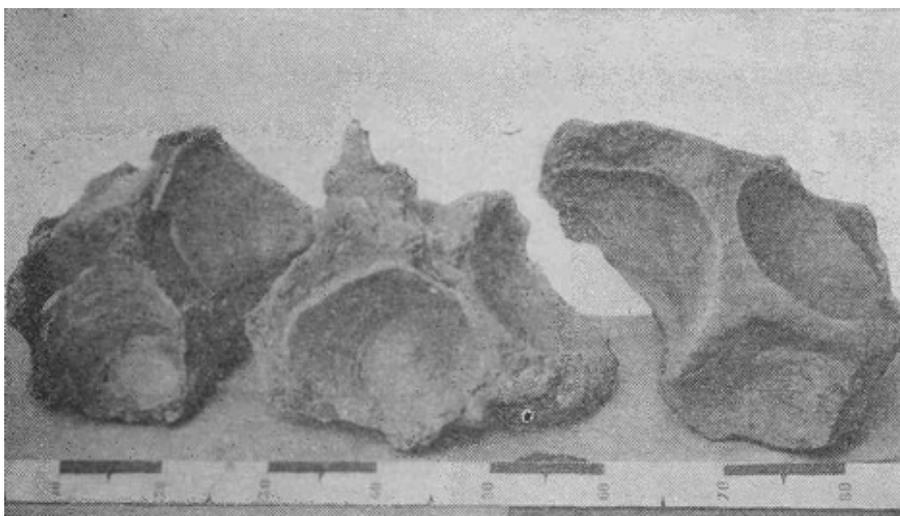


Рис. 7.18. Фрагменты голосников

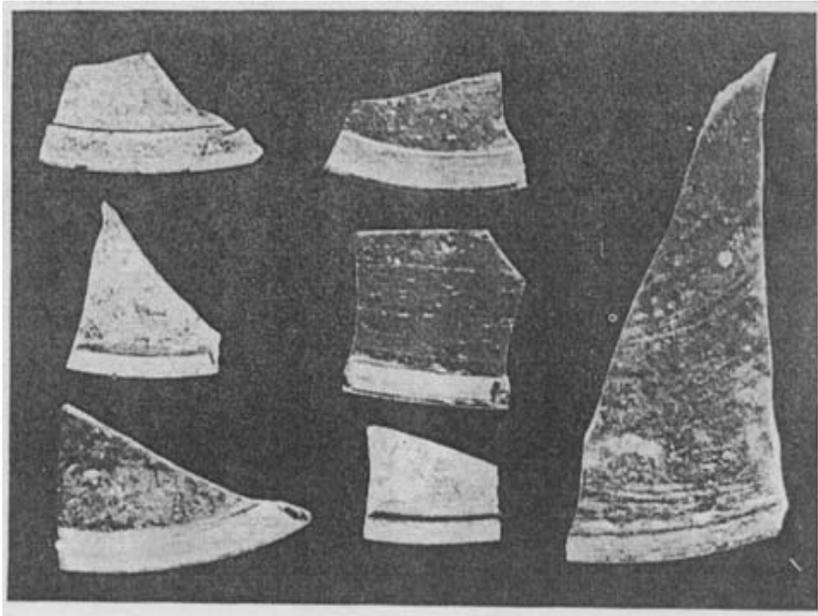


Рис. 7.19. Голосник

Одним из видов строительных материалов, встречающихся при исследовании памятников древнерусского зодчества, являются **оконные стекла**. Обломки этих стекол находили в большинстве памятников Киева, Переяславля, в нескольких памятниках Чернигова.

В подавляющем большинстве случаев оконные стекла представляют собой круглые диски диаметром от 10 до 22 см. Реже встречаются стекла иной формы – треугольные, прямоугольные. Толщина стекол обычно от 1 до 3 мм.

По краю многих из них проходит "ребро жесткости" – утолщение или загнутый бортик. Стекла полупрозрачные, чаще желтоватые.



*Рис. 7.20. Обломки оконных стекол.
(Переяславль. Церковь Михаила)*

Исследователи отмечали, что оконные стекла Древней Руси, несмотря на свою связь по происхождению с византийскими, имеют, однако, существенные отличия от последних как по химическому составу, так и по способу изготовления (рис. 7.20).

Недостаточно изучен вопрос о производстве на Руси смальты для мозаик. Некоторые исследователи считают, что основную часть мозаичной смальты привозили в готовом виде из Византии, а в Киеве приготавливали лишь недостающее количество для набора золотого фона, причем тоже из привозного сырья. Однако другие исследователи полагают, что большую часть материалов для мозаик изготавливали на Руси.

Глава 8. Строительное искусство в странах Западной и Центральной Европы в X–XIV веках. Эпоха Средневековья



Военное противостояние Европы с норманнами (скандинавами) и мадьярами (венграми) закончилось во второй половине X в. К тому времени во Франции возобновилось строительство аббатств и монастырей, служивших главными очагами знания и образования. В то же время произошло формирование двух архитектурных стилей средневековой Европы (главным образом Западной): романского и готического.

Романский стиль, господствовавший в архитектуре Средневековья в X–XI вв., отличался тяжеловесностью форм, преобладанием грузных и неподвижных каменных масс. Мощные стены, толщину которых подчеркивали узкие оконные проемы, массивные столбы и колонны, придавали зданиям суровый крепостной вид.

Появившийся в XII в. на смену романскому стилю **готический стиль** охватил все пространство Европы от Северного моря до Средиземного и господствовал до XIV–XV вв. Основная идея готики находит решение в конструкциях остроконечной стрельчатой арки и каменного каркаса. Основными формами становятся многогранная пирамида вместо купола, а также крутой скат крыши.

Романский и готический стили архитектуры были невозможны без архитектурного опыта предшественников и накопленных ими математических знаний. **Метод геометрических пропорций** преобладал благодаря авторитету учёных арабской Испании и античных математиков, произведения которых активно переводили в средневековой Франции. **Геометрия** поражала воображение средневековых художников как универсальное средство познания и моделирования вселенной.



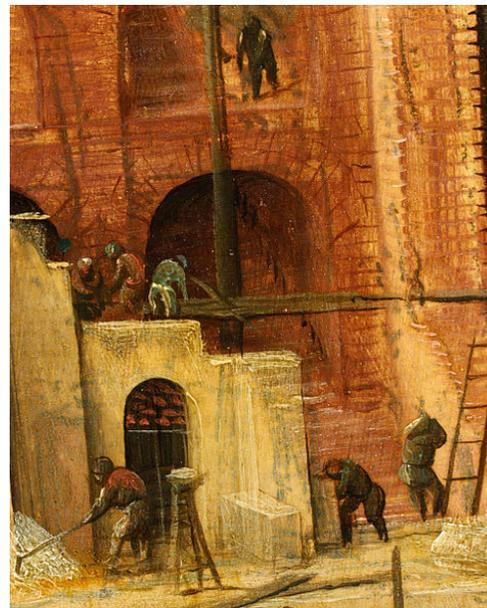
Рис. 8.1. Майнц. Собор Санкт-Мартин-унд-Санкт-Штефан

Для возведения величественных соборов требовались разведанные залежи камня, песка, извести, лес (древесина), а также наличие свинца (свинцовыми пластинами покрывали протяжённые готические крыши). Всем этим условиям отвечали территории средневековой Франции, Испании, Великобритании, Чехии, Италии, именно здесь были построены знаковые памятники средневековой архитектуры.

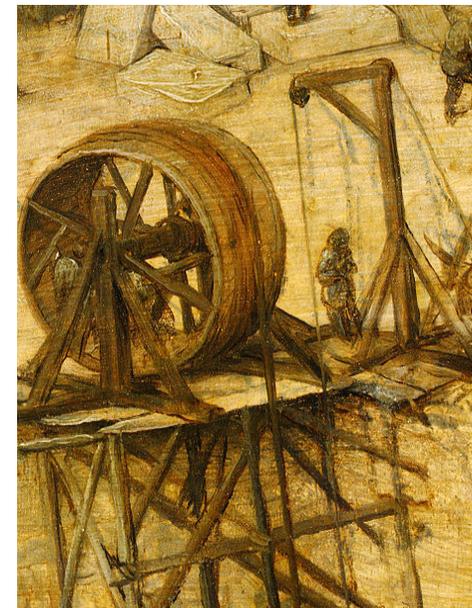
Основным **строительным материалом** был камень. Дерево не годилось для исполинских сооружений, и частые пожары ограничивали использование этого материала.



а



б



в

Рис. 8.2. Инвентарь, применявшийся для строительства: железные инструменты (а), механические пилы, элементарные системы блоков (б) и большие деревянные колеса (в) для доставки строительных материалов на значительную высоту (широкое использование этих колес и других инженерных устройств зафиксировано в книжных миниатюрах, на картинах известных нидерландских художников эпохи Возрождения Яна ван Эйка и Питера Брейгеля-старшего)

В эпоху Средневековья города становятся центрами производства и ремёсел. Возникают и крепнут профессиональные гильдии и цехи.

Цех – союз средневековых ремесленников по профессиональному признаку. Деятельность цехов не ограничивалась производством и сбытом готовых изделий. Задача его состояла в том, чтобы оградить членов цеха – мастеров от нецеховых ремесленников, от конкуренции постоянно прибывавших в город крестьян. Цеховые уставы регламентировали качество продукции, рабочее время, размеры мастерских, цены готовой продукции, ограничивали число мастеров. За соблюдением цеховых интересов следили старейшины. Цех объединял мастеров и во внехозяйственной деятельности. Он всесторонне охватывал личную, семейную, общественную жизнь ремесленника.

Внутри отдельных мастерских цехом устанавливалась трёхчленная иерархия: мастер, подмастерья, ученики. Подмастерье – это высококвалифицированный платный работник. Ученик сам должен платить мастеру за обучение. Мастером можно было стать только после определенного времени обучения, странствий по другим городам Европы и успешной сдачи экзамена на звание мастера.

В уставе одного из цехов 1685 г. написано: *«Никто не может стать мастером иначе, как имея честное свидетельство о рождении и учебе, и если он может достоверно утверждать, что три года провел в других городах и странах, изучая специальность, и в годы своих странствий вел себя достойно и честно. Мастером же он может стать не раньше, чем проработав здесь четверть года у одного из мастеров и на нашей очередной попойке, или кварталии, поставив рейхсталер, потребовать право мастера. После этого он должен еще полгода служить подмастерьем у одного из мастеров, чтобы было видно, всему ли он обучен и может ли работать, как подобает мастеру. После этого он снова должен потребовать права мастера и при содействии и согласии господ цеховых за свой счет в доме ольдермана (старейшины цеха) или какого другого мастера сделать шедевр, как предусмотрено уставом».*

Со временем переход подмастерья в мастера стал затруднительным, возник особый слой «вечных подмастерьев», а цеха замкнулись. Таким образом в XIV–XV вв. цехи постепенно стали превращаться в тормоз прогресса и роста производства.

Первые соборы Средневековья представляли собой римские базилики, перекрытые клинчатыми сводами, возводимыми из тесаного камня при помощи кружал, причем грубая отеска мешала перекрыть пролет более 10 м и сделать свод тоньше 60 см. Применение бетона было невозможным из-за трудоемкости в подобных конструкциях и нехватки рабочей силы.

По началу конструкция каменного **крестового свода** (рис. 8.3) сделала квадрат преобладающим элементом плана. При этом сосредоточение распора по диагонали крестового свода потребовало применения для восприятия распора массивных контрфорсов сечением до 2 м и в то же время ограничивало высоту построек до 20 м.

Постепенное реверсирование церкви из молитвенного дома в место светских собраний вызвало стремление увеличить высоту, объем и пролет самого здания. Таким образом, главной строительной задачей при сооружении готического собора стало создание достаточно емкого планировочного решения, позволяющего зданию вмещать как можно больше посетителей. Так, например, собор Нотр-Дам в Париже предполагает вместимость до 10 тысяч человек (рис. 8.4).

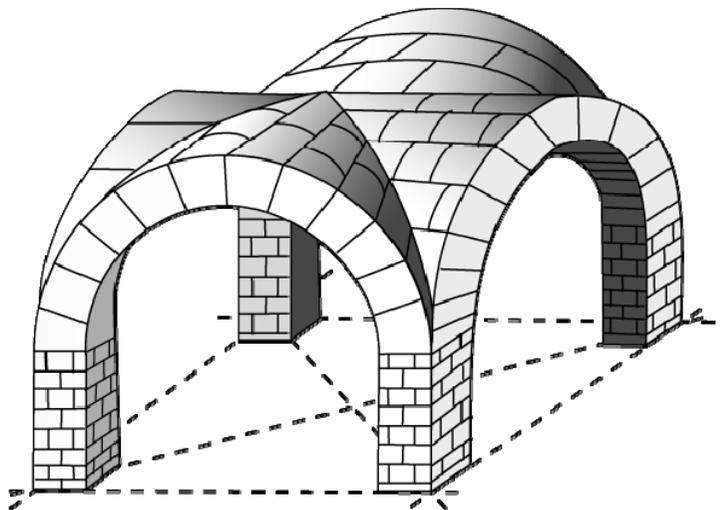


Рис. 8.3. Схема крестового свода



Рис. 8.4. Собор Нотр-Дам де Пари

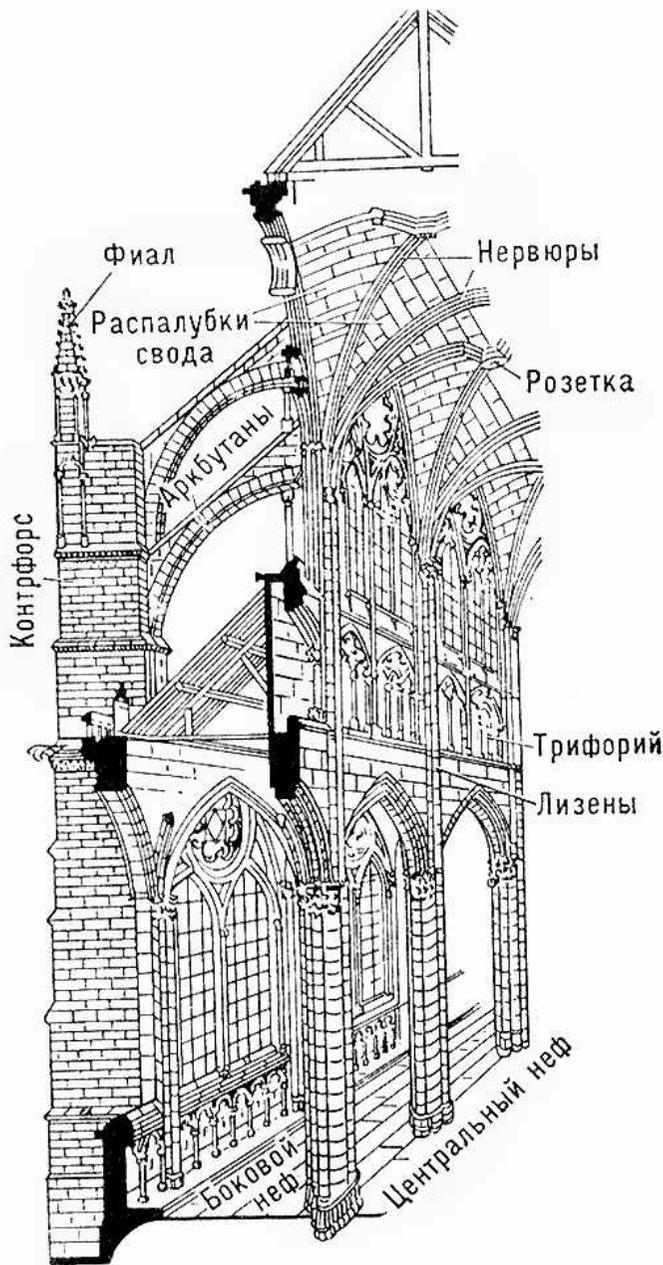


Рис. 8.5. Конструктивная схема готического храма

Средством освободиться от квадратной формы в плане явился **стрельчатый крестовый свод**, завезенный с Востока крестоносцами в период XI–XIII вв. Разделение свода на каркас (нервюры) и заполнение создало возможность увеличить пролет свода до 15 м и уменьшить его толщину до 25 см.

Кроме того, изменение конструкции свода повлекло за собой разделение стены на систему несущих опор и легкое стеновое заполнение застекленными оконными переплетами (рис. 8.5, 8.6).

Такая каркасная конструкция потребовала более мощных контрфорсов. Стремление использовать баковые нефы заставило строителей готических храмов отодвинуть контрфорс от пильера, к которому его первоначально прислоняли, и передать распор контрфорсу при помощи специальной подпорной арки – так называемого аркбутана. При этом опасность сдвигов в кладке контрфорса, а также его опрокидывания предотвращались надстройкой на контрфорсе специальных башенок – пинаклей.

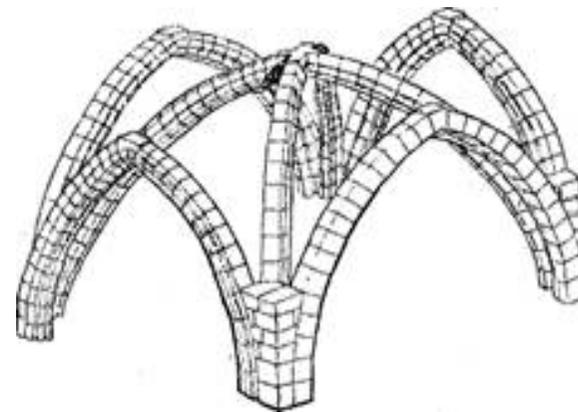


Рис. 8.6. Схема стрельчатого крестового свода

К лучшим готическим сооружениям эпохи феодализма XI–XIV вв. могут быть отнесены соборы: Кельнский, Страсбургский, Реймский, Антверпенский, Фрейбергокий, Нотр-Дам в Париже, Вестминстерское аббатство в Лондоне и др. (рис. 8.7–8.10).



Рис. 8.7. Страсбургский собор. Франция



Рис. 8.8. Реймский собор. Франция

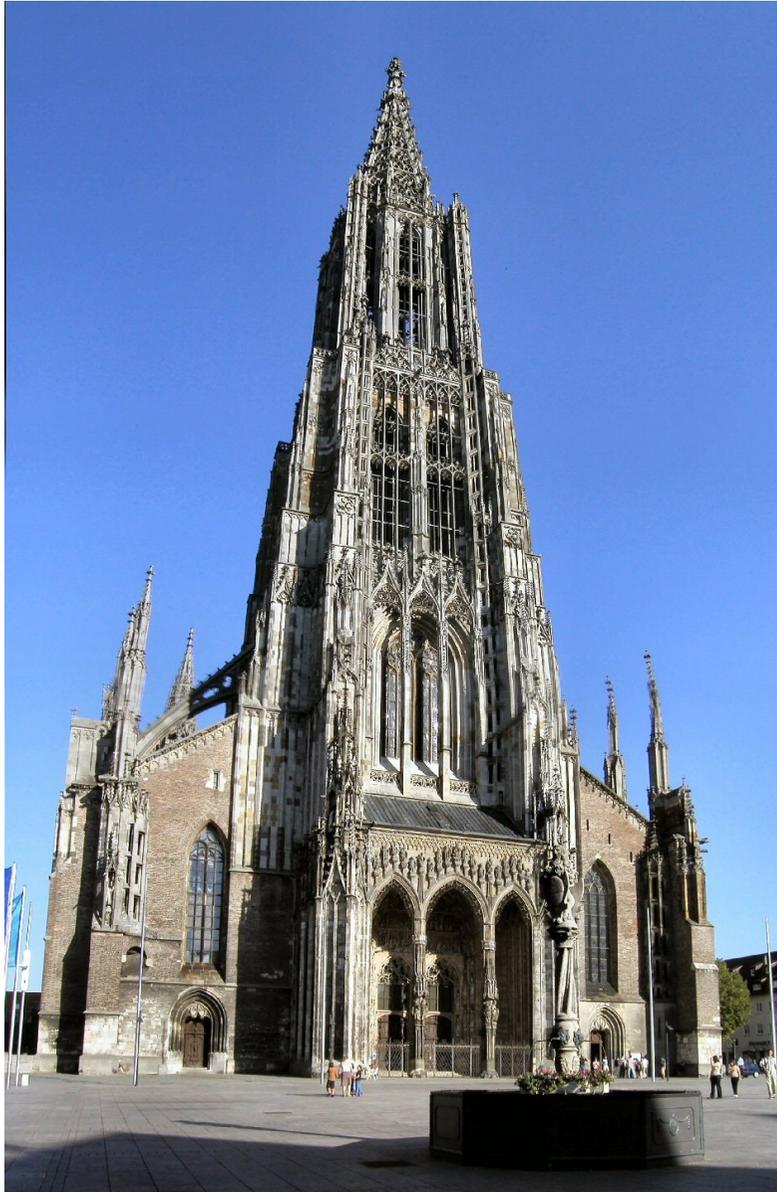


Рис. 8.9. Фрайбургский собор. Германия



Рис. 8.10. Вестминстерское аббатство. Англия

Наиболее интересными с точки зрения истории строительной техники являются соборы в Бовэ (Франция) и в Кельне (Германия).

Собор в Бовэ (рис. 8.11) строился с 1217 по 1272 г. Высота его достигала 49 м, пролет среднего нефа – 15,5 м, боковых нефов – 5 м. Своды среднего нефа поддерживались двухпролетным и двухъярусными контрфорсами высотой 45,5 м и сечением у основания 6,5×2,5 м с пинаклями высотой 6 и 5 м. В 1284 г. под влиянием осадки опор своды собора рухнули, причем восстановить их удалось лишь в первой половине XIV в. В 1573 г. вследствие обрушения восьмигранной ажурной башни на пересечении продольного и поперечного нефов собор вновь был разрушен.



Рис. 8.11. Кафедральный собор Сен-Пьер в Бовэ. Франция

Сооружение **Кельнского собора** (рис. 8.12) было начато в 1248 г. по проекту каменных дел мастера Гергардта фон Риле на месте сгоревшего деревянного собора, построенного в IX в. В 1322 г. было начато строительство хоров и продольного нефа. В 1337 г. южная башня собора достигла такой высоты, что на ней смогли повесить колокол. Однако эта башня оставалась долгое время недостроенной, и на ней до 1868 г. стоял журавль, при помощи которого поднимали материалы в период строительства.

Строительство собора было закончено лишь в 1880 г. по первоначальным чертежам, найденным в 1814 г. в Дармштадте архитектором Меллером.

Кельнский собор является одним из самых больших готических соборов в Европе. Длина его составляет 135,6 м, ширина – 61 м, высота до гребня крыши – 61,5 м, высота центральной башни – 109 м, а высота башен переднего фасада вместе с надстроенными на них шпилями – 156 м. Готические арки приобретают особенно сложную и красивую форму, причем весь стиль сооружений отличается величественностью.



Рис. 8.12. Кельнский собор



Рис. 8.13. Миланский собор (1386 г.)

Сильное впечатление производит **Миланский собор** (Италия), спроектированный итальянским долями Д. Висконти (рис. 8.13). Этот грандиозный собор, вмещающий до 40 тысяч человек, богато отделанный мрамором и резными скульптурными украшениями, представляет собой смесь готического стиля со стилем эпохи Возрождения, начало которой относится к XV в.

Воинственные соседи заставили феодалов Центральной и Западной Европы превращать свое жилище в крепость. До XII в. **крепости-замки** строились еще из дерева и глины (например, замок Винек в Эльзасе, Франция), затем постепенно их стали строить из камня, сначала даже без извести. Развалины средневековых крепостей-замков в Западной Европе свидетельствуют о том, что их владельцы прежде всего думали о прочности и неприступности своего жилища.

В эпоху наибольшего процветания замков **строительными материалами** для них служили камень, кирпич и железо, местом для постройки – скала, остров среди озера или просто болотистая, трудно проходимая местность. В последнем случае вначале сооружалась искусственная земляная насыпь, на которой строился замок, возвышавшийся над окружающей местностью (рис. 8.14).



Рис. 8.14. Спишский Град. Словакия

Вокруг замка стремились выкопать глубокий ров, наполняемый водой, который служил препятствием для противника. Через ров устраивался подъемный мост. За ровом возводились мощные стены с башнями; второй ряд таких стен отделял первый внешний двор замка от второго – внутреннего, где располагались жилые строения. Центральным и самым высоким из всех строений была главная башня замка, его сторожевой пост.

Внутренние помещения башни были приспособлены для выдерживания осады: в них размещались кухня, кладовые с запасами пищи и воды, склады для оружия и пороха, залы и спальни (рис. 8.15). Из башни за пределы замка вел подземный ход.

Мастерские, амбары, жилые дома для челяди окружали господские палаты. Жилые комнаты замка с толстыми стенами, низкими сводами – потолками и узкими окнами, пропускавшими мало света и воздуха, были мрачны и сыры.

До XIII в. здания замков покрывали обычно соломой или дранью. Полы в жилых помещениях устраивались глиняными и посыпались песком или выкладывались кирпичами. Узкие окна помещений не имели стекол, которые вошли в употребление в богатых домах только в XIV в. Вместо печей стояли открытые очаги.



*Рис. 8.15. Типичный разрез
жилой башни XII в.
Здесь – замок Абенберг, Германия*

Для строительства городских домов использовались в основном местные материалы. Там, где было мало камня и много дерева, почти все дома строились из дерева. В прирейнских провинциях Франции и Германии по мере сокращения лесных массивов появилась конструкция **фахверка** (от нем. «каркасная конструкция»), получившая широкое распространение в строительстве жилых домов. Такие дома возводились высотой до 5—6 этажей под высокими черепичными кровлями.

Фахверковые дома (рис. 8.16) с нависавшими верхними этажами, сооружаемыми в целях увеличения жилой площади, достигали высоты 20 м, а каменные конструкции поднимались над уровнем городской территории до 25—30 м. В связи с увеличением высоты зданий высота башен средневековых городов возросла до 100—50 м, что привело к достижению предельных напряжений не только в кирпичных, но и в каменных конструкциях.

Возведение фахверковых сооружений начиналось с устройства каменного фундамента. На таком фундаменте устанавливались соединенные деревянными гвоздями и укрепленные подпорками столбы, поддерживавшие деревянные перекладины. По окончании устройства на конструкции фахверка первого этажа укладывались балки перекрытия. Потом стены заполнялись глиной или выкладывались кирпичом. После устройства перекрытия над первым этажом приступали к возведению второго этажа и т.д. При этом верхние этажи домов делались обычно выступающими вперед. Стены из глины или кирпича украшались резными запорами, обработанными концами бревен, резными карнизами и т.п., придававшими дому нарядный вид.



*Рис. 8.16. Фахверковые дома.
Германия*

В беслесных странах, как, например, Фландрия, основным строительным материалом в эпоху феодализма оставался кирпич. В Италии, богатой естественными каменными породами, широко применялись туфы, травертин и мрамор. В XIII–XIV вв. широкое распространение в Италии получил своеобразный тип городского дома – дворец с зубчатым карнизом и высокими четырехугольными башнями. Таковы дворцы Синьории и Барджелло и многочисленные городские ратуши в тосканских, умбрийских и ломбардских городах (рис. 8.17–8.18).



Рис. 8.17. Дворец Синьории во Флоренции



Рис. 8.18. Городская ратуша в Тоскане

Вплоть до XV в. Европа разделялась на множество мелких феодальных государств, в которых при наличии натурального хозяйства и слабости городской экономики приток населения в города был незначительным. При этом небольшое городское население сокращалось не только вследствие войн, но и по причине частых эпидемий. Именно поэтому население значительной части городов к началу XV в. состояло из 5–6 тысяч жителей и далеко уступало по численности городам античного мира. Самым большим городом был Милан, где в 1460 г. насчитывалось до 80 тысяч жителей. В Париже в 1300 г. было 75 тысяч жителей, а в Лондоне – только 35 тысяч. Рим к началу XV в. имел 30 тысяч жителей. Но даже такие города являлись исключением. При этом сами города, несмотря на окружавшие их рвы, валы и стены с башнями, были внутри немногим лучше деревень.



Рис. 8.19. Средневековая городская улица

Вдоль кривых и узких улиц тянулись дома с очень большими дворами, на которых не только разводили огороды, но и сеяли хлеб. Крытые соломой или тесом деревянные дома часто горели. Дома отапливались при помощи открытых очагов, дым из которых выходил через отверстие в крыше или через окна. Окна закрывались ставнями с маленькими вырезами, затянутыми холстиной или пузырем. Освещение осуществлялось обычно с помощью лучин или лампад, т. е. горшков с маслом и фитилем, так как свечи были слишком дороги.

Из всех городских сооружений наиболее технически сложным и трудоемким было возведение городских укреплений и стен. Эти сооружения требовали громадных затрат ручного труда, что вызывало необходимость ограничения площади застройки города и его роста в высоту. **Аббатство Сен-Мишель (Франция)** с монастырским садом и городом, в котором обитало 2,5 тысяч человек, могло бы целиком уместиться на территории современной Красной площади в Москве (рис. 8.20).



Рис. 8.20. Аббатство Сен-Мишель

Сохранившиеся памятники Средневековья свидетельствуют о высокой строительной технике эпохи феодализма, проявившейся в многообразии кладки сводов, которые устраивались крестовыми (иногда с висячими замками свода), звездообразными, сеткообразными и т. п.

Следует, однако, отметить, что из-за отсутствия в XI–XIV вв. машинной техники и даровой рабочей силы (рабов) строительство грандиозных и сложных сооружений требовало привлечения большого количества наемных рабочих, а следовательно, и огромных средств, вследствие чего такие сооружения строились в течение длительного времени. Так, Нотр-Дам в Париже, заложенный в 1163 г., и собор в Пизе Италия) – в 1063 г., сооружались несколько столетий, а собор в Антверпене – с 1352 по 1518 г. (рис. 8.21).



Рис. 8.21. Собор в Антверпене. Бельгия

Глава 9. Строительная техника
в XV–XVII веках.
Эпоха Возрождения

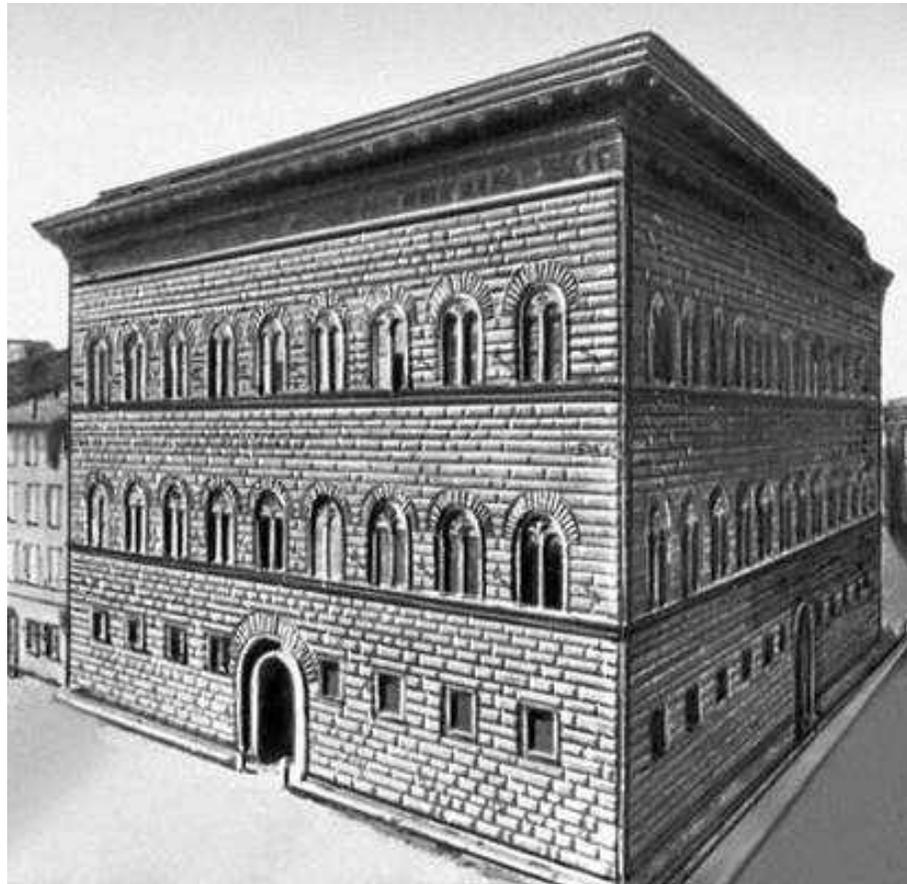




Рис. 9.1. Филиппо Брунеллески (1377–1446) – великий итальянский архитектор



Рис. 9.2. Альберти – Леон Баттиста (1404–1472), итальянский ученый, архитектор, теоретик искусства эпохи Раннего Возрождения



Рис. 9.3. Андреа Палладио (1508–1580) – великий итальянский архитектор Позднего Возрождения

Развитие торговли и промышленности и превращение ремесла в мануфактуру, начиная с XV в., привели к масштабному **строительству фабрик, складских помещений, дорог и мостов, внутренних водных путей, общественных зданий и других сооружений**. Вместе с этим в XV в. наступает поворот к античному искусству, известный под названием эпохи **Ренессанса (Возрождения)**.

Эпоха Возрождения для **Италии** характеризуется ростом темпов строительства в Венеции, Флоренции, Генуе, Милане и других городах, что было связано с увеличением численности их населения. Строительство новых городов в Италии в эпоху Возрождения было редкостью. Сосредоточиваясь в старых средневековых городах, **строительство** новых зданий и сооружений **сочеталось с работами по реконструкции** существовавших площадей, улиц, проездов, а также крупных городских центров (рис. 9.1–9.3).



Рис. 9.4. Палаццо Питти во Флоренции

Одним из первых итальянских зодчих эпохи Возрождения был Брунеллески, среди творений которого наибольшую известность получили **купол собора** и **палаццо Питти во Флоренции** (рис. 9.4). Постройки Брунеллески оказали большое влияние на развитие искусства эпохи Возрождения, которое было воспринято и творчески развито его учениками и соратниками.

В качестве наставления своим ученикам и мастерам Брунеллески широко использовал **моделирование**, к которому прибегали многие зодчие в разные времена истории, и которое в известной степени компенсировало отсутствие еще не известных в то время методов аналитического расчета. Так, например, все без исключения готические соборы были построены по проектным моделям. Брунеллески давал строителям модели подкосов и стыков, выполненные из дерева, воска и даже бряквы, а также модели железных частей.

Итальянские архитекторы Леон Баттиста Альберти, и Андреа ди Пьера ди Падава, по прозвищу Палладио (см. рис. 9.1–9.3), на основании изучения сооружений древности и использования сочинений Витрувия написали трактаты о строительном искусстве, резюмирующие как наследство прошлого, так и достижения их эпохи. В этих трактатах отразились процессы начавшей развиваться в ту эпоху **специализации и превращения архитекторов из техников с энциклопедическим образованием в специалистов одного строительного дела**, а также переход этой специальности в профессию, являющуюся источником существования.



Рис. 9.5. Флорентийский собор

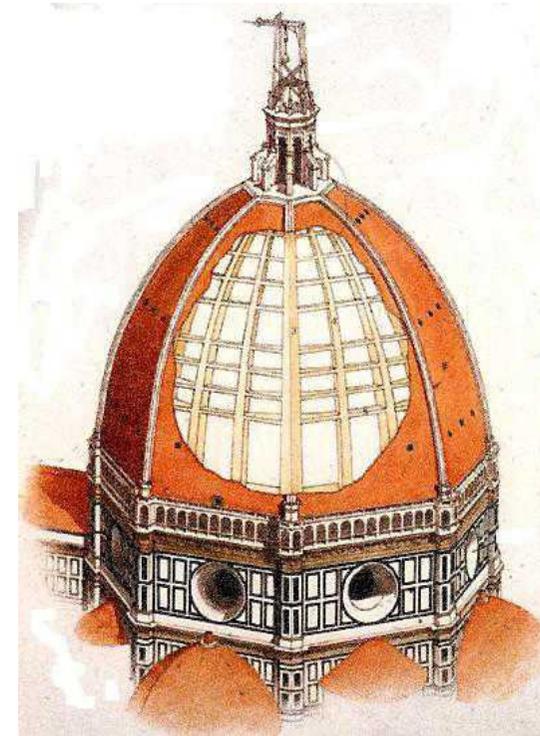


Рис. 9.6. Конструкция купола Флорентийского собора

Купола Флорентийского собора и Пантеона – это своеобразные вершины европейского инженерного искусства. Пролет купола Флорентийского собора 42 м (Пантеона – 43, 4 м). В других конструкциях только в XIX в. удалось перекрыть большие пролеты. Лишь купол собора Святого Петра в Риме имеет равный, даже чуть больший пролет – 42,6 м и, несмотря на некоторые различия, во многом схож с куполом Флорентийского собора. Правда, во Флоренции речь идет не о купольной конструкции с поверхностью двойной кривизны, а, скорее, о своде над восьмиугольным планом. Он состоит из восьми изогнутых в одном направлении лопастей, т.е. речь идет о сомкнутом своде со статически неблагоприятными свойствами. Если далее мы будем говорить о куполе, то не только ради простоты, но и по определенным причинам, речь о которых пойдет дальше.

В отличие от купола Пантеона, выполненного в бетоне, римского «opus caementium», флорентийский купол возведен из естественного камня и кирпича.

Новшеством в расчете сооружений по сравнению с Витрувием было применение нескольких взаимно контролирующих методов, которые **состояли в вычерчивании проектируемых зданий, определении их размеров в числах**. При этом средством проектирования, а также важнейшим указанием и руководством для строителей, которые завершали не достроенные автором здания, являлась **модель**.

Альберти уже ясно представлял себе **работу балки и арки**. О балках он писал: *«Если в поперечном направлении окажется какой-нибудь недостаток, поставь балку так, чтобы он пришелся наверху. Если через всю балку проходит трещина, не оставляй ее сбоку, а поверни лицом кверху, либо еще лучше – вниз»*. Не менее отчетливо и представление о работе арки: *«Полная арка – самая крепкая из всех. Клинья – один укрепляется поддержкой другого. Более того, там, где ее начинают разрушать, этому противится природа либо тех тяжестей, на которых клинья покоятся, либо тех, которыми клинья наделены. Следовательно, в полных арках... мы не нуждаемся в затяжке, а в пониженных мы пользуемся железным стержнем или тем, что заменяем силу затяжки, укрепляя арку по обе стороны продолжением ее в стенах... сложные же арки... скорее укрепляются, чем подавляются налегающими на них тяжестями»*. Расчет в эту эпоху носит еще грубо эмпирический характер.



а



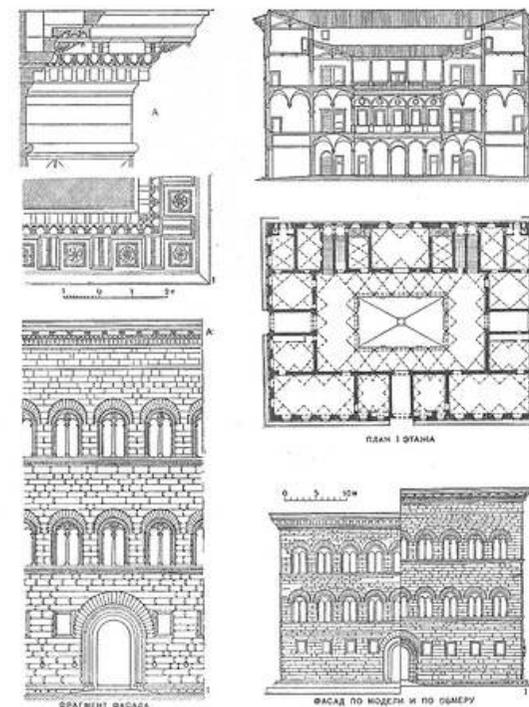
б

Рис. 9.7. Палаццо Ручелле во Флоренции (а), фрагмент его фасада (б)

В построенном по проекту Альберти палаццо Ручелле во Флоренции были впервые применены на фасаде **пилястры**. В сооруженной по его же проекту церкви Марии Новелла во Флоренции была выполнена мраморная облицовка фасада, украшенного пилястрами, а также **заложены металлические связи в конструкциях кирпичных стен**.



а



б

Рис. 9.8. Флорентийское палаццо (а), планировочные схемы (б)

Многочисленные здания были сооружены во Флоренции стараниями учеников Брунеллески, воздвигнувших выдающиеся памятники эпохи Возрождения – флорентийские палаццо (рис. 9.8). Среди последних можно отметить палаццо Риккарди, палаццо Строцци, палаццо Антинори, Гваданы, Пандольфини и другие, причем последнее было сооружено по рисунку Рафаэля.

Всем этим зданиям присущи характерные черты сооружений эпохи Возрождения в Италии, а именно массивность и прочность, что придавало жилым зданиям дух крепости. Стены таких зданий возводились из **больших блоков с рустованной или гладкой лицевой поверхностью**. С фасада здание выкладывалось в пределах одного этажа, а иногда и на всю высоту из рустованных блоков.

По сравнению с конструктивными решениями, примененными в зданиях готического стиля, конструкции эпохи Возрождения в Италии являлись отсталыми.

Наряду с Флоренцией интенсивное строительство развернулось в XV в. в ряде других городов Италии, особенно в **Милане и Венеции**. Рим в ранний период эпохи Возрождения не отличался большим мастерством строительного искусства, которое в этот период осуществлялось второстепенными флорентийскими мастерами. В числе первых итальянских городов, где новый стиль эпохи Возрождения стал быстро внедряться, был Милан, в котором начал строительную деятельность крупный зодчий эпохи Возрождения **Браманте**, создавший несколько церквей, среди которых особо выделяется **церковь Святой Марии делла Грация** (рис. 9.9).



Рис. 9.9. Церковь Святой Марии делла Грация



Рис. 9.10. Дворец Спинелли

Значительно позже началась эпоха Возрождения в **Венеции**, где долгое время в архитектуре и искусстве держался готический стиль, обогащенный влиянием Византии. Примером типичной венецианской постройки того времени может служить **дворец Спинелли** (рис. 9.10), фасад которого определяет членение всего здания на три этажа и завершается венчающим карнизом. В центре первого этажа дворца помещена дверь, от которой ведут ступени к каналу. Группировка окон по фасаду выполнена несимметрично, что являлось обычным для большинства венецианских жилых зданий того времени.

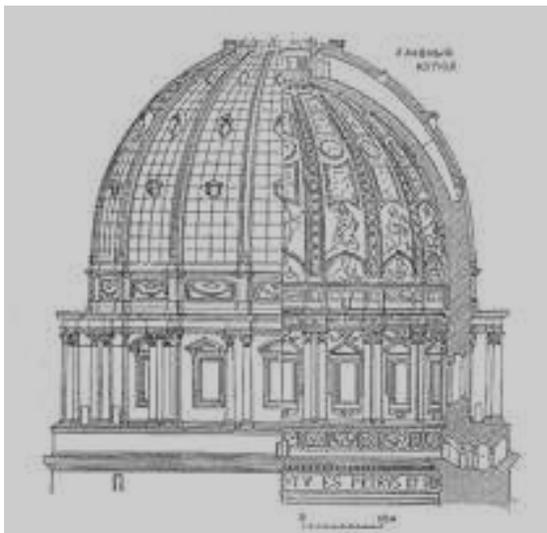


Рис. 9.11. Купол собора Святого Петра



Рис. 9.12. Собор Святого Петра в Риме

Наиболее значительным среди архитекторов, отразивших новый стиль эпохи Возрождения в строительстве Рима, был **Браманте**. Одним из ранних его проектов был **палаццо Канцеллариа**, украшенный простым фасадом. Аркада этого здания со стороны двора, состоящая из колонн с покоящимися на них арками, заимствованная у флорентийских архитекторов, стала популярной во многих постройках эпохи Возрождения. Для этого здания были частично использованы колонны от разрушенного театра в Помпее.

В 1506 г. Браманте приступил к осуществлению своего самого выдающегося произведения – **собора Святого Петра**. Однако в связи с осадкой капитальных стен здания работы по возведению этого выдающегося сооружения были приостановлены. В дальнейшем различными архитекторами было составлено много проектов собора, причем каждый из них выдвигал свое новое решение. В 1547 г. строительство собора было поручено архитектору Микеланджело Буонаротти – основоположнику искусства барокко. Используя проект Браманте, Микеланджело составил в 1558 г. новое решение центрального купола пролетом 44 м. **Широкое применение железа** в строительном деле того времени, явившееся результатом перехода от получения сварочного железа к переделу железа из чугуна в доменной печи, дало возможность Микеланджело в составленном им проекте купола применить **железное растяжное кольцо**. Это дало возможность отказаться от массивных стен и контрфорсов и поставить купол в форме чаши и фонаря на цилиндрическом барабане со связанными парными колоннами.



Рис. 9.13. Луврский дворец в Париже (середина XIX в.)

В отличие от Италии во **Франции** и других странах Европы в XV в. строительстве господствовал готический стиль. Лишь в конце XV в., когда войны, которые вели французы, привели их в соприкосновение с итальянскими постройками эпохи Возрождения, стиль Ренессанса начал насаждаться во Франции итальянскими зодчими.

Наиболее значительным строительством во Франции этой эпохи явилась перестройка **Луврского дворца** (рис. 9.13) в Париже, начатая в 1545 г. архитектором Пьером Леско и завершенная лишь в середине XIX в. Луврский дворец служит ярким примером развития во Франции нового стиля Ренессанса. В этом стиле в Париже итальянскими и французскими зодчими были построены замечательные здания, из которых наиболее выдающимися являются: городская дума (сооружена по проекту итальянского архитектора), дворец Тюильри, Люксембургский дворец, Версальский дворец и Дом инвалидов. Несущие конструкции купола Дома инвалидов деревянные, сверху покрыты листами свинца.

Переходный период в строительном искусстве **Англии** практически начался в середине XVI в., когда наступил решительный поворот к классическому наследию и были приглашены многочисленные иностранные мастера и художники для осуществления развернувшегося в Англии строительства.

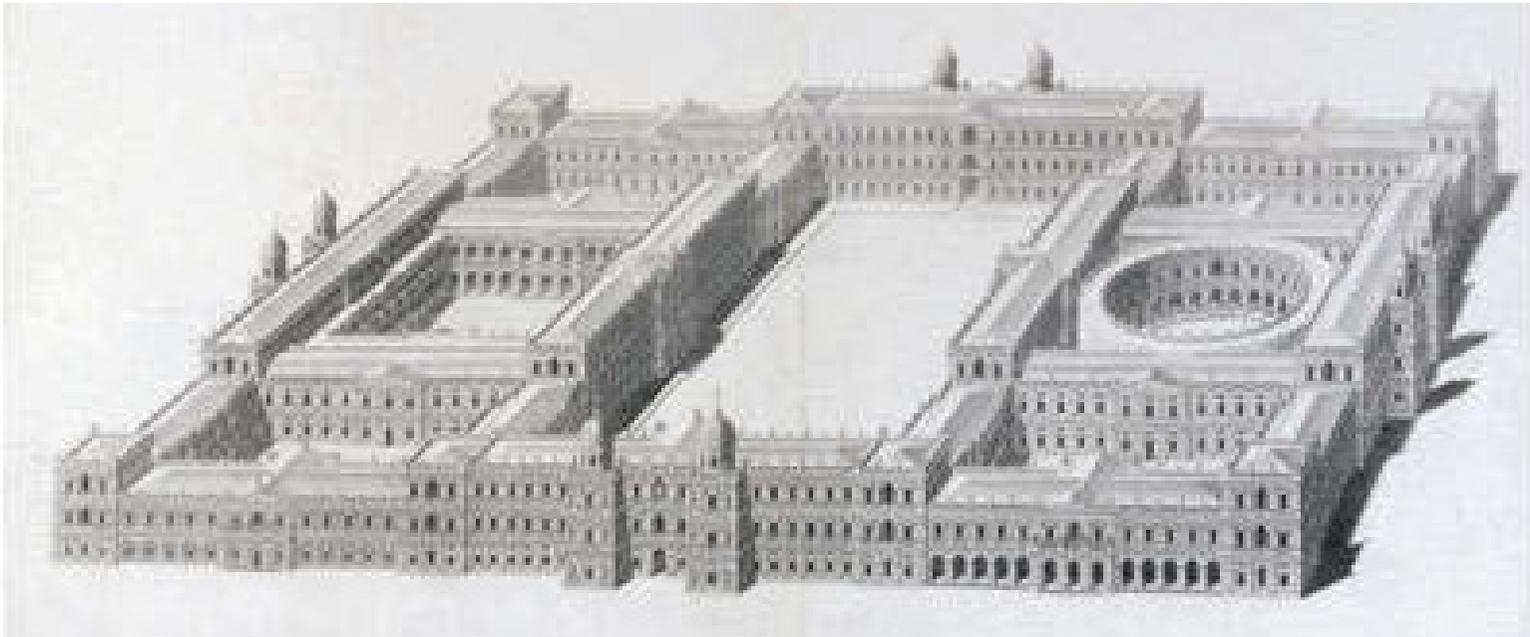
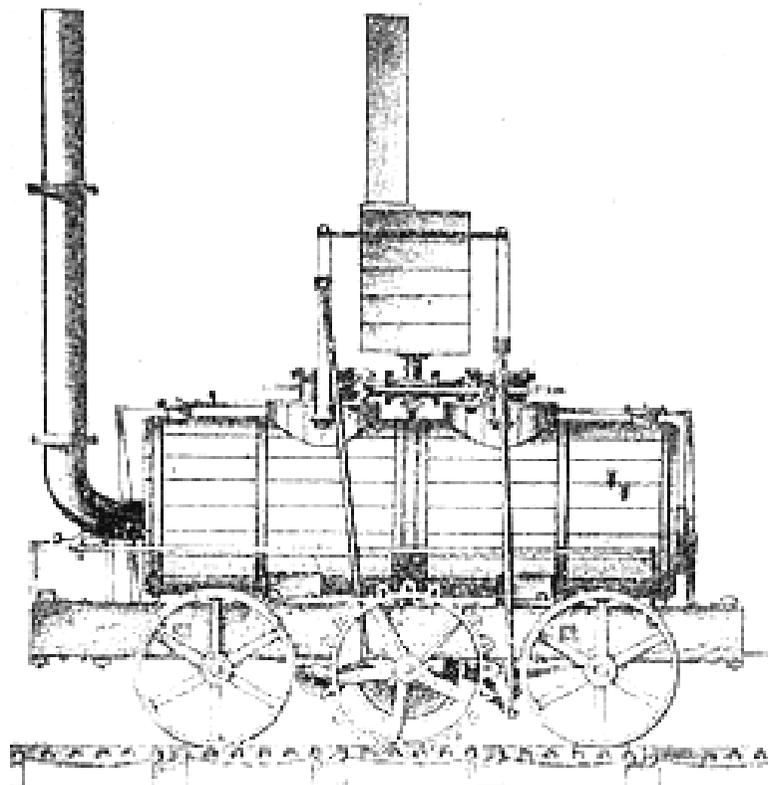


Рис. 9.14. Дворец Уайтхолл в Англии

В начале XVII в. классические формы в строительстве Англии получили наибольшее распространение. К наиболее выдающимся архитектурным сооружениям этого периода относится **дворец Уайтхолл**, сооруженный для Карла I (рис. 9.14). Это здание сооружено по проекту одного из лучших мастеров Ренессанса в Англии **архитектора Иниго Джонса**. Центральной фигурой в истории английского Ренессанса является преемник Иниго Джонса – **Кристофер Рэн**, являющийся автором и строителем многочисленных жилых и общественных зданий, сооруженных в Лондоне после большого пожара в 1666 г. Шедевр творчества **Рэна** – **собор Святого Павла** в Лондоне, возведенный на месте старого готического собора Святого Павла, разрушенного пожаром.

Глава 10. Формирование строительной науки как инженерной дисциплины в эпоху промышленной революции (вторая половина XVIII – конец XIX века)



Первая промышленная революция, пришедшая на конец XVIII в., прежде всего характеризуется как переход от ручного труда к машинному, от небольших мануфактур к огромным промышленным фабрикам, повлекший за собой трансформацию аграрного общества в индустриальное.

Промышленная революция сопровождалась резким **повышением производительности труда, быстрой урбанизацией, началом быстрого экономического роста** (до этого экономический рост, как правило, был заметен лишь в масштабах столетий), исторически **быстрым увеличением жизненного уровня населения.**

Промышленная революция, по сути, началась в Великобритании, а способствовал этому ряд инноваций в разных отраслях английской промышленности, возникших к концу XVIII в.:

- прядение нити из хлопка на прядильных машинах Р. Аркрайта, Дж. Харгрейвза и С. Кромптона. Впоследствии сходные технологии были применены для прядения нити из шерсти и льна;
- изобретенная Дж. Уаттом и запатентованная им в 1775 г. паровая машина, которая первоначально использовалась в шахтах для откачивания воды. Но уже в 1780-х гг. она нашла применение в некоторых других механизмах, заменяя гидроэнергию там, где она была недоступна;
- в черной металлургии кокс пришел на смену древесному углю, так же как ранее он уже использовался при производстве свинца и меди. Теперь кокс использовали не только при изготовлении передельного чугуна в доменных печах, но и для получения ковкого чугуна, в том числе при пудлинговании, изобретенном Г. Кортон в 1783–1784 гг.

Благодаря промышленной революции за период со второй половины XVIII в. до 70-х гг. XIX в. **в строительстве** был сделан мощный рывок. Строительная отрасль на долгие годы заняла позиции лидирующей отрасли в ведущих странах мира.

Промышленное строительство

Главной отраслью, повлиявшей на развитие строительной техники в конце XVIII – начале XIX в., была **текстильная промышленность**.

В этот период в Англии было построено большое число крупных фабрик, рассчитанных на 150–600 рабочих мест.

Английский писатель Даниэл Дефо так описал в своем романе **шелкопрядильни Джона Ломба**, построенные в 1717 г.: "Кирпичное сооружение длиной 166 м и высотой в 6 этажей насчитывало 460 окон и производило впечатление огромной военной казармы".

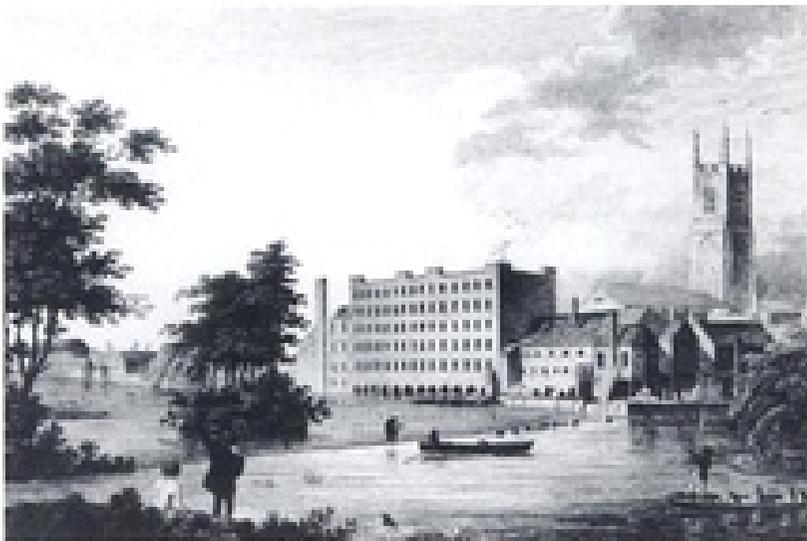


Рис. 10.1. Текстильная фабрика в Англии (реконструкция)



Рис. 10.2. Текстильная фабрика в Англии – здание, сохранившееся до наших дней

В России первое капитальное производственное предприятие построено в 1714 г. недалеко от Москвы и было полотняной фабрикой.

Проблема фабрики с машинами Аркрайта, работавшими на водяном двигателе, заключалась в том, что они могли быть построены только у плотин на реках с сильным и быстрым течением. Это быстро вызвало необходимость в **строительстве прочных плотин и гидротехнических сооружений**, а также в разработке способов укрепления откосов и предотвращения фильтрации воды под основанием плотины. В 70-х гг. XVIII в. К.Д. Фролов соорудил подпорную плотину длиной 128 м и высотой в 15,5 м для обслуживания системы водяных двигателей.

Принципиально новые строительные решения потребовались в связи с **введением паровой энергии**. Для парового котла с давлением, достигшим к началу XIX в. 6 атм., почти с круглосуточно работающей топкой потребовалось отдельное помещение, кубатура которого в 27 раз превышала объем котла. **Огнестойкие кирпичные стены и каменный пол, дымовая труба не ниже 20 м, обеспечивающая хорошую тягу в топке, стали неременными составляющими такого помещения.**

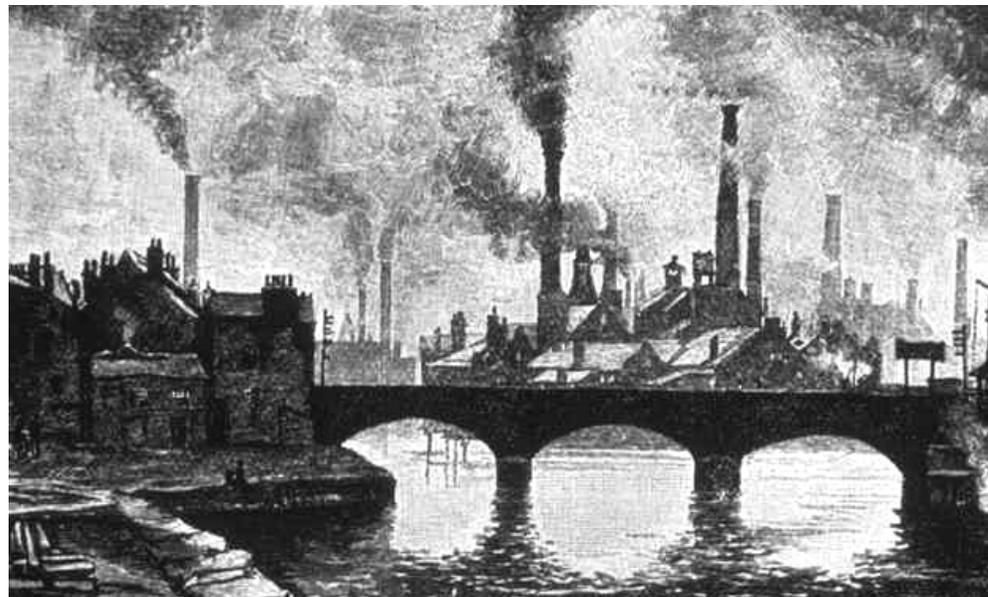


Рис. 10.3. Англия в эпоху Промышленной революции (реконструкция)

Возросшая по мощности двигательная часть также **нуждалась в фундаменте, выдерживающем серьезные статистические** и динамические нагрузки от вращения трехтонного маховика.

Не меньшим требованиям должны были удовлетворять производственные помещения для рабочих машин и других отраслей промышленности, размеры которых стали поистине гигантскими.

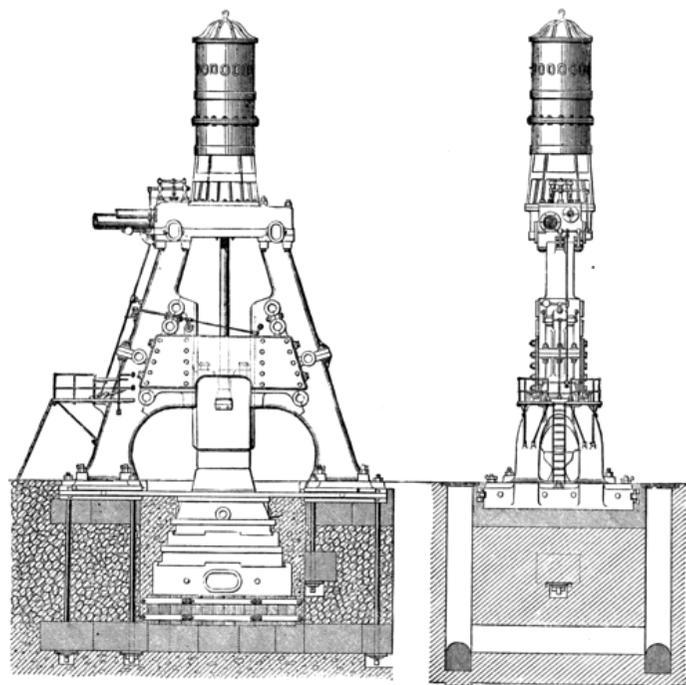
Упомянувшийся ранее паровой молот, созданный в 1839 г. Джеймсом Несмитом, представлял собой огромное воспроизведение ручной кувалды, для которой требовалась такая же огромная наковальня, **укрепленная на мощном фундаменте** (рис. 10.4).

Транспортное строительство

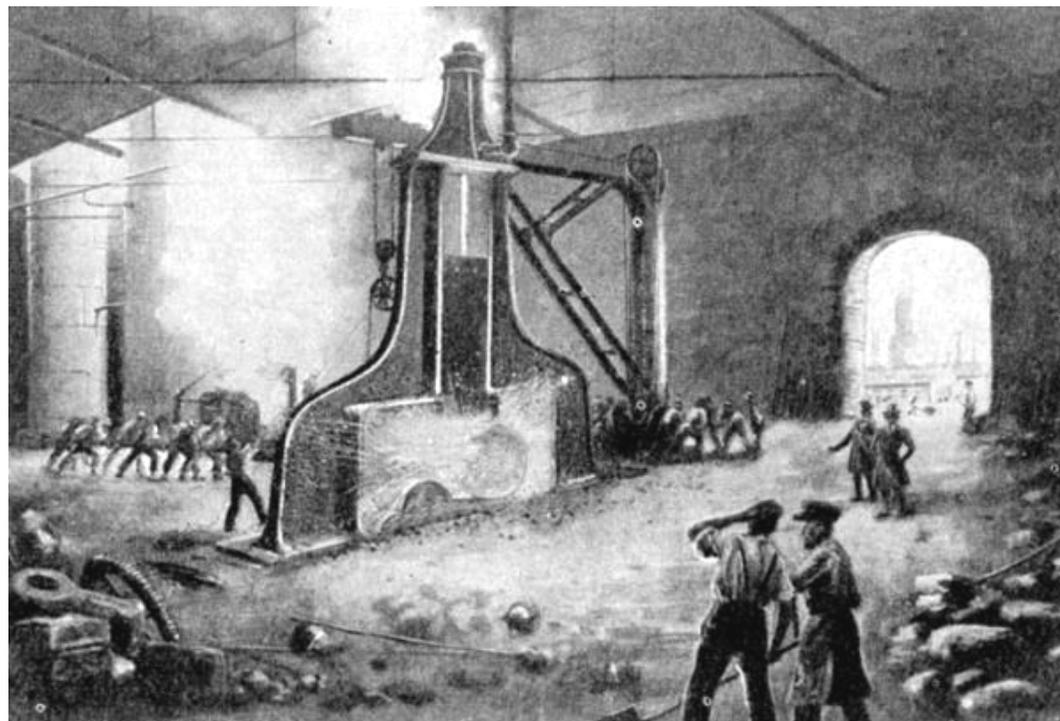
Под влиянием развития производственных мощностей произошли большие качественные сдвиги в технике строительного дела. В то же время развитие транспорта потребовало принципиально новых решений в строительстве путей сообщения.

В 1755 г. англичанин Джон Смит строит Эдистонский маяк, затем его соотечественник Джеймс Бриндли руководит прокладкой судоходного канала. Все это потребовало применения новых гидравлических, **твердеющих в воде вяжущих материалов**.

В России строительство каналов началось с прокладки в 1719 г. каменного фарватера в Финском заливе от Кронштадта к Петербургу и с возведения вскоре после этого А.И. Толбухиным маяка на острове Котлин.



а



б

Рис. 10.4. Паровой молот, созданный в 1839 г. Джеймсом Несмитом (конструктивная схема (а) и реконструкция в работе (б))

Далее стало активно развиваться **мостостроение**. **Инженеры** стремились **увеличить длину пролетов мостов**, которые при каменных арках не превышали 60 м, а при деревянных фермах – 105 м. В 1776 г. Лондонское Королевское общество объявило международный конкурс на 274-метровый мост, который «состоял бы из одной дуги или сводов без свай и опирался своими концами только на берега реки». В итоге в 1738 г. был построен Большой лондонский мост через Темзу, который имеет ширину 283 м и потребовал 9 арок (рис. 10.5).

В ответ на этот конкурс русский механик И.П. Кулибин разработал в 1777 г. проект 299-метрового арочного деревянного многораскосного моста через Неву, 30-метровая модель которого была успешно испытана (рис. 10.6).

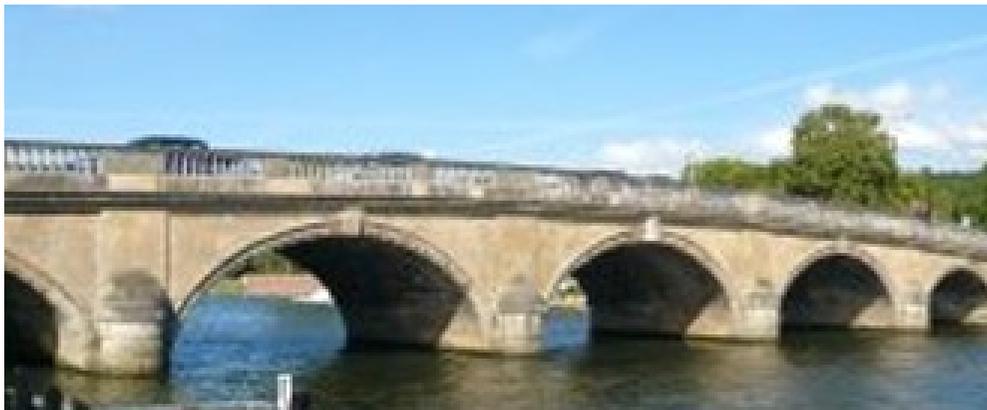


Рис. 10.5. Большой лондонский мост через Темзу

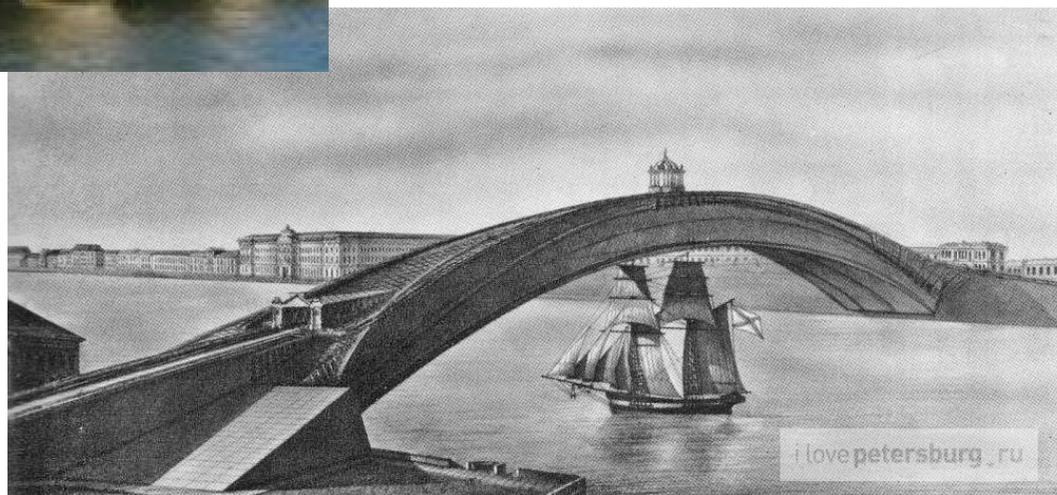


Рис. 10.6. Проект арочного моста И. П. Кулибина

С развитием железнодорожного транспорта требования к мостостроению еще более возросли. Там, где раньше передвигались на небольших скоростях (до 5 км/ч), главным образом четырехконные повозки с грузом до 3 т, предстояло двигаться тяжелым поездам (весившим не менее 140 т) со скоростью в 8 раз больше. К первым сооружениям, удовлетворяющим этим требованиям, относится возведенный в 1848 г. Робертом Стефенсоном металлический трубчатый мост через Мейский пролив (рис. 10.7).

Сооружение железнодорожных мостов в России было связано с постройкой в 1851 г. дороги из Петербурга в Москву. Все строительные работы осуществлялись под руководством инженера Д.И. Журавского.



Рис. 10.7. Группа инженеров во главе с Робертом Стефенсоном, строителем моста Британия (Сам мост виден на заднем плане)

Новые строительные материалы

Применение в строительстве сооружений из кирпича и тесаного камня на так называемом древнеримском кладочном растворе из воздушной извести навело английского ученого Смитона на мысль использовать известняки с содержанием более 6 % глинистых примесей, считавшихся ранее непригодными. Эта твердеющая во влажной среде **известь**, получившая название **гидравлической**, повысила активность вяжущего вещества (прочность его на сжатие) с 5 до 50 кгс/см². Но изготовленный на ней бетон давал прочность все же не более 32 кгс/см². В нашей стране гидравлическая известь была введена в употребление в 1821–1822 гг. и впервые применена при строительстве моста через р. Нарву.

Продолжавший изыскания Смитона Джеймс Паркер в 1796 г. обнаружил, что обожженные известняки с содержанием более 20 % глинистых примесей при помоле после обжига дают вяжущее, которое, начав твердеть на воздухе, потом может продолжать этот процесс и под водой. Затем он перешел к изготовлению вяжущего из искусственной смеси чистого известняка и 23–30 % глины. Названное изобретателем **римским цементом (романцементом)**, это вяжущее достигло активности 100 кгс/см² и, следовательно, повысило прочность бетона до 66 кгс/см². Год спустя сырье для производства естественного романцемента обнаружил на берегах Волхова работавший тогда в Главном управлении путей сообщения французский инженер Б.П. Клапейрон (рис. 10.8).



Рис. 10.8. Бенуа Поль Эмиль Клапейрон – французский физик и инженер

В 1823 г. англичанин Джозеф Аспдин, повысив температуру обжига до спекания (1450 °С) и доведя тонкость помола до преобладания в порошке зерен размером 30 мкм и ниже, получил цемент активностью выше 200 кгс/см², дающий при твердении в воде большую прочность, чем на воздухе. Это позволило изготавливать бетон, обеспечивший прочность 180 кгс/см². Увеличение впоследствии тонкости помола (зерна мельче 20 мкм) позволило удвоить активность цемента.

В том же году начальник Московской военно-строительной команды Е.Г. Челиев, не зная о работах Аспдина, изготовил отечественный искусственный цемент, более совершенный, чем вяжущие Паркера, и близкий по свойствам к современному романцементу. Наряду с романцементом в практике строительного дела большое значение приобрел также так называемый **портландцемент** (от города Портленд в Великобритании), состоящий главным образом из силикатов кальция.

Производство портландцемента в России началось с организации в 1863 г. в Петроковской губернии завода И.И. Цехановского.

По причине недостатка поддающегося теске камня, а также квалифицированных каменщиков строители **вспомнили о римском бетоне**, подробное описание состава и изготовления которого было найдено в сочинениях Л.Б. Альберти «Десять книг о зодчестве» и А. Палладио «Четыре книги об архитектуре». Производство бетона описал французский инженер Б. Белидор. Он подробно рассмотрел технологию изготовления бетона, применявшуюся при сооружении мола в Тулоне в 1748 г. Это был бетон «жирного» состава с соотношением цемента, песка и щебня 1 : 0,5 : 0,5 на известково-пуццолановом растворе.

Широкое применение цементного бетона в России началось с постройки в Петербурге в 1848 г. завода Роше, организовавшего производство романцементов. Цементный бетон применялся также в Москве и особенно в Кронштадте. Стремление повысить качество бетона определило основные направления развития производства этого важного строительного материала.

Производство бетона было механизировано благодаря изобретенной в 1856 г. англичанином Ж. Джеффри **бетонной мешалке**, сократившей процесс его получения с 15 до 3 минут. В результате производительность повысилась с 1 до 5 м³ бетона в час, а расход рабочей силы на 1 м³ смеси снизился с 11 до 5,5 чел/ч.

Широкое употребление гидравлических вяжущих, твердеющих в отличие от воздушной извести и гипса не вследствие высыхания, а, наоборот, благодаря неременному сохранению влажности, вызвали интерес к природе твердения этого вида у строителей и химиков, которые внесли в технологию много технических новшеств и изобретений.

В конце XIX в. формируется технология изготовления **железобетона** и получает развитие наука о железобетоне. Этот высокопрочный материал был предложен французскими учеными Ламбо и Ковалье, садовником Монье (1850–1870). В России А. Шиллер, а затем в 1881 г. Н.А. Белелюбский провели успешные испытания конструкций из железобетона, а в 1911 г. были изданы работы, где впервые были указаны технические условия и нормы для железобетонных конструкций и сооружений. Особого внимания заслужили безбалочные железобетонные междуэтажные перекрытия, разработанные в Москве А.Ф. Полейтом (1905).



*Инженер, архитектор, изобретатель
и преподаватель А.Ф. Полейт*

В конце XIX в., после успешных исследований, был внедрен в строительство предварительно напряженный железобетон. В 1886 г. П. Джексон, Деринг, Мандель, Фрейсине взяли патент на его применение и развили этот метод. Массовое производство преднапряженных конструкций началось несколько позже.

Достижения в области **черной металлургии** оказали **большое влияние на развитие строительных конструкций**. Высокая прочность на сжатие у **чугуна** (не менее $70\,000\text{ кгс/см}^2$) по сравнению с естественным камнем (не более 2200 кгс/см^2), кирпичом (150 кгс/см^2) и бетоном (200 кгс/см^2) явилась причиной использования его с середины XVIII в. в качестве не только материала для декоративных решеток, как это было раньше, но и в качестве конструкционного материала.



Рис. 10.9. Мост через р. Северн

Для изготовления металлических деталей и конструкций, работающих преимущественно на сжатие, применяли чугун. Из него отливали колонны и сооружали арочные конструкции. Наиболее ранней и значительной из них был возведенный в 1777–1779 гг. англичанами Рейнольдсом и Дерби **мост через р. Северн** около Кольбрукделя (рис. 10.9). Если предел пролетности чугунной балки, работающей на изгиб, не превышал 7 м, то в этой арке пролет достиг 30 м.

В России начало широкому применению чугуна в строительстве было положено постройкой в 1806 г. 22-метрового моста в Петербурге через р. Мойку, а шедевром явился сооруженный в 1848–1850 гг. С.В. Кербедзом **Николаевский мост через Неву** (теперь мост лейтенанта Шмидта) с пролетом 47 м (рис. 10.10).

К числу оригинальных металлических сооружений, выполненных из чугуна и железа, относится конструкция купола Исаакиевского собора в Петербурге, построенного по проекту архитектора А.А. Монферрана в 1818–1858 гг. Желая создать более долговечный, легкий и дешевый купол, он предложил коническую и сферическую часть покрытия диаметром 22,15 м, имеющую общие опоры в основании, изготовить из 24 чугунных ребер. Ребра располагались в конической и сферической части покрытия и были составлены из двутавровых отдельных косяков, соединенных между собой болтами.

Для поддержания наружного медного золоченого купола архитектор предусмотрел 48 криволинейных железных ребер, соединенных с конической частью покрытия железными стержнями и образующих треугольные системы. Сооружение купола было завершено в 1842 г. (рис. 10.11).



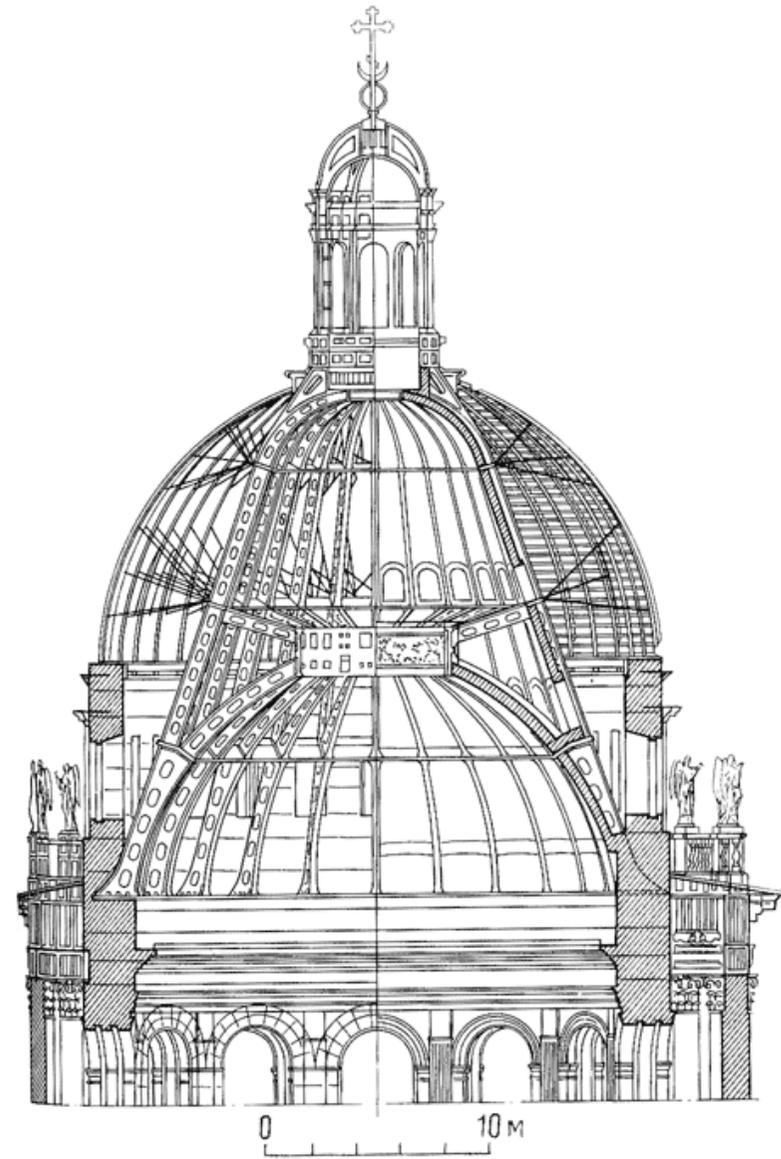
Рис. 10.10. Николаевский мост через Неву



a



б



в

Рис. 10.11. Купол Исаакиевского собора в Петербурге

В результате развития производства пудлингового железа и процесса сортовой прокатки были созданы благоприятные условия **для распространения металла в строительстве**. Хорошо работающее на растяжение пудлинговое железо явилось основой принципиально новых (висячих) конструкций. Одной из первых таких конструкций был сооруженный в 1822–1826 гг. в Англии мост через р. Меней, имевший пролет 165 м.

В России применение висячих конструкций началось со строительства в 1824 г. инженерами В.К. Треттером и В.А. Христиановичем Пантелеймоновского цепного 43-метрового моста через р. Фонтанку (рис. 10.12). В 1879 г. инженер Струве построил в Петербурге «Литейный мост», формы которого были сходны с чугунным Николаевским мостом.

Рациональность сложного профиля стержней обосновал англичанин И. Ходкинсон в статье «Теоретические и экспериментальные исследования по определению прочности и наилучшей формы железных балок» (1830). В 1840 г. он установил, что для предотвращения продольного изгиба отношение толщины стержня к его длине не должно превышать **1 : 15**. Его соотечественник В. Фейрберн, доказав опытным путем, что сварочное железо работает на растяжение на 25 % лучше, чем на сжатие, выявил преимущества висячих конструкций из этого материала.

Рис. 10.12. Пантелеймоновский цепной мост через Фонтанку. Реконструкция

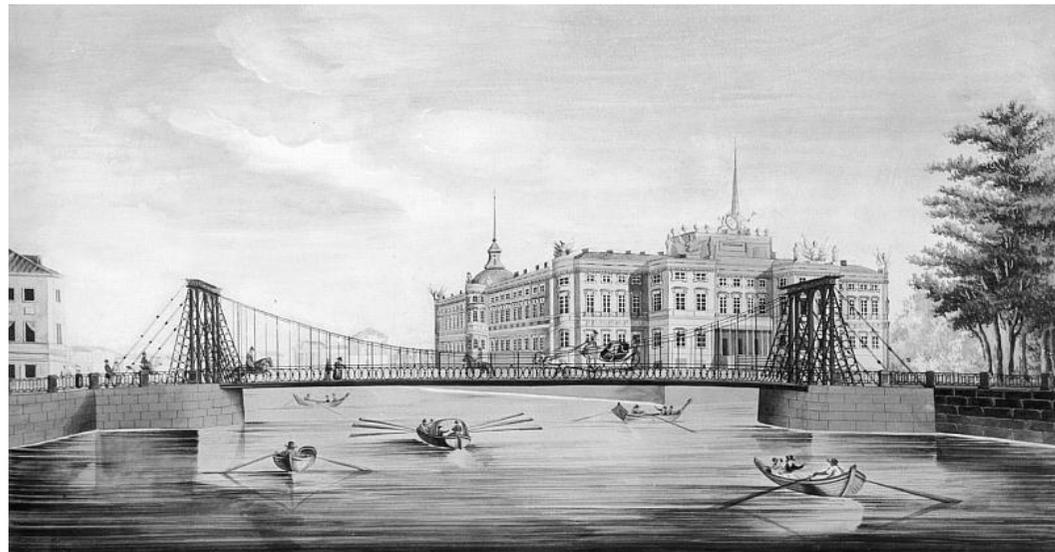




Рис. 10.13. Мост через реку Менай

Испытания сварочного железа на растяжение, предпринятые англичанином Тельфордом перед сооружением Менайского моста (рис. 10.13), позволили установить, что этот материал при растягивающем усилии, равном половине его предела прочности, перестает «подчиняться» закону пропорциональности Гука и становится текучим. Изобретенный в 1829 г. французом Понселе графический способ выражения результатов испытания (диаграмма растяжения) дал возможность установить чрезвычайно важное для практики отношение предела текучести к пределу прочности, получившее название «коэффициент использования». Было выяснено, что сталь по сравнению со сварочным железом имеет более высокий коэффициент использования, что стимулировало ее возросшее проникновение в строительство. Изобретение новых способов изготовления стали (бессемеровского и мартеновского) привело к распространению стальных конструкций в строительстве.

В России применение стали в качестве строительного материала было связано с начатой в 1866 г. Н.А. Белелюбским заменой деревянных мостов на Николаевской железной дороге.

После того, как немецкие инженеры В. и Ф. Сименсы в 1858 г. сконструировали регенеративную газовую отражательную стекольную печь, обеспечивающую температуру до 1400 °С, резко **изменилась роль в строительстве стекла**. На смену багемскому способу простого выдувания «халяв» пришел сначала французский метод, состоявший в удлинении стеклянного пузыря при его раскачивании, а затем была открыта возможность **производства листов длиной до 2 м**, и стекло широко распространилось в строительстве. В 1851 г. на Международной лондонской выставке демонстрировался сооруженный англичанином Д. Пэкстоном «Хрустальный дворец», металлический каркас которого был одет в 81 тыс. м² листового стекла (рис. 10.14). На рис. 10.15 представлен стеклянный дворец, построенный в 1887 г. в Мадриде.

В нашей стране аналогичное сооружение появилось в 1870 г. в результате перестройки бывшего Соляного городка для 14-й мануфактурной выставки в Петербурге.



Рис. 10.14. Хрустальный дворец в Лондоне



Рис. 10.15. Стекланный дворец в парке Ретиро, построенный в 1887 г. в Мадриде

Изменение конструктивных форм зданий и сооружений

Развитие **стержневых конструкций в металле привело к трансформации строительных конструкций**. Ведущая роль принадлежала здесь мостовым фермам, где начали воспроизводить разработанные ранее для дерева многораскосную систему Кулибина - Тауна (1776 и 1820 гг.) и перекрестную Палладио - Лонга (1570 и 1830 гг.). В 1839 г. Гау создал деревянно-металлическую конструкцию подобного типа. В 1840 г. его соотечественник Уиппл выполнил из металла всю схему Гау, целесообразно распределив элементы между двумя модификациями железа: в сжатых частях – чугуном, в растянутых - сварочным металлом. В 1845 г. американец Уоррен установил, что жесткость может быть обеспечена простым сочетанием одних треугольников, образуемых сходящимися раскосами и отрезками обоих горизонтальных поясов. Таким образом вошла в употребление **треугольная решетка**, оказавшаяся наиболее выгодной по затратам материала и положенная в основу стержневых металлических конструкций.

Замена толстых деревянных стержней (7,5×30 см в фермах Тауна и 22,5×22,5 см в фермах Гау) плоскими железными (3,5×17,5 см) выявила непригодность последних для сжатых элементов конструкции. **Началась разработка сложных жестких профилей**.

Уже в 1824 г. англичанин Т. Тредгольд предложил **двутавровое сечение**. Учитывая разницу сопротивления чугуна сжатию и растяжению, его соотечественник Ходкинсон в 1849 г. стал уширять нижнюю растягиваемую полку. Но переход к сварочному железу, достаточно хорошо работающему на сжатие и растяжение, послужил в 1850 г. основанием Брюнелю (Англия) установить сохранившийся до сих пор профиль с равными полками.

С 50-х гг. XIX в. стержневая металлическая конструкция получила широкое применение для сооружения железных арочных мостов. Одним из первых таких решений был построенный в 1855 г. в Париже инженером Одри Аркольский мост (рис. 10.16). Затем стержневые элементы стали употреблять в опорах мостов и эстакадах железных дорог. Эстакады состояли из нескольких ярусов с перекрестными раскосами в каждом.

Примером инновационной для того времени конструкции может служить открытый для движения в 1857 г. Круmlinский виадук (США).



а



б

Рис. 10.16. Аркольский мост в Париже

Высокое сопротивление сварочного железа растяжению широко использовалось в якорных цепях и затяжках каменных арок. Идея подвешивания мостового строения к достаточно прочной нити, работавшей по принципу «гирлянды», была известна давно. Замена каната из растительных волокон кованой железной цепью позволила строителям Индии довести в середине XVIII столетия пролет до 180 м. Но это были пешеходные мосты.

Первый железный мост для гужевого транспорта пролетом в 81 м был сооружен в Северной Америке в 1809 г. через р. Меррилу. В 1818–1826 гг. англичанин Тельфорд построил 117-метровый мост через р. Мерей (рис. 10.17).

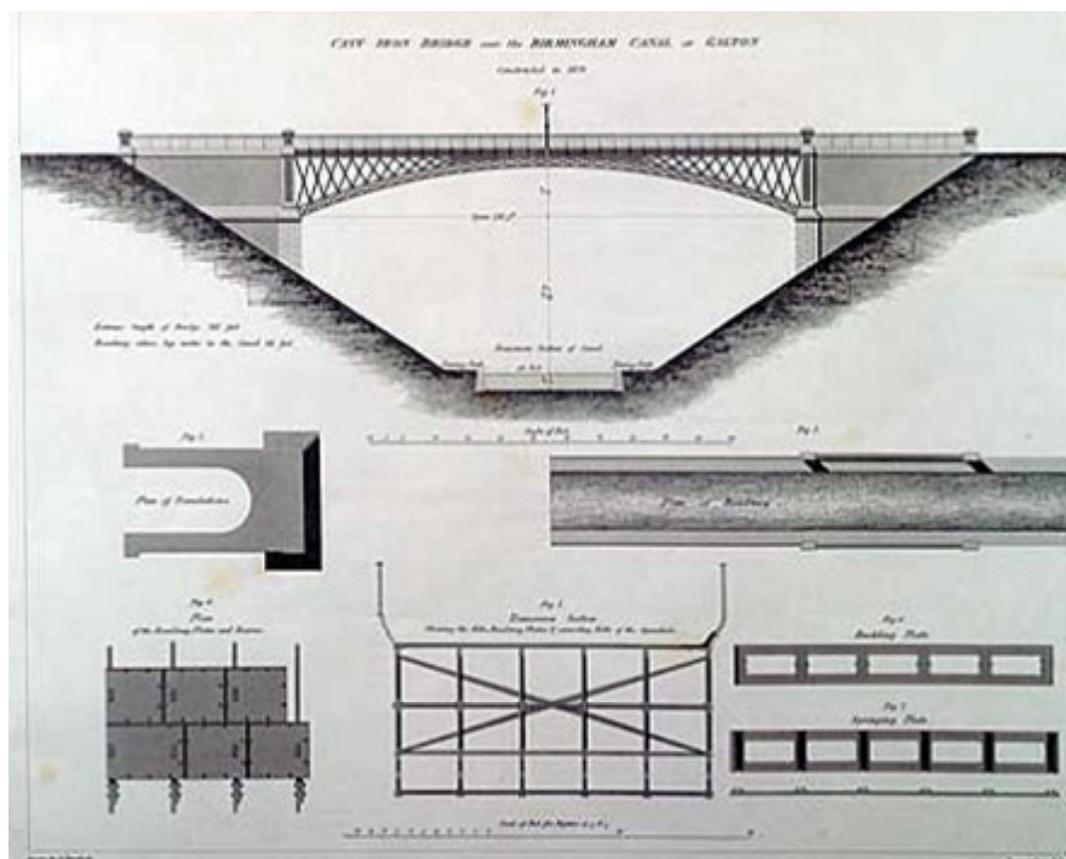


Рис. 10.17. Проект моста Тельфорда

Для цепной конструкции такая величина оказалась предельной. Преодолеть этот барьер дал возможность **железо-проволочный канат**, широкое распространение которого стало возможным благодаря крупным сдвигам в металлургии и металлообработке.

Переход от цепи к проволочному тросу, начало которому положила постройка в 1832 г. моста в Сюлли, дал работавшему в США немецкому инженеру Реблингу возможность перекрыть в 1870–1883 гг. в Бруклине пролет в 485 м (рис. 10.18).



Рис. 10.18. Панорама Бруклинского моста со стороны порта, 1905 г.

Наиболее масштабной висячей металлической конструкцией был возведенный в 1847 г. 143-метровый мост в Киеве. Сооружение висячих мостов позволило подойти к решению проблемы пролета, **однако первые мосты обнаружили большую подверженность волновым колебаниям под действием гравитационных и ветровых динамических нагрузок.** Когда же колебания вступали в резонанс с собственными вибрациями конструкции, нередко происходили катастрофы.

Сенсационным было обрушение в 1850 г. 120-метрового кабельного моста в Анжере, случившееся во время сильного ветра с дождем при прохождении по мосту воинской части.

Изучая опыт сооружения первых висячих мостов, француз Л.М. Навье в 1823 г. **разработал основы теории расчета их конструкций,** доложив результаты своих исследований во Французской академии наук.

Опыт усиления в 1840 г. проезжей части висячего моста в Монтерозе (Италия) мощной балкой подсказал идею борьбы с зыбкостью этих сооружений. Если в появлении новых стержневых конструкций решающую роль сыграла замена шарнира жестким узлом, то в развитии арочных решений можно отметить обратный процесс. **Шарнир** кардинально преобразовал эту конструкцию.

Одним из рекордных применений рамы было построенное французом Г. Эйфелем для международной выставки 1867 г. в Париже перекрытие «Галерея машин», а в России – сооруженный в 1857–1866 гг. С.В. Кербедзом городской мост в Варшаве (рис. 10.19).



*Рис. 10.19. Мост С.В. Кербедза в Варшаве
(Александровский мост). Взорван при отступлении
русских войск из Варшавы в 1915 г.*

Механизация строительного дела

Механизация производства, охватившая различные отрасли промышленности, преобразовала и весь комплекс строительных процессов.

С 1836 г. в земляных работах стали применять сконструированный американцем Отисом паровой **экскаватор** с ковшем емкостью 1,5 м³ и производительностью до 49 м³/ч, которая при ручной работе не превышала 0,5 м³/ч.

В 1848 г. изобретатель парового молота англичанин Дж. Несмит использовал его как **свайный копер**, позволивший увеличить вес бабы с 0,6 до 3 т, а число ударов с 30 до 100 в минуту. С 1862 г. старинный кран-укосина стал приводиться в действие паровой машиной – в результате его грузоподъемность возросла до 1 т.

В 1839 г. англичанин Г. Модели изобрел делавшую в минуту до 30 отверстий **дыропробивную машину**, которую стали применять при сооружении металлических мостов. Вручную рабочий мог просверлить за минуту максимум 2 отверстия. В 1850 г. англичанин Фейрберн приспособил для установки заклепок паровой молот, значительно повысивший производительность труда.

К 70-м гг. XIX в. относится изобретение англичанином Колладоном **пневматического перфоратора**, работающего от парового компрессора и приспособленного для уплотнения бетона. Перфоратор заменил пять ручных трамбовщиков.

В России механизация строительных работ была связана прежде всего с железнодорожным строительством. В 40-х гг. на прокладке Николаевской (ныне Октябрьской) железной дороге были применены **паровые экскаваторы и копры**. В конце 50-х гг. русский военный инженер К.И. Константинов независимо от Джеффри **усовершенствовал бетономешалку**.

Техническое образование

Развитие материального производства вызвало необходимость подготовки кадров, способных совершенствовать прежде всего техническую базу промышленных предприятий. Для этого нужны были люди, обладавшие совокупными знаниями – естественно-научными и технико-технологическими.

С середины XVIII в. технические школы учреждались в разных странах Западной Европы. В 1745 г. была открыта горная школа в Брауншвейге, в 1747 г. – Национальная школа мостов и дорог в Париже, в 1748 г. – школа Королевского инженерного корпуса в Мезьере.

Во второй половине XVIII в. был основан ряд горных школ мировой известности – горные школы в Баньской Штевнице (Словакия, 1764 г.), во Фрайберге (1765 г.), в Клаустале (Германия, 1775 г.), Горное училище в Петербурге (1773 г.), Национальная горная школа в Париже (1778 г.).

В 1794 г. в Париже было основано высшее техническое заведение, названное Центральной школой общественных работ, которую через год переименовали в Политехническую школу. Она должна была готовить артиллеристов, морских, военных и гражданских инженеров, гидрографов, технологов. В этой школе наряду с преподаванием естественных наук, в первую очередь математического и физико-химического цикла, обучали прикладным наукам. **Главное место среди всех дисциплин занимала механика**, являвшаяся теоретической основой техники того периода.

Выпускники школы получали общее физико-математическое и техническое образование. Дальнейшую специализацию часть выпускников проходила в Артиллерийской школе, Военной школе в Мезьере, в Школе мостов и дорог, Школе постройки кораблей и морских сооружений, Топографической школе.

Образцом высшего технического заведения в середине XIX в. считалась Центральная школа искусств и мануфактур, учрежденная в Париже в 1829 г. Предназначенная, как писали учредители, «для образования гражданских инженеров, директоров фабрик и заводов, преподавателей прикладных наук и пр., она должна доставлять промышленности людей, способных вносить свет наук физических и естественных в управление этими заведениями и большими общественными работами».

В Школе были четыре факультета: металлургии, строительного искусства, механики, химии. На первом году обучения все слушатели изучали естественно-научные и общетехнические дисциплины: механику, физику, химию, начертательную и аналитическую геометрию, архитектурное черчение и др. Со второго года обучения начиналась специализация. Второй и третий годы слушатели посвящали изучению прикладной механики, построения и установки машин, прикладной физики, аналитической химии, химической технологии, металлургии, механической технологии, паровых машин, железных дорог и др.

В России специалистов в области теоретической механики и инженеров готовили соответственно в университетах и в высших технических учебных заведениях. Основанный в 1755 г. Московский университет выпускал специалистов, обладавших серьезными знаниями по теоретической и прикладной механике. Теоретическую механику и ее технические приложения преподавали в университетах, открытых в начале XIX в. в Казани (1804 г.), в Харькове (1805 г.), в Петербурге (1819 г.). Большую роль в подготовке инженеров и в пропаганде теоретических знаний о машинах среди техников и инженеров-практиков сыграло Петербургское горное училище.

На протяжении XIX в. в России были учреждены такие высшие технические учебные заведения, как Лесной институт (1803 г.), Институт корпуса инженеров путей сообщения (1810 г.), Практический технологический институт (1828 г.), Институт гражданских инженеров (1842 г.), Артиллерийская академия (1855 г.), Военно-инженерная академия (1855 г.), Высшее техническое училище (1868 г.) и др. К началу XX в. в России насчитывалось 15 высших технических учебных заведений.

Система технического образования в Англии отличалась от системы подготовки технических кадров континентальной Европы. **Английские инженеры получали образование в результате практической деятельности.** Лишь в 1841 г. в Лондонском университетском колледже были организованы три технические кафедры: гражданского строительства, механики и машиностроения.

До середины XIX в. в Англии преобладала система ученичества, т. е. подготовка инженеров в процессе их работы на заводах. В частности, для машиностроителей главной школой был завод фирмы «Модели и Фильд», на котором получили профессиональную подготовку большинство английских инженеров-механиков первой половины века. Только в последней четверти XIX в. **специальные государственные комиссии стали изучать вопрос о создании высших и средних технических учебных заведений,** так как Парижская всемирная выставка 1867 г. наглядно показала отставание Англии в подготовке инженерных кадров.

Более быстро от системы индивидуального ученичества к систематическому образованию перешли в Соединенных Штатах Америки. В конце XVIII в. единственным техническим учебным заведением Северной Америки была Военная академия в Вест-Пойнте, выпускавшая военных инженеров, которых использовали и на гражданской службе. **В конце первой половины XIX в. там стали создавать высшие технические учебные заведения и политехнические школы** – технические колледжи при Гавардском, Йельском и Мичиганском университетах, Ринселеровский политехнический институт в штате Нью-Йорк, Бруклинский и Массачусетский политехнические институты.

В 1862 г. в Соединенных Штатах был подготовлен специальный эдикт о реформе технического образования. Это привело к увеличению числа технических колледжей и школ с 6 в 1866 до 21 в 1870 г.

Техническое образование во всех странах развивалось в соответствии с задачами и потребностями материального производства. В первой половине XIX в. готовили в основном инженеров-механиков. В середине века возник вопрос о подготовке инженеров по химическим специальностям. В 80-х гг. XIX в. начало развиваться электротехническое образование.

Глава 11. Организация строительного процесса первых небоскребов в США в начале XX века



Первые высотные здания начали возводить в США лишь в XIX в. До этого небоскребы ошибочно считались невыгодными с экономической точки зрения. Поэтому довольно редко можно было встретить здания, превышающие высоту в шесть этажей. Это объяснялось тем, что водяные насосы тех времен могли поднимать воду лишь на высоту 15 м. К тому же подниматься на большую высоту при помощи лестницы было крайне неудобно.

Но позднее, благодаря изобретению лифтов, разработке новых водяных насосов, развитию технологий производства стали и железобетона стало возможным строительство более высоких зданий. Было отмечено, что это очень выгодный вид зданий, особенно для мегаполисов, где необходима экономия площади застройки.

Считается, что первым высотным зданием в мире был небоскреб *The Home Insurance Building*, возведенный в Чикаго в 1885 г. (рис. 11.1). Это здание было выполнено по проекту американского архитектора Уильяма Ле Барона Дженни. В 1931 г. это здание было разрушено, просуществовав, таким образом, 46 лет. Изначально это было лишь десятиэтажное здание. Затем в 1891 г. были надстроены еще два этажа. Высота данного здания составляла всего лишь 55 м, но именно *The Home Insurance Building* принято считать праотцом высотных зданий благодаря особой конструкции, которая и легла в основу постройки современных небоскребов.



Рис. 11.1. *The Home Insurance Building*
(Чикаго)

Основой небоскребов является стальной каркас. Сборка стального каркаса – самая опасная и сложная часть строительства. Именно качество и скорость сборки каркаса определяют, будет ли проект реализован в срок и в рамках бюджета.

Самыми важными профессиями при строительстве первых небоскребов в США были **клепальщики** и **работники крановых бригад**. Зарплата **клепальщика** за рабочий день в начале XX в. была 15 \$, больше любого квалифицированного рабочего на стройке; они не выходили на работу в дождь, ветер или туман и не числились в штате подрядчика. Клепальщики работали бригадами из четырех человек, и стоило одному из бригады не выйти на работу, не выходил никто (рис. 11.2).



Рис. 11.2. Работа строителей на высоте

На помосте из досок или просто на стальных балках стоит угольная печь. В печи заклепки – 10 см в длину и 3 см в диаметре стальные цилиндры. **“Повар”** “варит” заклепки – небольшими мехами гонит в печь воздух, чтобы разогреть их до нужной температуры. Заклепка прогрелась (не слишком сильно – провернется в отверстии и придется ее высверливать; и не слишком слабо – не расклепается), теперь нужно передать заклепку туда, где она будет скреплять балки. Какая балка и когда будет крепиться, известно лишь предварительно, да и передвигать горячую печь в течение рабочего дня нельзя. Поэтому часто место крепления находится от **“повара”** метрах в тридцати, иногда выше, иногда ниже на 2-3 этажа. Передать заклепку можно единственным способом – бросить.

“Повар” поворачивается к **“вратарю”** и молча, убедившись, что вратарь готов к приему, щипцами бросает раскаленную докрасна болванку (600 г) в его сторону. Иногда на траектории уже сваренные балки, кинуть нужно один раз, точно и сильно. “Вратарь” стоит на узком помосте или просто на голой балке рядом с местом клепки. Его цель – **поймать летящую железку обычной жестяной консервной банкой**. Он не может двинуться с места, чтобы не упасть. Но поймать заклепку он обязан, иначе она маленькой бомбой рухнет на город.

“Стрелок” и **“упор”** ждут. “Вратарь”, поймав заклепку, загоняет ее в отверстие. “Упор” с внешней стороны здания, вися над пропастью, стальным стержнем и собственным весом удерживает шляпку заклепки. “Стрелок” 15-килограммовым пневматическим молотом в течение минуты расклепывает ее с другой стороны (рис. 11.3).



Рис. 11.3. Работа при строительстве небоскреба

Лучшая бригада прodelывает это фокус свыше 500 раз за день, средняя – около 250.

Опасность этой работы можно проиллюстрировать следующим фактом: каменщики на стройке страхуются по ставке 6 % от зарплаты, плотники – 4 %. Ставка клепальщика – 25-30 % (рис. 11.4).



Рис. 11.4. Работа бригады при строительстве небоскреба

Каркас небоскреба состоит из сотен стальных профилей длиной несколько метров и массой в несколько тонн, так называемых beams. Хранить их при строительстве небоскреба негде – никто не позволит организовать склад в центре города, в условиях плотной застройки, на муниципальной земле. Более того, все элементы конструкции разные, каждый может быть использован в одном единственном месте, поэтому попытка организации даже временного склада, например, на одном из последних построенных этажей может привести к большой путанице и срыве сроков строительства.

Заказ на бимсы согласовывался с металлургами за несколько недель до монтажа, грузовики подвозили их к месту строительства минута в минуту, независимо от погоды необходимо было выполнять разгрузку немедленно.



Рис. 11.4. Строительство небоскреба

Деррик-кран – стрела на шарнире, находится на последнем построенном этаже, **монтажники** – этажом выше. **Оператор лебедки может находиться на любом этаже** уже построенного здания, ведь никто не собирается останавливать подъем и отвлекать другие краны для поднятия тяжелого механизма на несколько этажей выше для удобства монтажников. Поэтому, поднимая много-тонный швеллер, **оператор не видит ни саму балку, ни машину, которая ее привезла, ни своих товарищей** (рис. 11.4–11.5).

Единственный ориентир для управления – удар колокола, подаваемый подмастерьем по сигналу бригадира, находящегося вместе со всей бригадой десятками этажей выше. Удар – включает мотор лебедки, удар – выключает. Рядом работают несколько бригад клепальщиков со своими отбойными молотами, другие крановщики поднимают по командам своих колоколов другие швеллеры. Ошибиться и не услышать удар нельзя – швеллер или протаранит стрелу крана, или сбросит с установленной вертикальной балки монтажников, готовящихся его закрепить (рис. 11.5).

Бригадир, управляя дерриком через двух операторов, одного из которых он не видит, добивается совпадения отверстий под клепку на установленных вертикальных балках с отверстиями на поднимаемом швеллере с точностью до 2-3 мм. Только после этого пара монтажников может закрепить раскачивающийся, часто мокрый швеллер огромными болтами и гайками (рис. 11.6–11.14).



Рис. 11.5. Работа бригады клепальщиков

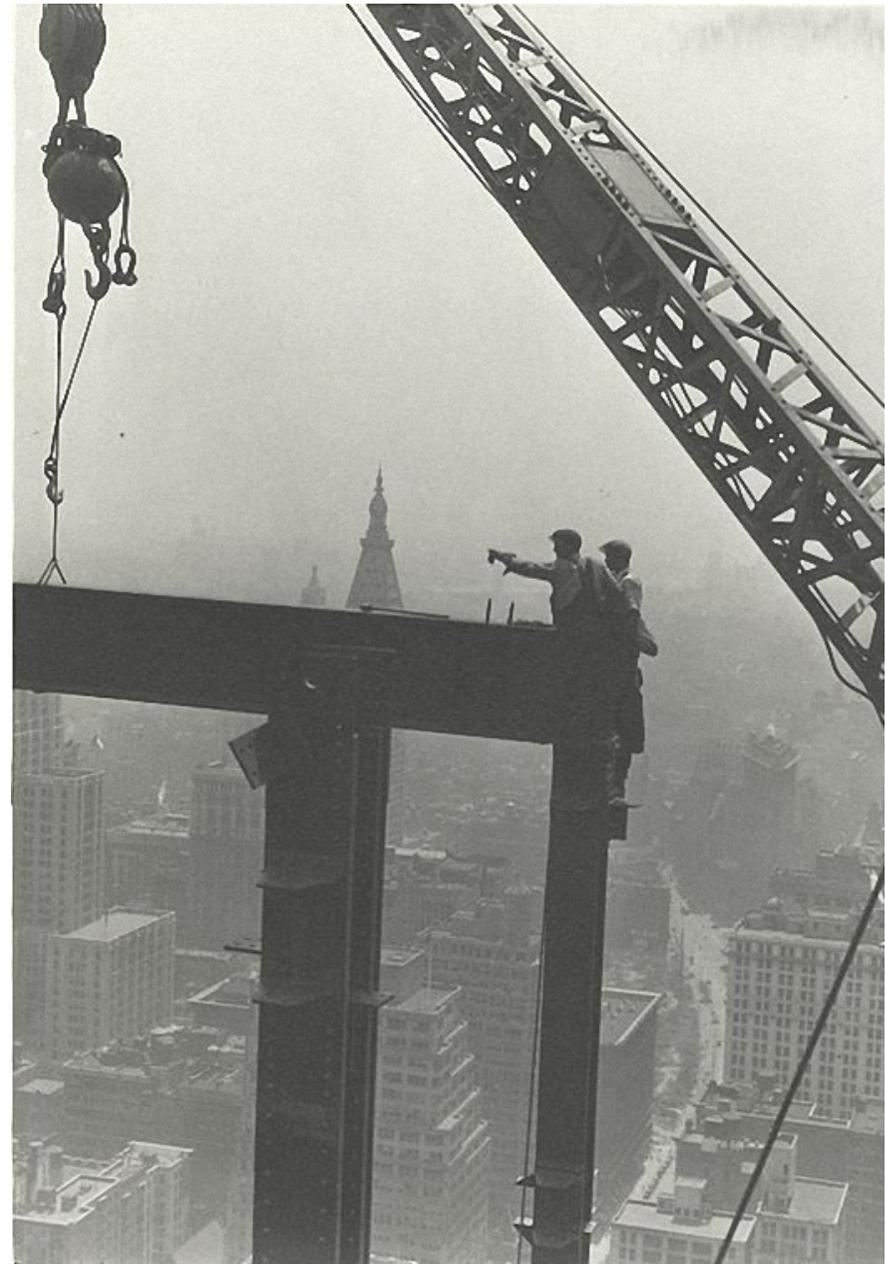


Рис. 11.6. Работа бригад на высоте



Рис. 11.7. Фотографии Чарльза С. Эббетса, запечатлевшего процесс монтажа металлических каркасов небоскребов в Нью-Йорке, 1932 г.



Рис. 11.8. Монтажники во время перерыва. Фотография авторства Чарльза С. Эббетса



*Рис. 11.9. Монтажники во время обеденного перерыва.
Фотография Чарльза С. Эббетса*



*Рис. 11.10. Клепальщики во время обеденного перерыва.
Фотография Чарльза С. Эббетса*



*Рис. 11.11. Монтажник во время обеденного перерыва.
Фотография Чарльза С. Эббетса*



Рис. 11.12. "Lunchtime a top a Skyscraper" (Обед на вершине небоскреба) – знаменитая фотография из серии "Construction Workers Lunching on a Crossbeam – 1932" фотографа Charles C. Ebbets (высота 240 м – 69-й этаж RCA Building)

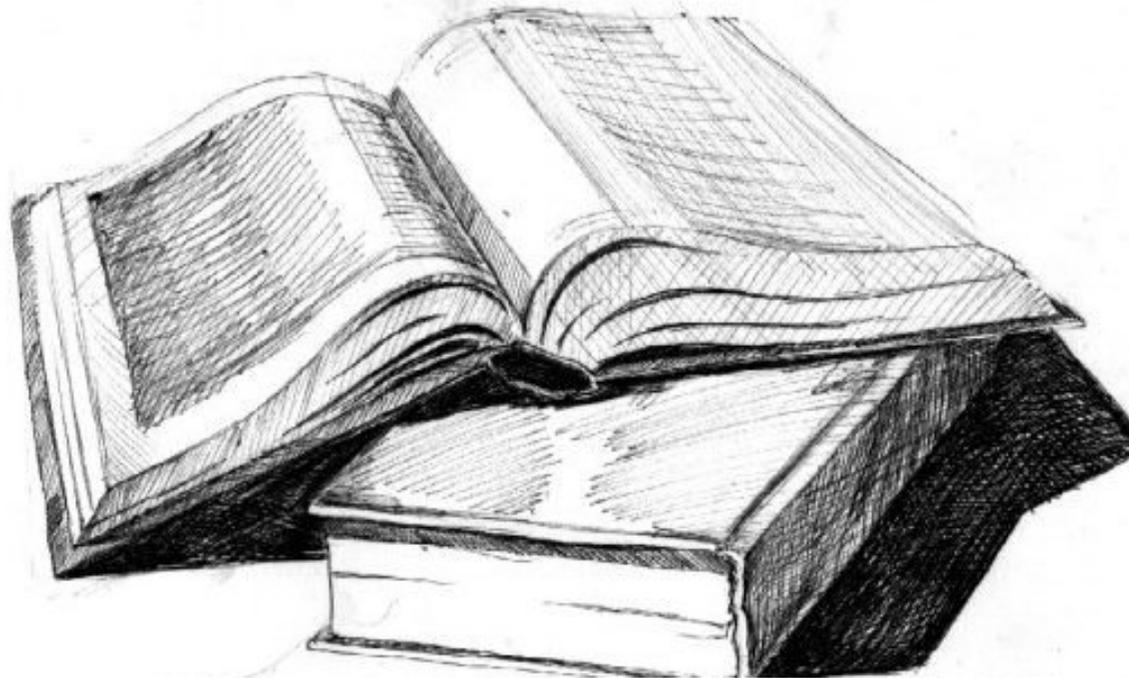


Рис. 11.13. Ремейк знаменитой фотографии, выполненный в 2011 г. в Лондоне при строительстве Heron Tower (3-й по высоте в столице Великобритании) на уровне 46-го этажа. (Рабочие повторили известный снимок с той лишь разницей, что виски заменили сидром, а работников одели в каски и привязали страховочными ремнями в соответствии со всеми требованиями современной техники безопасности)



Рис. 11.14. Памятник отважным строителям небоскребов в Нью-Йорке по мотивам знаменитого фотоснимка (установлен в 2011 г.)

Заключение



Развитие строительного производства в России с конца XIX в. до наших дней

В конце XIX и начале XX в. Россия уже располагала опытными кадрами отечественных инженеров-строителей, имеющих мировую известность. Однако в тот период в России объем строительства был невелик, и, несмотря на высокое мастерство русских рабочих и инженеров, организация строительства обеспечивалась при слабой механизации. Строительные работы выполнялись преимущественно вручную и носили сезонный характер. Работы развертывались весной и заканчивались осенью.

Положение со строительным делом в России несколько изменилось в начале XX в. особенно с 30-х гг. Увеличились объёмы строительства во всех отраслях народного хозяйства, были приняты меры по организации и развитию строительной промышленности, созданию проектных и строительных организаций, оснащению строительных организаций машинами и механизмами.

Широко развернулось строительство крупных промышленных предприятий. Наряду с промышленным строительством большое развитие получило жилищное строительство. Еще больший размах приняло строительство после окончания Великой Отечественной войны. В невиданно короткий срок были полностью восстановлены разрушенные города и села, введены в действие промышленные предприятия. Современное строительное производство характеризуется переходом на индустриальные методы ведения работ, присущие крупной машинной индустрии. Строительные процессы в части изготовления конструкций всё больше становятся заводскими. Работа же строителей нацелена на механизированный процесс сборки и монтажа зданий и сооружений из готовых блоков, частей и деталей, изготовленных в заводских условиях.

Создание мощного парка строительных машин в настоящее время позволяет осуществлять комплексную механизацию работ непосредственно на строительной площадке, при которой ручной труд все более вытесняется из звеньев технологического процесса и заменяется работой машин.

Развитие строительной науки в России с конца XIX в. до наших дней

Среди основных наук в области строительных технологий по сегодняшний день находятся строительная механика и строительная физика.

На разных этапах развития строительной механики методы расчёта сооружений в значительной степени определялись уровнем развития математики, механики и науки о сопротивлении материалов.

До конца XIX в. в строительной механике применялись графические методы расчёта, и наука о расчёте сооружений носила название «Графическая статика». В начале XX в. графические методы стали уступать место более совершенным – аналитическим, и примерно с 30-х гг. графическими методами практически перестали пользоваться. Аналитические методы, зародившиеся в XVIII – начале XIX в. на основе работ Л. Эйлера, Я. Бернулли, Ж. Лагранжа и С. Пуассона, были недоступны инженерным кругам и поэтому не нашли должного практического применения. Период интенсивного развития аналитических методов наступил лишь во 2-й половине XIX в., когда в широких масштабах развернулось строительство железных дорог, мостов, крупных промышленных сооружений.

Труды Дж.К. Максвелла, А. Кастильяно (Италия), Д.И. Журавского положили начало формированию строительной механики как науки.

Известный русский учёный и инженер-строитель Л.Д. Проскураков впервые (90-е гг. XIX в.) ввёл понятие о линиях влияния и их применении при расчёте мостов на действие подвижной нагрузки.

Приближённые методы расчёта арок были даны французским учёным Брессом, а более точные методы разработаны Х.С. Головиным.

Существенное влияние на развитие теории расчёта статически неопределимых систем оказали работы К.О. Мора, предложившего универсальный метод определения перемещений (формула Мора). Большое научное и практическое значение имели работы по динамике сооружений М.В. Остроградского, Дж. Рэлея, А. Сен-Венана. Благодаря исследованиям Ф.С. Ясинского, С.П. Тимошенко, А.Н. Динника, Н.В. Корноухова и других значительное развитие получили методы расчёта сооружений на устойчивость.

Крупные успехи в развитии всех разделов строительной механики были достигнуты в России в период существования СССР. Трудом советских учёных А.Н. Крылова, И.Г. Бубнова, Б.Г. Галёркина, И.М. Рабиновича, И.П. Прокофьева, П.Ф. Папковича, А.А. Гвоздева, Н.С. Стрелецкого, В.З. Власова, Н.И. Безухова и других были разработаны методы расчёта сооружений, получившие широкое распространение в проектной практике. В научных учреждениях и вузах СССР были созданы и успешно развивались до 90-х гг. XX в. новые научные направления в области строительной механики.

Становление строительной физики как науки относится к началу XX в. До этого времени вопросы строительной физики обычно решались инженерами и архитекторами на основе практического опыта. В России первые научные лаборатории этого профиля были организованы в конце 20-х – начале 30-х гг. XX в. при Государственном институте сооружений (ГИС) и Центральном научно-исследовательском институте промышленных сооружений (ЦНИПС). В последующие годы важнейшие научно-исследовательские работы по основным разделам строительной физики были сосредоточены в Институте строительной техники.

Особенно интенсивное развитие строительная физика получила в связи со значительным увеличением объёмов строительства различных по назначению зданий с применением индустриальных облегчённых конструкций и новых материалов, требующих предварительной оценки их свойств. Российскими учёными впервые были разработаны теория теплоустойчивости ограждающих конструкций зданий (О.Е. Власов), методы расчёта влажностного состояния конструкций (К.Ф. Фокин) и их воздухопроницаемости, выполнен ряд других фундаментальных исследований по важнейшим проблемам строительной физики, имеющим большое значение для современного строительства.

Конец XX в. был ознаменован использованием новых средств и методов научных исследований в области строительной науки.

Так, например, структурно-механические характеристики материалов и их влажностное состояние в конструкциях зданий начали изучать с помощью ультразвука, лазерного излучения, гамма-лучей, с применением радиоактивных изотопов и т.д.

При создании эффективных средств отопления и кондиционирования воздуха, а также ограждающих конструкций, характеризующихся малыми потерями тепла, нашла применение полупроводниковая техника. Распределение температур на поверхностях конструкций, в воздушной среде помещений и потоках воздуха теперь исследуется методами моделирования и термографии.

С помощью стремительно развивающихся компьютерных технологий и внедрения систем автоматизированного проектирования в конце XX в. было начато решение важной задачи строительной механики – расчёт сооружений как единых пространственных систем. Такой подход позволил получать невероятно точную картину распределения внутренних усилий в конструкциях сооружений и обеспечил значительную экономию строительных материалов.

В XXI в. использование новейших программных комплексов существенно изменило подход к проектированию сложных зданий и сооружений, сократив сроки создания проекта в десятки и сотни раз. **Компьютерное 3D-моделирование и автоматизация производства позволили взглянуть на архитектуру по-новому**, открыв строителям путь к реализации самых невероятных и смелых архитектурных идей.

За все время существования человечества на Земле строительная наука прошла длинный и извилистый путь от искусства, основанного на субъективной интуиции зодчего, до целого комплекса сложнейших инженерных дисциплин, базирующихся на самых разных обоснованных научных знаниях.

Список литературы

1. Иванов В.Ф. История строительной техники. – М., 1962.
2. Тимошенко С. П. История науки о сопротивлении материалов с краткими сведениями по истории теории упругости и теории сооружений: пер. с англ. – М., 1957.
3. Киселев В. А. Строительная механика. – 2-е изд. – М., 1969.
4. Строительная физика. Состояние и перспективы развития. – М., 1961.
5. Заграевский С.В. Юрий Долгорукий и древнерусское белокаменное зодчество. – М., 2002.
6. Ильинский В.М. Проектирование ограждающих конструкций зданий (с учетом физико-климатических воздействий). – 2-е изд. – М., 1964.
7. Байков В.Н., Стронгин С.Г., Ермолова Д.И. Строительные конструкции. – М., 1970.
8. Строительные конструкции / под ред. А.М. Овечкина и Р.Л. Маиляна . – 2-е изд. – М., 1974.
9. Коровников Б.Д. Строительные материалы. – М., 1974.
10. Зубов В.П. Архитектурная теория Альберти. – СПб., 2001.
11. Строительные машины: справочник / под ред. В. А. Баумана. – 3-е изд. – М., 1965.
12. Ганичев И.А. Технология строительного производства. – М., 1972.
13. Википедия. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org>.
14. Encyclopedia Britannica [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.britannica.com>.
15. Архимир [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.arhimir.ru>.

Учебное электронное издание

Е.А. Шаламова

**ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Учебное пособие

Редактор и корректор *И.Н. Жеганина*

Подписано к использованию 27.03.2018.

Тираж 5 экз. Заказ № 38/2018.

Издательство

Пермского национального исследовательского
политехнического университета.

Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, к. 113.

Тел. (342) 219-80-33.