

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургская государственная академия художеств
имени Ильи Репина»

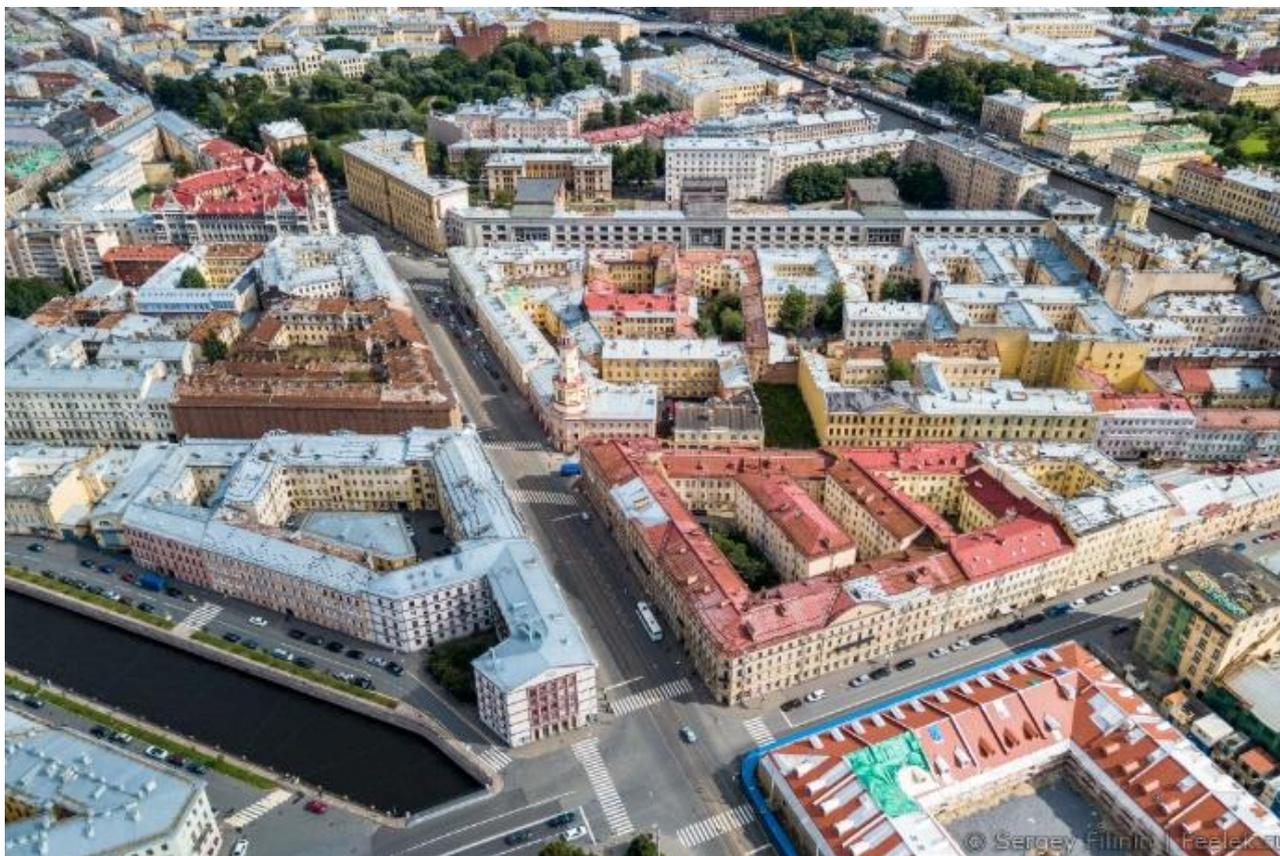


Фото Сергея Филинина <https://fееlek.livejournal.com/182659.html>

**КОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ
(НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)**

Учебное пособие

Составители: Г. И. Пименова, С. Ф. Гришин

Санкт-Петербург
2021

УДК {72.025.5:728.2}(470.23-25)

ББК 85.11Я7

ПЗ2

Конструкции жилых зданий исторической застройки (на примере Санкт-Петербурга) : учеб. пособие /сост. Г. И. Пименова, С. Ф. Гришин; Санкт-Петербургская государственная академия художеств. – Санкт-Петербург, 2021. – 166 с.

ISBN

Пособие содержит информацию о развитии конструктивных решений жилых зданий на примере исторической застройки Санкт-Петербурга с момента основания города до 1917 года. Рекомендовано для студентов всех форм обучения по направлениям 07.03.02, 07.04.02 (Реконструкция и реставрация архитектурного наследия) при изучении дисциплин, связанных с конструированием, реставрацией и реконструкцией исторических построек.

УДК {72.025.5:728.2}(470.23-25)

ББК 85.11Я7

Учебное пособие рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Санкт-Петербургской государственной академии художеств.

Рецензенты:

© Пименова Г. И., 2021

© Гришин С. Ф., 2021

© Санкт-Петербургская государственная академия художеств, 2021

ISBN

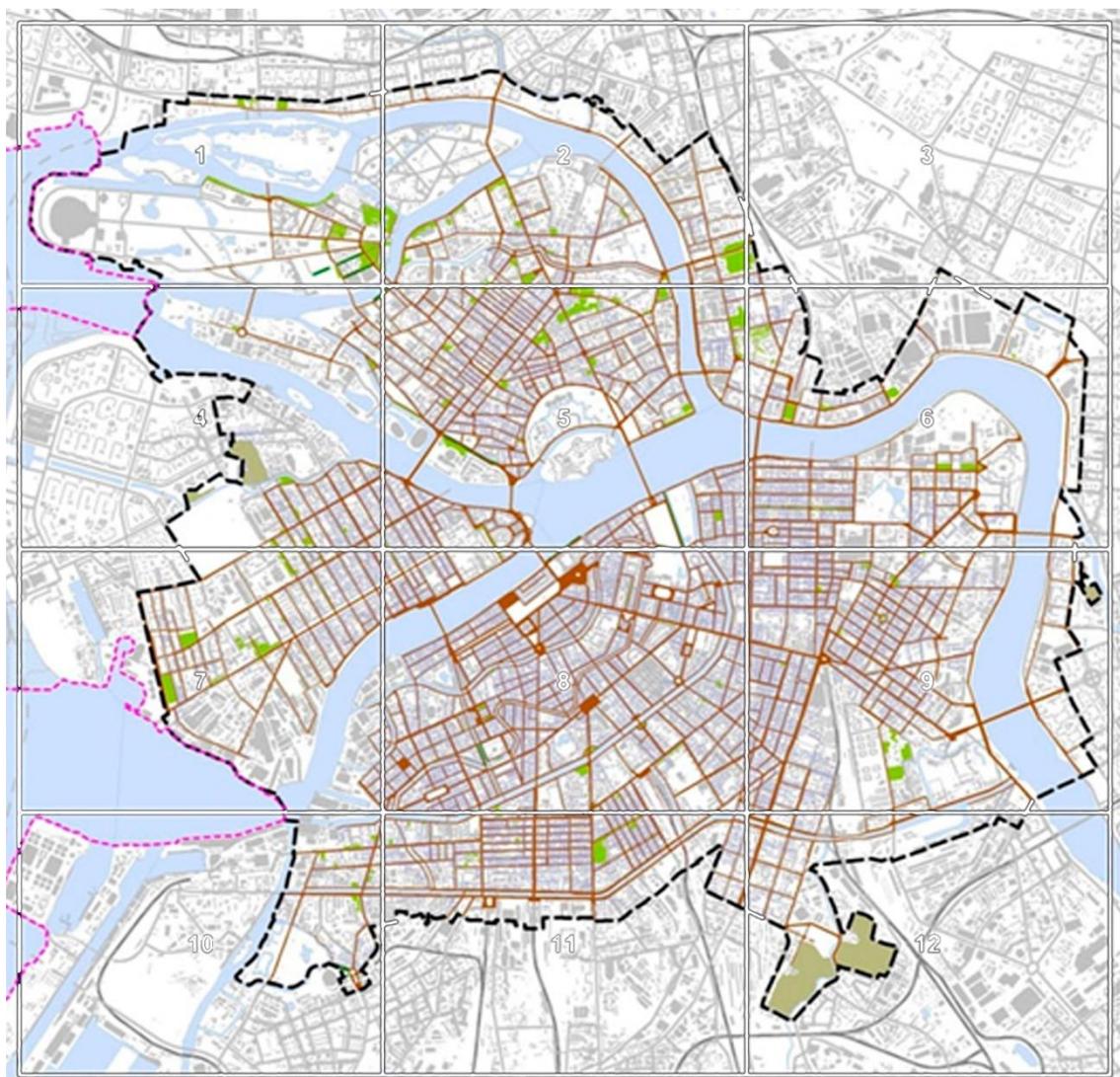
ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Характеристика жилой застройки исторического центра Санкт-Петербурга (1703-1917)	7
1.1 Планировочная структура	7
1.2 Морфотип петербургского жилого дома	15
1.3 Динамика строительства жилых домов	18
<i>Контрольные вопросы</i>	22
2 Конструктивные и строительные системы жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга	24
2.1 Хронология совершенствования строительных технологий	24
2.2 Строительные материалы, конструктивные элементы и архитектурные формы фасадов	25
2.3 Хронология совершенствования конструктивных решений	29
<i>Контрольные вопросы</i>	33
3 Конструктивные решения жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга	34
3.1 Основания и фундаменты	34
3.1.1 Естественные и искусственные основания	34
3.1.2 Фундаменты	48
3.1.3 Кладка фундаментов	51
3.1.4 Защита строений от грунтовых вод	57
<i>Контрольные вопросы</i>	70
3.2 Стены	72
3.2.1 Фахверковые стены	72
3.2.2 Землебитные стены	74
3.2.3 Деревянные стены	77
3.2.4 Кирпичные стены	87
<i>Контрольные вопросы</i>	111
3.3 Перекрытия	113
3.3.1 Сводчатые перекрытия	114
3.3.2 Балочные перекрытия	129
<i>Контрольные вопросы</i>	144
3.4 Покрытия	146
3.4.1 Наслонные стропила	148
3.4.2 Висячие стропила	151
<i>Контрольные вопросы</i>	157
Список литературы	158

Приложение. Конструктивные решения жилых зданий Санкт-Петербурга
различных периодов застройки с 1703 до 1917 годов **163**

ВВЕДЕНИЕ

Исторический центр Санкт-Петербурга, который взят под охрану ЮНЕСКО в качестве всемирно признанной ценности, включает застройку четырех административных районов города: Адмиралтейского, Василеостровского (восточная часть), Петроградского и Центрального (рис. 1).



РАСКЛАДКА ЛИСТОВ ДЛЯ МАСШТАБА 1:10000

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



ГРАНИЦЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ



ВНЕШНИЕ АДМИНИСТРАТИВНЫЕ
ГРАНИЦЫ РАЙОНОВ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

ЦЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ



ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРОСПЕКТЫ, УЛИЦЫ,
НАБЕРЕЖНЫЕ, ПЛОЩАДИ



ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ



ИСТОРИЧЕСКИЕ КЛАДБИЩА

Рисунок 1 – Границы исторического поселения город Санкт-Петербург [1]

28 июня 2021 года на основании четырехлетних исследований и обсуждений был утвержден приказ Министерства культуры РФ «Об утверждении предмета охраны, границ территории и требований к градостроительным регламентам в границах территории исторического поселения федерального значения город Санкт-Петербург» (зарегистрирован и опубликован Министерством юстиции РФ от 16.06.2021 № 63887).

В соответствии с упомянутым приказом внутри границ исторического центра охране подлежат как планировочная структура, так и объекты культурного наследия: Адмиралтейский район – 273 объекта, Василеостровский – 75 объектов, Петроградский – 151 объект, Центральный район – 397 объектов. В дополнение к этому охране подлежат все исторические здания, не вошедшие в этот список, но построенные до 1917 года включительно.

В историческом центре Санкт-Петербурга жилая функция была главной. Жилые дома в Санкт-Петербурге перестраивались активнее, чем в любом другом городе России, поэтому реконструкцию можно считать одной из основных форм создания жилищного фонда исторического центра города [2].

Существенной особенностью Санкт-Петербурга было не только совмещение нового строительства с многократной реконструкцией сложившихся частей застройки, но и преимущественное сохранение материально-конструктивной основы реконструируемых объектов, что должно было способствовать формированию стабильности и причинно-следственных отношений между конструктивными и композиционными характеристиками зданий. Решающее значение воздействия конструктивных характеристик на структуру фасадов подтверждается результатом знаменитого петербургского строительного бума предреволюционного двадцатилетия, когда в условиях многостилья и творческой свободы была возведена основная масса рядовой жилой застройки, обладавшая, тем не менее, уникальной композиционной целостностью и увязкой со сложившимся окружением [3].

Реставрация и реконструкция объектов исторической застройки невозможна без выявления соответствия архитектурных форм и конструктивно-строительных технологий, бытовавших в определенный период времени и на определенной территории. Это определяет актуальность изучения строительных технологий и приемов конструктивного решения зданий, относящихся к различным историческим периодам.

Впервые о влиянии конструктивно-строительных технологий на развитие

архитектуры было заявлено в труде французского инженера, историка архитектуры и строительной техники Огюста Шуази «История архитектуры» (Auguste Choisy, Histoire De L'Architecture, Paris, 1899). Большой вклад в рассмотрение вопросов анализа взаимодействия строительных конструкций с архитектурной формой во второй половине XIX века внесли ведущие профессора Петербургского института гражданский инженеров А. К. Красовский и Н. В. Султанов.

Настоящее учебное пособие посвящено вопросам развития конструктивных решений жилых зданий исторической застройки, построенных на территории Санкт-Петербурга в дореволюционный период.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА (1703-1917)

1.1 Планировочная структура

Известно, что Санкт-Петербург строился по плану, поэтому для него характерна регулярная планировка, которая обеспечивалась следующими элементами:

- улично-дорожная сеть – планировалась заранее и определяла систему открытых общественных пространств (улицы, площади, набережные);
- элементы улично-дорожной сети ограничивали кварталы;
- каждый квартал делился на предназначенные для застройки земельные участки – домовладения.

В исследованиях [3, 4] предложена приведенная ниже типология застройки городских участков и ее изменения по историческим периодам. Всего обозначено пять периодов, в пределах которых выявлены характерные особенности застройки.

Первый этап – 1712-1736 годы

В 1712-1716 годах возникли два основных типа застройки городских участков Санкт-Петербурга:

- строчная застройка. Дома строились по «образцовым» проектам Д. Трезини – одноэтажные деревянные, мазанковые или кирпичные, на 4-5 и 15 осей. Лицевой корпус стоял отдельно и размещался по красной линии. С двух сторон лицевого корпуса – забор и въездные ворота. В глубине участка размещались хозяйственные постройки, отделенные от главного корпуса регулярным садом и садовыми строениями. Застройка выполнялась строчной с противопожарными разрывами;

- брандмауэрная застройка. С 1716 года для главных улиц и набережных стал использоваться новый «образцовый» проект Ж.-Б.-А. Леблона – двухэтажный кирпичный дом на семь осей на подвалах, с высокой мансардной кровлей с переломами и брандмауэрными торцами.

Одновременно реализовывались обе системы застройки – брандмауэрная каменная по «образцовому» проекту Ж.-Б.-А. Леблона для главных улиц и деревянная строчная по «образцовым» проектам Д. Трезини для второстепенных улиц. При этом за каменными лицевыми корпусами в глубине участка располагались, как правило, деревянные постройки [5].

Размеры участков регламентировались в зависимости от значимости улиц. До 1724 года действовал следующий регламент:

- для набережных и главных улиц, которые застраивались «каменными палатами в два жилья» (в два этажа), ширина участков вдоль улиц составляла 6, 8 или 10 сажен (12.8; 17.0; 21.3 м);

- для рядовой застройки второстепенных улиц с деревянными строениями ширина участков составляла 7 или 10 сажен (14.9; 21.3 м).

С 1724 года участки стали шириной 5 – 8 – 10 сажен (10,6 – 17,0 – 21,3 м) и длиной 50-70 м – в половину ширины квартала. Исключения имели место для участков в зонах сложного рельефа – по берегам рек и протоков.

Регламентации подлежали и конструктивные решения частей зданий: стен в кирпичном, фахверковом и деревянном исполнении (1714-1716 годы); перекрытий (1718 год); кровель – черепица, тес, дрань, земля (1714 и 1718 годы); фундаментов с использованием свай, лежней, камня, кирпича.

Главная особенность описываемого периода – осуществлен переход от традиционной русской нерегулярной застройки кварталов к уникальной регулярной кирпичной – мазанковой – деревянной строго регламентированной застройке с лицевыми корпусами по красным линиям.

Второй этап – 1737-1761 годы

Застройка велась по «апробированным» проектам М. Земцова, разработанным на основе «образцовых» проектов Д. Трезини и Ж.-Б.-А. Леблон для городской кирпичной и деревянной застройки. Для участков центральной части города – от Адмиралтейства до р. Мойки – были рекомендованы дома в два апартамента на погребях. Для участков от р. Мойки до будущего Екатерининского канала рекомендовались к застройке дома в один апартамент на погребях, далее от центра – в один апартамент. По причине частых наводнений высота подклета была увеличена и на один фут превышала уровень наводнения 1721 года.

В 1738 году были предложены новые габариты участков – шириной «не менее 12 сажен» (25,6 м), длиной «не более 25 сажен» (53,25 м). Реализация нового регламента привела к появлению участков трех видов, отличных по размерам: «большие» участки – шириной в 20 сажен (42,6 м); «средние» – шириной в 15 сажен (31,95 м); «малые» – шириной в 10 сажен (21,3 м). Длина участков сохранялась равной половине ширины квартала.

Этажность построек определялась местоположением участка: на главных магистралях города строились кирпичные дома в два апартамента на высоком в пол-этажа подвале (2.5 этажа); на «средних» улицах, например, на Большой

Морской – кирпичные дома в один апартамент на высоком подвале (1.5 этажа); на второстепенных улицах, например, на набережных Мойки – кирпичные одноэтажные дома без подвалов.

Сохранялись два вида застройки участков: строчная (не сплошная) с расположением лицевых корпусов по красным линиям – для рядовой жилой застройки по «апробированным» проектам; брандмауэрная (сплошная) по красным линиям и периметральная в пределах участка – при застройке по индивидуальным проектам.

По причине частых пожаров (особенно в 1736-1737 годах) и наводнений на данном этапе активно реализовалась тенденция к повышению долговечности и огнестойкости зданий: росла доля кирпичных и каменных домов с брандмауэрными стенами, со сводчатыми каменными перекрытиями подвалов и первых этажей; в конструкциях крыш произошел отказ от переломов, для кровли использовались железо и черепица.

Третий этап – 1762-1800 годы

Характерна периметральная брандмауэрная застройка участков с расположением лицевых корпусов по красным линиям. Лицевые дома стали занимать всю ширину участка; арочные проезды во двор высотой в этаж располагались по одной из боковых осей здания. Лицевой дом был жилым и имел парадный этаж. Дворовые флигели были многофункциональными – первый этаж занимали конюшни, дровяники, службы, выше располагалось жилье. Дворовые флигели строились по границам межевания участка с отступом от главного дома или были связаны с ним переходом. Высота лицевого корпуса доходила до трех этажей, дворовые строения возводились в 1-2 этажа.

Появляются домовладения с несколькими дворами на участке – в случае, когда встраивался дворовой корпус. При этом следовало соблюдать регламент по размерам дворов: двор не мог быть менее чем 10x20...12x25 сажен (21.3x42.6...25.6x53.3 м).

В 1760-е годы из первых этажей лицевых корпусов уходит жилая функция, что обусловило появление витрин и незначительное увеличение глубины помещений и в целом ширины лицевого корпуса. Дворовые флигели сохраняли свои параметры – однопролетные схемы с малой шириной корпуса и односкатной крышей.

Четвертый этап – 1801-1860 годы

Особенность периода – появление и развитие доходного домостроения посредством как нового строительства, так и реконструкции усадебной застройки. Востребованность арендуемого жилья представителями разных слоев

населения требовала строительства доходных домов широкой типологии и стоимости.

Застройка участков – кирпичная брандмауэрная, периметральная, с одним или несколькими дворами. Лицевые корпуса ставились «сплошной фасадом» по красным линиям и имели, как правило, 3-4 этажа. Дворовые флигели могли иметь высоту 4-5 этажей и располагались вдоль межевых границ с примыканием к лицевому корпусу.

Дворы уменьшились в габаритах до минимальных размеров 5х6 сажен (10.65х12.8 м); появились функциональные (световые) дворы малой площади, предназначенные для освещения вспомогательных помещений квартир. При этом территория домовладения по площади не могла быть менее 10х20 сажен (21.3х42.6 м).

Сделана попытка регламентации фасадов и их элементов. Фасады должны были быть симметричными с окном по центральной оси и нечетным общим количеством окон на этаже по ширине фасада. Были установлены минимальные размеры оконных проемов: высота – не менее 2 1/4 аршин (1,6 м), ширина – не менее 1 1/4 аршин (0,89 м), простенки – уже ширины окон, высота от верха окон до кровли, включая карниз, не менее 0,89 м. Для небольших зданий высота окна – 2 аршина (1,42 м), ширина – 1 аршин 2 вершка (0,8 м), с шириной простенков не меньше ширины окон. Высота окон над уровнем земли – не менее двух аршин (1,42 м), расстояние от окон до кровли – не менее одного аршина (0,71 м).

Для рядовой застройки этого периода использовались образцовые жилые дома следующих типов:

- одноэтажные дома с 1, 3, 5, 7 окнами (по длине здания);
- дома с мезонинами в 5, 7, 9 окон;
- двухэтажные дома в 3, 5, 7, 9, 11 окон;
- трехэтажные и четырехэтажные доходные дома;
- дома с лавками на первом этаже.

Пятый этап – 1860-1917 годы

Этап окончательного формирования доходного домостроения и функционального развития жилой застройки, что в значительной степени было обусловлено быстрым ростом населения в городе в связи с отменой крепостного права в 1861 году и бурным развитием промышленного производства, требовавшего притока рабочей силы.

Ответом на рост городского населения было уплотнение жилой застройки при ограничении высоты зданий. С целью скорейшего освоения участков, под-

лежащих застройке или реконструкции, разрешено было деление участков на несколько новых при устройстве проезда от каждого участка до улицы с шириной проезда не менее 3,2 м.

Высота жилых зданий в Санкт-Петербурге (от уровня тротуара до карниза) по нормам того времени не должна была превышать ширины улицы и не могла быть больше 23,4 м (11 сажен – высота Зимнего дворца). Угловые здания на перекрестках по высоте соизмерялись с улицей большей ширины. Минимальная высота зданий – 5,5 аршин (3,9 м). Высота этажа – не менее 3,5 аршин (2,49 м). Высота крыши лицевого фасада должна была составлять $\frac{2}{7}$ его ширины. Если ширина корпуса не превышала четырех сажен (8,5 м), то высота крыши могла быть не более $\frac{1}{3}$ ширины здания.

В целях повышения огнестойкости строений были запрещены деревянные лестницы; балконы и решетки должны были устраиваться с использованием железа или чугуна. Расстояние между кирпичными зданиями на участке – не менее двух сажен (4,26 м).

Окна жилых домов почти всех этажей равноценны, что является отличительной характеристикой доходного дома; исключением могли быть окна верхнего этажа. Лицевой корпус как главный элемент в застройке участка имел обязательную центрально-осевую композицию фасада. Хозяйственные постройки на территории домовладения на этом этапе застройки уже отсутствуют. Фасад лицевого корпуса занимал весь фронт улицы, и только этот фасад подлежал художественному оформлению. Разрешено было устройство мансард под покрытием с железной кровлей и уклоном скатов не менее 45° . При этом устройство мансарды не отменяло общих требований по высоте здания.

Именно в этот период возникают крупные дворовые ансамбли рядовой застройки – с несколькими дворами, курдонерами, крупными въездными арками, системой пристроенных и отдельно стоящих дворовых флигелей (корпусов). Высота зданий составляет 5-6 этажей, в отдельных случаях достигает до семи. Параллельно новому строительству велась массовая реконструкция существовавшей застройки с ее уплотнением и повышением этажности на участках методами достройки и надстройки домов или путем полного их сноса и строительства нового строения.

Обобщая информацию по исследованию застройки владельческих участков, авторы описываемых исследований указывают на следующие важнейшие особенности периодов:

- *первая половина XVIII века –*

характерна усадебная застройка «сплошной фасадом» и разрывная строчная; лицевые корпуса домовладений выстраивались по красной линии, имели 1-2 этажа на погребах; ширина лицевого корпуса – 8-10 м, глубина помещений – 4-5 м. В центральных зонах города появляется брандмаурная периметральная застройка с единой композицией лицевого и дворовых корпусов и со средней высотой лицевых домов в 2-3 этажа и дворовых корпусов (флигелей) в 1-2 этажа. При этом ширина лицевого флигеля практически осталась прежней – до 10 м, но появились боковые флигели с глубиной помещения 3 м;

- вторая половина XVIII века –

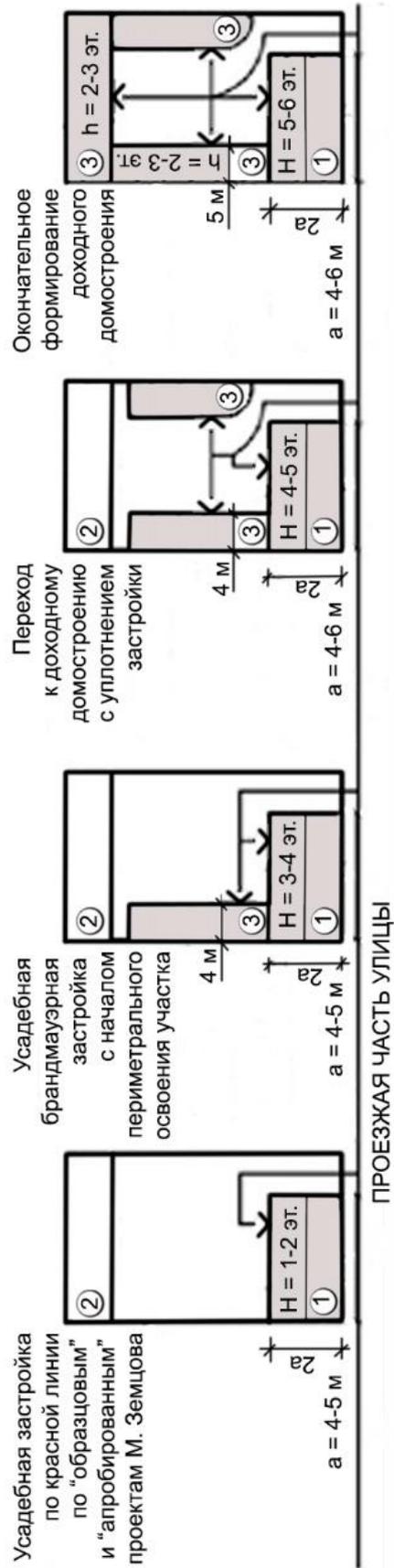
заложены основы регламентирования застройки (габариты владельческих участков, высотный регламент, использование кирпича и дерева), что обеспечивает застройке новое качество – трехэтажные и четырехэтажными лицевые корпуса как элементы брандмаурной застройки «сплошной фасадом» с увеличением ширины лицевых корпусов до 10-14 м, что создавало предпосылки для увеличения высоты этажа;

- вторая половина XIX века –

массовый переход к строительству по индивидуальным проектам, что было ответом на необходимость увеличения площади помещений лицевых корпусов, их высоты и развития дворового пространства. При этом соблюдался регламент по размерам участка и высоте строений. Объемно-планировочные параметры главных жилых корпусов: глубина помещений увеличилась до 8-9 м при ширине здания 16-18 м. Дворовое пространство формируется флигелями, расположенными по контуру участка и параллельно лицевому корпусу, решенными или в один пролет с шириной корпуса 4-6 м, или в два пролета 5-8 м каждый. В целях пожарной безопасности расстояние от стены с окнами до межи домовладений должно было составлять не менее двух сажен (4.26 м); расстояние между противоположными фасадными стенами внутри домовладения – не менее их высоты; межевые (брандмаурные) стены – без каких-либо проемов [2].

Таким образом, происходило поэтапное формирование плотной брандмаурной периметральной застройки, росли высота (до семи этажей) и ширина (до 16-18 м), в первую очередь, лицевых корпусов застройки с увеличением глубины помещений до 8-9 м и высоты помещений – до 5-6 м.

На рис. 2 и 3 показаны этапы развития застройки владельческих участков и указаны объемно-планировочные параметры строений, предложенные в исследованиях [3, 4].



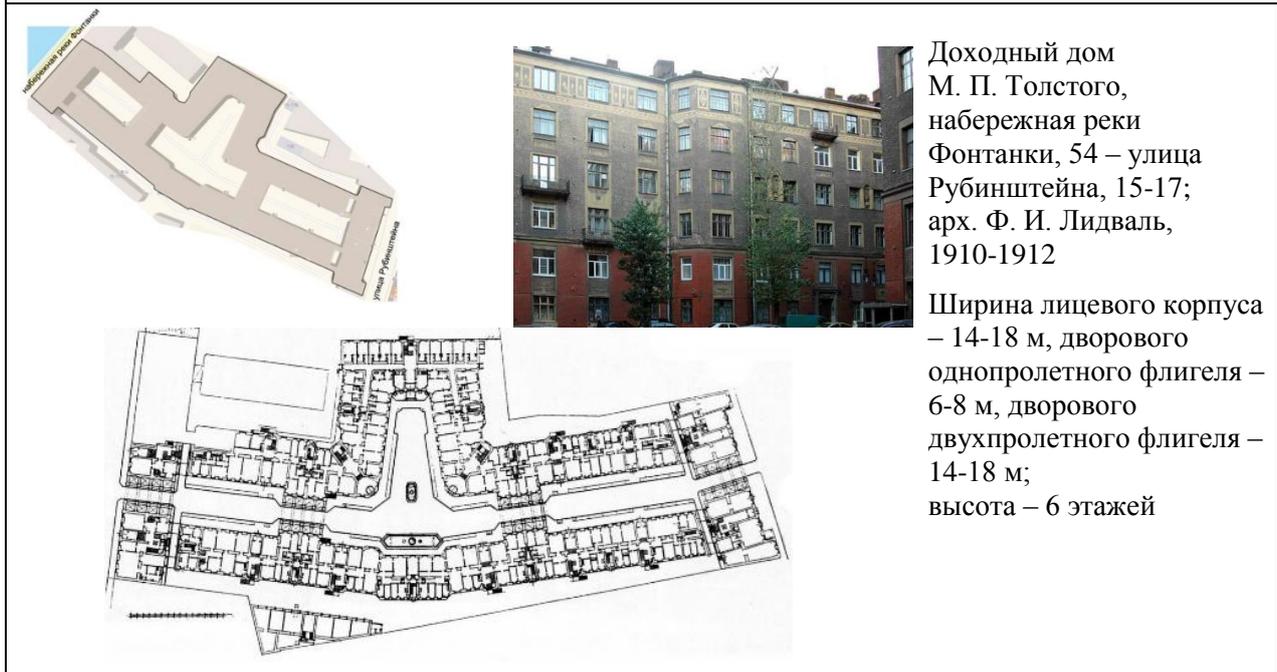
1 - жилой лицевой кирпичный корпус 2 - деревянные хозяйственные постройки 3 - жилые кирпичные дворовые флигели

Рисунок 2 – Развитие застройки владельческих участков и объемно-планировочные параметры объектов жилой исторической застройки



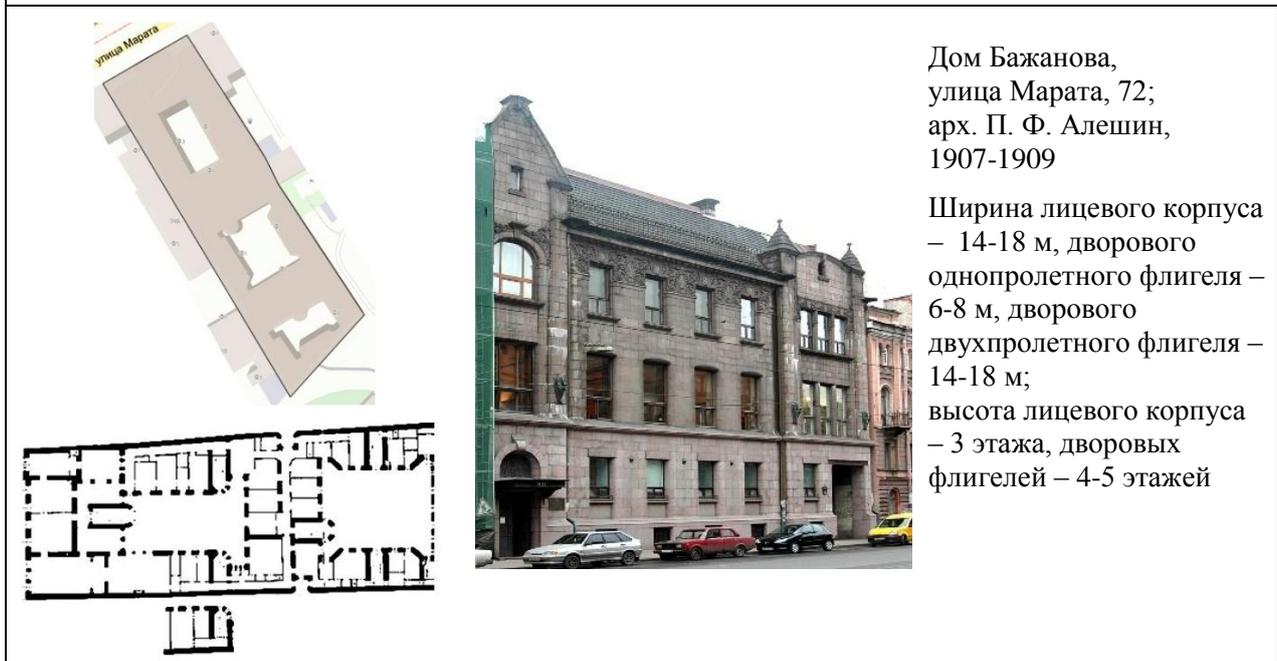
Доходный дом Чубаковых,
набережная реки
Фонтанки, 126;
арх. И. И. Долгинов,
1912-1913

Ширина лицевого корпуса
– 14-18 м, дворового
однопролетного флигеля –
6-8 м, дворового
двухпролетного – 14-18 м;
высота – 6 этажей



Доходный дом
М. П. Толстого,
набережная реки
Фонтанки, 54 – улица
Рубинштейна, 15-17;
арх. Ф. И. Лидваль,
1910-1912

Ширина лицевого корпуса
– 14-18 м, дворового
однопролетного флигеля –
6-8 м, дворового
двухпролетного флигеля –
14-18 м;
высота – 6 этажей



Дом Бажанова,
улица Марата, 72;
арх. П. Ф. Алешин,
1907-1909

Ширина лицевого корпуса
– 14-18 м, дворового
однопролетного флигеля –
6-8 м, дворового
двухпролетного флигеля –
14-18 м;
высота лицевого корпуса
– 3 этажа, дворовых
флигелей – 4-5 этажей

Рисунок 3 – Примеры сформировавшегося доходного домостроения и организации дворового пространства с наличием функциональных дворов

Строгий контроль со стороны властей обеспечил повсеместное выполнение правил планировочной структуры квартала [2]:

- квартал делился на домовладения нацело; в его границах не оставалось территорий, не предназначенных для застройки или заранее определенного использования;

- каждое домовладение одной, двумя, редко тремя сторонами граничило с улицей;

- не было домовладений, расположенных внутри квартала; таким образом, каждый участок застройки имел самостоятельный въезд с улицы, и это было первым условием его независимости от соседей;

- размеры домовладений варьировались не значительно, а в пределах одного квартала были, как правило, одинаковыми. Это обстоятельство явилось предпосылкой и обеспечением «строного, стройного вида» города.

Подавляющую часть застройки исторического центра Санкт-Петербурга составляют домовладения – постройки, имевшие изначально или получившие впоследствии жилую функцию как основную. Застройка домовладений не по значимости, но по масштабу даже в большей степени, чем знаменитые ансамбли, определяет сегодня тот облик, который подлежит сохранению [2].

В постоянном обновлении домовладений были заинтересованы сами собственники, поэтому в процессе эксплуатации нормой были постоянные ремонты, поддерживающие техническое состояние строений, наращивание объемов посредством пристройки и надстройки, а также совершенствование планировки квартир и инженерного оборудования домов. Все это дополнительно обеспечивало высокий уровень востребованности жилья в доходных домах разными слоями общества.

1.2 Морфотип петербургского жилого дома

Термин «морфотип застройки» был введен в 1980-х годах в работах А. Э. Гутнова и имел целью обеспечить возможность типологизации городской среды и дальнейшей ее оптимизации.

Понятие «морфотип застройки» включает следующие основные характеристики средового фрагмента [6]:

- функциональная программа;
- пространственная организация территории;
- историко-культурный аспект;
- этажность строений;

- серийная принадлежность строений;
- взаимное расположение отдельных построек на территории жилой группы, квартала;
- плотность застройки;
- степень изоляции внутреннего пространства территории.

В процессе постоянной реконструкции исторических кварталов Санкт-Петербурга, которая проводилась под контролем городских властей и стимулировалась общими интересами собственников, к концу XIX века в историческом центре города сложился устойчивый морфотип жилой застройки – петербургский жилой дом.

Реконструктивные преобразования проводились по всем районам города и приводили не только к увеличению площади застройки участков, но и к повышению этажности зданий. В современной терминологии эти приемы носят название уплотнительной застройки. Плотность застройки в результате реконструкции возрастала в два-три раза. При этом город сохранил единство городского ландшафта, благодаря строгому контролю за строительной деятельностью со стороны властей, а также в силу высокой скорости проводимых преобразований.

Вместе с уплотнением застройки менялся и тип жилых домов. Сначала это были «образцовые» дома по проектам главного архитектора города Доменико Трезини, затем появились особняки, выстроенные по индивидуальным проектам. Это была застройка усадебного типа – дом предназначался для проживания одной семьи. С ростом численности населения в городе и появлением потребности в многоквартирных домах отдельные объекты усадебной застройки стали перестраиваться в доходные дома с квартирами для семей разного достатка и состава. Но основная доля доходных многоквартирных домов – это новое строительство.

Облик города в результате реконструктивного уплотнения и нового строительства менялся быстро и весьма существенно:

- «- Петр I оставил город 1-2-этажным;
- Пушкин восхищался 3-этажным просторным Петрополем;
- Достоевский и его герои жили в 4-5-этажных домах с тесными дворами;
- Блок ассоциируется с 6-этажной Петроградской стороной и ее узкими улицами» [2].

К последней трети XIX века в историческом центре Санкт-Петербурга лидирующее положение в застройке стал занимать специфический морфотип жилья – петербургский многоквартирный дом.

Петербургский дом – это совокупность строений в пределах одного домовладения; домовладение имеет адресный номер (дома), а отдельные строения домовладения обозначаются литерами (сейчас – номерными корпусами).

В застройке домовладений выявляются как общие, так и специфические черты. К общим решениям относится главенствующая роль в архитектурном решении и декоративном оформлении лицевых корпусов по отношению к дворовым флигелям.

Для лицевых строений характерно следующее [2]:

- размещение по красным линиям улицы, а при отступе – фиксация красной линии оградой или другими малыми формами;
- использование всего фронта домовладений, без разрыва с застройкой смежных домовладений;
- двухпролетная планировочная схема;
- часто – наличие встроенных нежилых помещений в нижних этажах.

Уличный плоский фасад лицевых корпусов доходных домов получал в соответствии с модой выразительный архитектурный декор, отраженный в венчающих и промежуточных карнизах, оформлении окон, рустовке стен и других деталях, включая цветное решение.

Наиболее разнообразны фасады второй половины XIX века – период эклектики в архитектуре, когда историцистские мотивы отражали дух времени. Богатый декор накладывался на симметричные в большинстве случаев фасады, пластика которых дополнительно обогащалась балконами или эркерами, усиливающими симметрию и несущими формы литого или кованого металла. Богатый фасадный декор характерен также для следующего периода – архитектурного модерна. Неоклассицизм начала XX века представлен в Санкт-Петербурге малым количеством построек.

Наряду с фасадами богатым убранством отличались и парадные лестницы лицевых корпусов. Их украшали резные двери, печи, решетки ограждения, витражи, декоративная обработка стен и потолка [2].

Высота дворовых строений если и превышала высоту лицевого корпуса, то визуально со стороны улицы главенство основного корпуса все равно сохранялось. Дворовые строения, как правило, были однопролетными по периметру домовладения и двухпролетными в средней части участка. За счет внутренних строений создавалось два и более дворов. Каждый двор, за исключением световых обеспечивался въездом с улицы. Дворовые постройки если и имели декор, то только на фасадах первого двора. Зелень во дворах практически отсутствует.

Все строения в границах жилого домовладения были жилыми или предназначались для хозяйственных служб – каретные сараи, конюшни, прачечные. Производственные здания или мастерские на территории участка встречаются крайне редко [2].

Таким образом, на основе исследований С. Г. Головиной [3, 4] можно видеть пять основных этапов развития функционально-пространственной организации жилой исторической застройки владельческих участков:

- 1712-1736 годы – одно- и двухэтажная усадебная застройка по красной линии «сплошную фасадую» или с разрывами по «образцовым» проектам Трезини и Леблона;

- 1737-1761 годы – усадебная застройка в один и два этажа на «погребках» по красной линии с разрывами по «апробированным» проектам Земцова на основе «образцовых» проектов Трезини и Леблона;

- 1762-1800 годы – трех-четырёхэтажная брендмауэрная застройка усадебного типа с элементами доходного домостроения на основе «апробированных» проектов фасадов с началом периметрального освоения участка;

- 1801-1860 годы – переход от усадебного к доходному домовладению с застройкой участка по периметру и повышением этажности путём многократной реконструкции построек;

- 1861-1917 годы – окончательное формирование доходного домостроения с повышением высоты зданий до пяти-шести этажей; в незначительной степени сохранена городская периметральная особняковая застройка.

1.3 Динамика строительства жилых домов

Динамика градостроительного развития Санкт-Петербурга свидетельствует о весьма неравномерной активности процессов городского строительства и реконструкции (рис. 4) [7].

Так, по данным исследований [7] можно привести следующие статистические данные (рис. 4):

- к настоящему времени в городе сохранилось 21500 многоквартирных домов, построенных в период с 1728 по 2014 годы;

- до 1800 года ежегодное количество построенных каменных домов не превышало 30 и только в 1800 году случился всплеск строительной активности – за год было построено 100 каменных домов;

- следующий период активности – 1830-е годы, после чего строительство пошло на спад;

- рекордный показатель строительства – 100 домов в год – был превышен только к 1880 году;
- абсолютный рекорд дореволюционного периода – 245 домов – было построено в 1900 году;
- послереволюционный период и период после Великой отечественной войны не свидетельствуют об активной строительной деятельности;
- максимально активный период в строительстве города – 1960-е годы – период возведения знаменитых советских пятиэтажек; достаточно активно жилье строится до конца советского периода – до 1990 года;
- максимальная строительная активность в постсоветский период приходится на 2007 год, после чего строительство затихает по причине экономического кризиса.

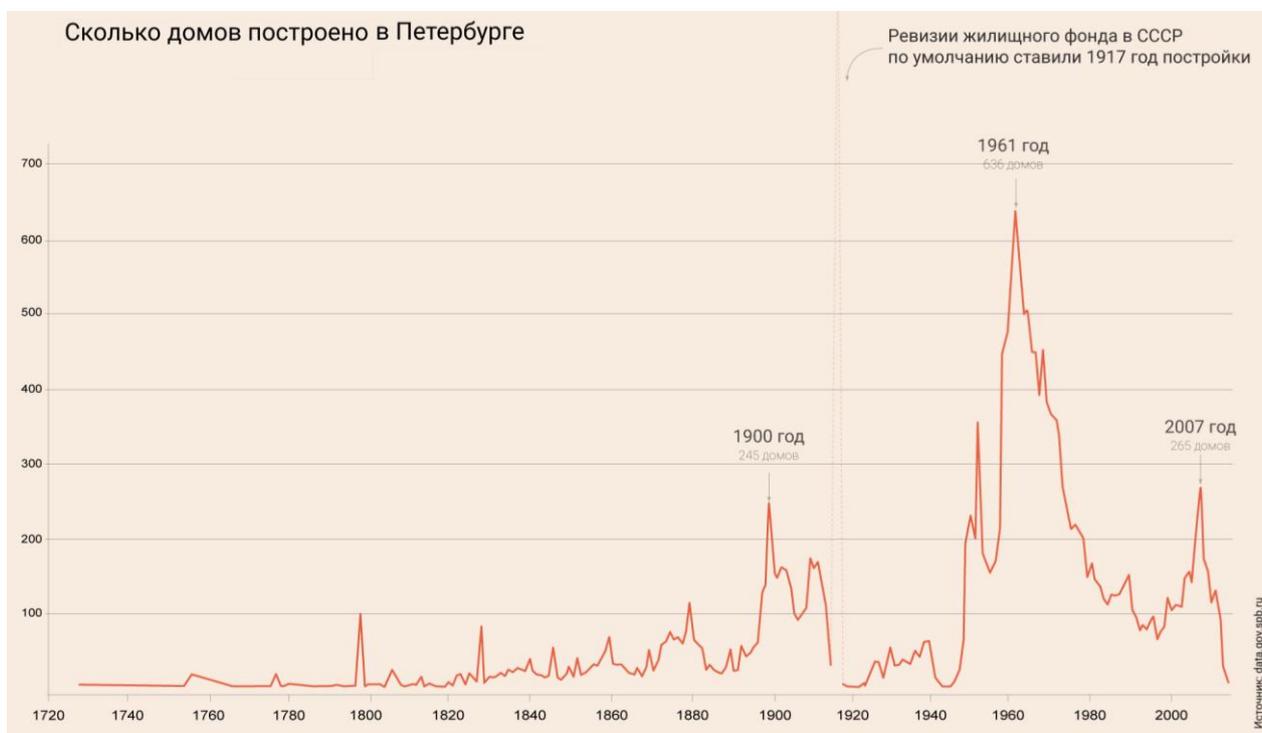


Рисунок 4 – Динамика строительства жилых домов в Санкт-Петербурге [7]

Авторы приведенных исследований указывают на возможную некорректность данных, так как даты постройки некоторых объектов в советское время назначались без соответствующих обоснований. Это касается, в первую очередь, домов, датированных 1900 и 1917 годами. Тем не менее общая динамика строительства жилых зданий логически согласуется с событиями, связанными со строительной деятельностью в городе: рост численности городского населения; реформы, касающиеся архитектурно-градостроительной деятельности; строительный бум конца XIX – начала XX века как результат действия двух уже названных факторов.

Быстрый рост населения Санкт-Петербурга и других российских городов был связан с отменой крепостного права в 1861 году и обусловлен промышленным развитием, требовавшим массового притока рабочей силы.

На рис. 5 представлена динамика роста населения Санкт-Петербурга с 1764 по 2002 годы [8].

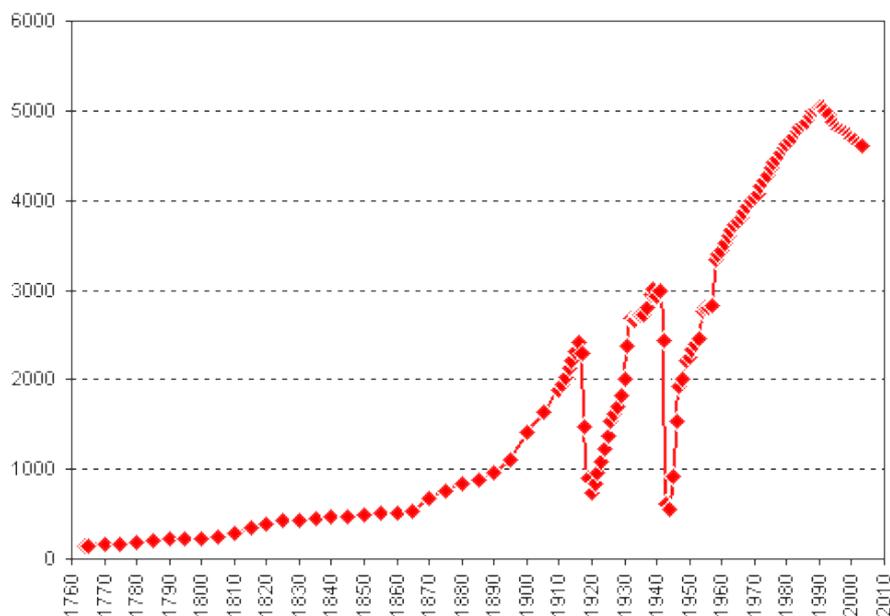


Рисунок 5 – Численность населения Санкт-Петербурга в 1764-2002 годах, тыс. человек [8]

За полтора века с момента основания Санкт-Петербург стал крупным городом с числом жителей около полумиллиона. После отмены крепостного права рост численности населения существенно ускорился:

1860 год – около 506 600 чел.;

1890 год – 954 400 чел.;

1900 год – 1 418 000 чел.;

1916 год – 2 415 700 чел.

Таким образом, за 25 предреволюционных лет население города увеличилось в 2.5 раза, или на 1.5 млн. человек.

Рост населения требовал новых приемов в организации городского управления, с тем чтобы обеспечить требуемые темпы строительства жилья. Ответом на это требование явились общегосударственные реформы второй половины XIX века, в состав которых входила и реорганизация городского управления Санкт-Петербурга. В результате столичных реформ к 1880-м годам была создана эффективная система градостроительной деятельности, учитывающая интересы властей и частных владельцев и включающая законодательные акты в отношении градостроительства, архитектуры, землеустройства и межевания,

имущественного права и налогов, а также регламент разработки и реализации архитектурных и градостроительных решений.

Системность в проведении реформ и согласованность всех составляющих архитектурно-градостроительной деятельности обеспечила небывалый рост строительной активности в Санкт-Петербурге в конце XIX – начале XX века: если в начале XIX века новое строительство жилых и общественных зданий измерялось 20-30 тыс. кв. м, то к концу XIX века годовой прирост только жилых зданий составлял 500-800 тыс. кв. м, и дополнительно проводился ремонт не менее 800-1000 тыс. кв. м жилья [9]. В результате строительного бума в начале XX века в российской столице доходные дома составляли три четверти всех городских строений. Следует отметить, что эффективность организационно-управленческих реформ второй половины XIX века определила их долговременное использование – до середины 1940-х годов.

В настоящее время большая часть жителей Санкт-Петербурга проживает в домах, построенных в послевоенный период, но и историческая застройка продолжает составлять значимую долю жилого фонда города (рис 6) [7].

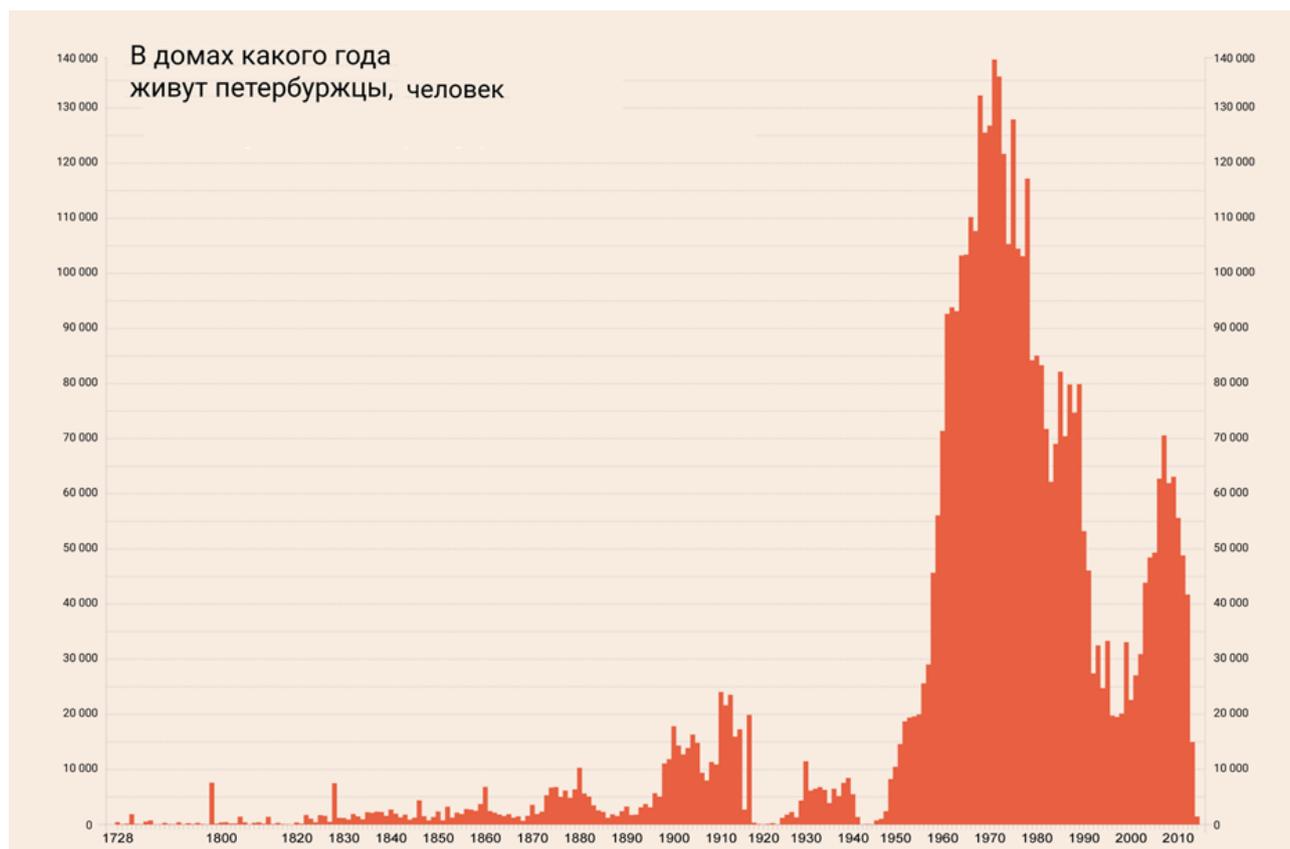


Рисунок 6 – Распределение населения Санкт-Петербурга по жилым домам различного периода строительства [7]

По информации, представленной на рис. 6, можно видеть, что примерно половина горожан, живущих в домах исторической застройки, обосновались в зданиях, построенных в Санкт-Петербурге в период строительного бума конца XIX – начала XX века.

Обобщенная характеристика развития функционально-пространственной организации среды исторического Санкт-Петербурга в период 1703-1917 годы может быть представлена следующим образом [3]:

- преобразование функционально-пространственной структуры происходило посредством поэтапного уплотнения застройки владельческих участков с переходом к брандмауэрному принципу застройки при регламентации ширины владельческого участка и высоты лицевых корпусов;

- поэтапное уплотнение застройки и рост её этажности сопровождались переходом к анфиладно-коридорной планировке квартир с увеличением площади парадных помещений, что определило рост пролетов основных несущих конструкций до 9 метров и высоты этажей – до 4-5 метров;

- брандмауэрная застройка по красной линии, увеличение этажности, нивелировка высоты карнизов, отказ от использования ордерных систем приводили к однообразию восприятия фасадов, что формировало предпосылки для изменения их пластики, появлению новых структурных элементов.

Контрольные вопросы

1. Назовите два основных типа застройки городских участков Санкт-Петербурга периода, возникших в 1712-1716 годах, и дайте им краткую характеристику.

2. Какие параметры жилой застройки (планировочные, конструктивные) регламентировались в Санкт-Петербурге в 1712-1736 годах?

3. В какой период времени в Санкт-Петербурге был осуществлен переход от традиционной русской нерегулярной застройки к регламентированной застройке?

4. Назовите авторов типизированных объектов петербургской застройки первой половины XVIII века и дайте краткую характеристику типам домов.

5. Укажите причины вынужденного изменения строительно-конструктивного регламента жилой застройки российской столицы середины XVIII века и дайте краткую характеристику этих изменений.

6. Дайте краткую характеристику второй половине XVIII века как первого периода уплотнительной застройки Санкт-Петербурга – планировка и застройка участков, параметры зданий, функциональный аспект.

7. Назовите периоды становления доходного домостроения в Санкт-Петербурге и охарактеризуйте направленность его развития – изменения в застройке участков, этажности и параметрах зданий, др.

8. Дайте краткое обоснование формированию и функционально-пространственному развитию дворовой системы петербургских домовладений.

9. Дайте общую характеристику морфотипа «Петербургский жилой дом» (размещение строений на участке, планировочные схемы и этажность строений, функциональное наполнение и декоративное оформление построек, др.).

10. Дайте краткое обоснование ускоренному развитию петербургской жилой застройки после 1880-х годов.

2 КОНСТРУКТИВНЫЕ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

2.1 Хронология совершенствования строительных технологий

Развитие планировочных приемов и архитектурных решений жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга сопровождалось совершенствованием строительных технологий и использованием новых строительных материалов и конструктивных решений.

Хронология массово используемых в дореволюционный период строительных систем для объектов жилой застройки может быть представлена следующими этапами [3, 4]:

-1703-1710-е годы – экспериментальный этап – апробация землебитной строительной системы с применением местных строительных материалов и использованием упрощенных аналогов европейских фахверковых систем;

1714-1760-е годы – этап приспособления традиционной русской строительной системы к местным условиям – использование дерева и кирпича для основных несущих конструкций и черепицы для кровли;

- 1760-е – 1840-е годы – совершенствование строительной системы с использованием кирпича и дерева посредством стандартизации кирпича, применения чугуна и камня для декоративного оформления фасадов, кровельного железа – для покрытий зданий;

- 1830-е – 1880-е годы – строительная система с использованием кирпича и дерева; для стен используется кирпич повышенного качества и гидравлические растворы; конструкции стен и крыш решаются с применением полосового, болтового и углового железа;

- 1870-е – 1910-е годы – строительная система с использованием кирпича и металла; для перекрытий и лестниц используется прокатный металл (тавровое, двутавровое и рельсовое железо), с начала XX века применяется сталь и железобетон.

Следует отметить, что даже для построек начала XX века приоритетом оставалась материальная однородность основных несущих конструкций: кладка стен осуществлялась на известковом растворе с покрытием штукатурным слоем; в перекрытиях и крышах использовались деревянные балочные и стропильные конструкции. Растворы на основе портландцемента применялись только

для той части конструкций, которые требовали особой защиты – фундаменты, цоколи, карнизы.

2.2 Строительные материалы, конструктивные элементы и архитектурные формы фасадов

Указанные периоды совершенствования строительных систем зданий находят подтверждение в хронологии использования основных строительных материалов в исследуемый период (табл. 1) [3].

Таблица 1 – Хронология массового использования основных строительных материалов в жилых зданиях Санкт-Петербурга, построенных до 1917 года

Строительные материалы	Период массового использования
Дерево - «топорная» обработка - «пильная» обработка	1703-1760 1714-1917
Кирпич - казенных заводов (петровский) 280x140x70 - городской 266x133x67 - облицовочный	1710-е – 1830-е 1810-е – 1917 1870-е – 1917
Камень <i>для несущих конструкций</i> - известняк плита бут - гранит плита, бут булыжник <i>для облицовки</i> - мрамор, гранит - «мыльный» камень	1710-е – 1917 1703-1760-е 1703-1917 1703-1780-е 1880-е – 1917 1890-е – 1917
Раствор - известь - гидравлическая смесь и романцемент - портландцемент	1703-1917 1730-е – 1820-е 1820-е – 1917
Железо - листовое - полосовое - тавровое и двутавровое - рельсовое - крепеж, метизы	1760-е – 1917 1820-е – 1917 1830-е – 1917 1860-е – 1917 1720-е – 1917
Чугун	1780-е – 1810-е
Сталь	1910-е - 1917
Стекло - слюда - мелкое стекло - крупное стекло - витражи	1703-1710-е 1710-е – 1810-е 1770-е – 1917 1850-е – 1917
Железобетон	1910-е – 1917

Повышение качества строительных материалов и расширение спектра используемых материалов, в первую очередь, за счет применения металла обеспе-

чивали возможность развития строительных конструкций, что, в свою очередь, определяло более широкие возможности архитектурных решений зданий.

В табл. 2 и 3 представлена информация о периодах массового использования соответственно отдельных конструктивных элементов зданий и экстерьерных архитектурных форм [3].

Таблица 2 – Хронология массового использования основных строительных конструкций в жилых зданиях Санкт-Петербурга, построенных до 1917 года

Конструктивные решения	Период массового использования
Стропильная система - с углом наклона кровли 45-60 град. - наслонные стропила с углом наклона кровли 14-17 град.	1703-1740 1730-1917
Карниз - каменный - кирпичный - с лещадной плитой - карнизная плита с анкерровкой - с карнизной ж/б плитой	1890-е – 1917 1714-1917 1780-е – 1917 1800-е – 1917 1900-е – 1917
Стена - фахверковая землебитная - бревенчатая рубленая - кирпичная	1703-1710-е 1710-е – 1770-е 1714-1917
Перекрытия <i>своды</i> - сомкнутые, цилиндрические, крестовые - крещато-сомкнутые, прусские <i>балки деревянные</i> - с черепами - с черепными брусками - рельсы - прокат стальной	1730-е – 1810-е 1790-е – 1860-е 1710-е – 1740-е 1730-е – 1890-е 1880-е – 1917 1910-е – 1917
Перемычки - кирпичные - железокирпичные - железобетонные	1720-е – 1917 1860-е – 1917 1910-е – 1917
Цоколь - закладной из известнякового бута - прислонный из известняковых, гранитных и др. плит - кирпичный оштукатуренный (гидравлическим раствором)	1720-е – 1917 1850-е – 1917 1830-е – 1917
Фундамент - столбчатый из местных материалов без раствора - ленточный из местных материалов - ленточный бутовый на известковом растворе - ленточный бутовый на цементном растворе	1703-1720-е 1710-е – 1850-е 1730-е – 1917 1830-е – 1917
Балконы - на консолях каменных железных - на контурах из прокатного железа	1760-е – 1850-е 1830-е – 1917 1890-е – 1917

	- на железобетонных плитах	1900-е – 1917
Эркеры	- на каменных консолях	1860-е – 1890-е
	- на поэтажных контурах из прокатного железа	1880-е – 1917
	- на стальном каркасе	1900-е – 1917
	- на поэтажных железобетонных плитах	1910-е – 1917

Таблица 3 – Хронология появления и массового использования основных структурных элементов жилых зданий Санкт-Петербурга, построенных до 1917 года

Структурные части	Период массового использования	
Световой фонарь	1830-1917	
Мансарда	1850-е – 1917	
Эркер	- одноэтажный с балконом	1830-е – 1917
	- многоэтажный с балконом	1850-е – 1917
	- многоэтажный с завершением куполом (угловой, срединный)	1879-е – 1917
Балкон	- отсутствие балкона	1700-е – 1760-е
	- французский	1750-е – 1840-е
	- с выносом до 1 м	1820-е – 1890-е
	- с выносом от 1 м	1880-е – 1917
Венчающий карниз	- с малым выносом (до 40 см)	1720-е – 1917
	- с большим выносом (более 40 см)	1760-е – 1820-е
Поэтажные карнизные тяги	- отсутствие тяг или наличие над первым этажом	1710-е – 1740-е
	- плоские	1720-е – 1770-е
	- профилированные	1720-е – 1790-е
Обрамление оконных проемов	- без наличников, с плоским профилем	1730-е – 1800-е
	- с развитыми профилями	1780-е – 1917
Заполнение оконных проемов	- мелкого размера свинцовое	1700-е – 1750-е
	- среднего размера деревянное	1730-е – 1800-е
	- беспереплетное деревянное	1780-е – 1917
Размеры оконных проемов	- стандартные	1750-е – 1917
	- витрины первого этажа	1780-е – 1917
Отделка стен	<i>штукатурное покрытие</i>	
	- по кирпичным элементам	1700-е – 1790-е
	- с использованием гипса	1770-е – 1917
	<i>облицовка естественным камнем</i>	
	- с прислонной облицовкой	1830-е – 1917
	- с закладной облицовкой	1850-е – 1917
- комбинированная система	1850-е – 1917	
Цоколь	- штукатурный	1710-е – 1917
	- закладной	1710-е – 1917
	- прислонный	1820-е – 1917

Данные таблиц 2 и 3 свидетельствуют о согласованности этапов появления новых конструктивных решений и определяемых этими решениями эксте-

рьерных архитектурных форм лицевых корпусов жилых домов.

Так, в начальный период строительства городского жилья, который отмечен установкой 1714 года на возведение жилых домов в камне и по образцовым проектам, на фасадах каменных домов для защиты от промерзания наиболее уязвимых участков стен (угловые стыки наружных стен, примыкания внутренних стен к наружным, зоны опирания перекрытий) использовались традиционные приемы – устройство плоских пилястр, лопаток, карнизных тяг. В 1730-е годы пластика фасадов стала более выразительной за счет увеличенного выноса этих конструктивно значимых элементов относительно плоскости фасада. Важным элементом конструктивного и декоративного решения фасадов был также и цоколь, решаемый по принципу закладного с защитой тела стены плитами известняка или с покрытием штукатурным раствором. Во второй половине XIX века возможность использования дорогих пород камня для защиты цоколя потребовала нового его конструктивного решения – появился прислонный цоколь [3].

Влажный климат и невысокое качество кирпича обеспечили уже в первой половине XVIII века традиционность защиты фасадных стен зданий от раннего разрушения слоем известковой штукатурки с последующей покраской. Цементный раствор стал использоваться для оштукатуривания наиболее увлажняемых участков стен – карнизы и цоколи – только в последней четверти XIX века.

До второй половины XIX века штукатурным раствором покрывалась не только основная плоскость фасадной стены, но и выступающие элементы. Впоследствии распространился прием наложения фасадных деталей («наморозка»), изготовляемых полностью из гипса или алебаstra [3].

С 1880-х годов получают распространение приемы отделки фасадов жилых домов лицевым кирпичом – наступает период так называемого «кирпичного стиля» в архитектуре. Начальным импульсом для перехода к кирпичной облицовке фасадов был экономический фактор как управляющий в период строительного бума. Лицевой кирпич изготавливался разных цветов и форм, что позволяло реализовывать смелые решения по декорированию фасадов. В дополнение к цвету использовалась рельефная кладка. Популярность «кирпичному стилю» обеспечивала и экономичность в эксплуатации зданий – такие фасады были долговечны, не требовали частого ремонта. Этот же период отмечен расцветом модерна и использованием для облицовки фасадов природного камня.

Оконные проемы в первой половине XVIII века были малого размера и имели заполнения со свинцовыми переплетами и мелкой расстекловкой. К кон-

цу этого периода обозначился переход к деревянным оконным рамам. Габариты окон и оконного стекла постепенно увеличивались, и уже к концу XVIII века появилось оконное заполнение деревянное и беспереплетное, которое к началу XX века широко применялось в парадных помещениях домов. С 1769 года императорским указом было разрешено использовать первые этажи жилых домов для торговых заведений, что стимулировало применение витринных окон.

Венчающие карнизы в исторической застройке Санкт-Петербурга как элементы защиты фасадов зданий от атмосферных осадков, были, как правило, небольшого вылета, поскольку их функции дублировались поэтажными карнизами.

С 1830-х годов в качестве композиционных элементов фасадов широко использовались эркеры, фонари верхнего света. С середины XIX века уплотнение застройки привело к появлению и развитию мансардных этажей. Балконы разных конструктивных решений применялись на протяжении всего рассматриваемого периода времени, но широкого распространения не получили по причине холодного климата.

2.3 Хронология совершенствования конструктивных решений

На основе обобщения приведенной выше информации о хронологии массового использования основных строительных материалов, конструкций и структурных частей жилых домов исторической застройки в исследованиях С. Г. Головиной выявлены следующие периоды стабильности конструктивных решений зданий [3].

1703-1720-е годы

«Петровский» период, отмечен поиском компромиссных конструктивных решений, использующих упрощенные варианты европейских конструктивных аналогов и местные строительные материалы. В первую очередь, это фахверковые конструкции, комбинирующие деревянный каркас и землебитную технологию его заполнения. В петербургском климате фахверковые конструкции оказались недолговечными, поэтому Указ Петра I 1714 года определил возврат к традиционным для русского строительства системам с применением дерева и кирпича.

1720-е – 1780-е годы

Период становления петербургской конструктивно-строительной системы с приспособлением традиционных отечественных конструктивных систем и строительных технологий к природно-климатическим условиям столицы. Ха-

ракетные изменения конструктивных решений отдельных частей зданий: «от фундаментов из местных материалов – к бутовым фундаментам; от анненских погребов – к эксплуатируемым подвалам; от балочных конструкций «топорной» работы – к «индустриальным» деревянным балочным системам; от тесовых и черепичных крыш по стропильным фермам – к стальным кровлям по наклонным стропилам; от лестниц по сводам – к использованию железных площадочных балок и косоуров на болтовых соединениях» [3]. Перекрытия в домах этого периода преимущественно сводчатые или сводчато-балочные, исполняемые в кирпиче и дереве. Совершенствуются конструктивные решения оконных заполнений, промежуточных и венчающих карнизов. Железо используется в малом количестве – скобяные изделия, полосовое железо для усиления узловых участков конструкций, связи сводчатых перекрытий.

1770-е – 1860-е годы

Доминирует сводчато-балочная конструктивная система с последующим отказом от сводчатых форм в перекрытиях первого этажа. Для подвальных перекрытий вводятся прусские и крещатые своды; при устройстве чердаков – дремпельные стены, позволяющие создавать мансардные уровни требуемой высоты; в конструкциях лестниц используются клепаные металлические элементы; в конструкциях балконов появляются каменные и металлические консоли. Ширится использование природного камня и чугуна в структурных элементах фасадов и гидравлических растворов в кладочных конструкциях; совершенствуются размеры кирпича и изделий из известняка и другого природного камня.

1850-е – 1880-е годы

Завершается формирование рациональной и стабильной петербургской конструктивной системы многоквартирных домов: конструктивная схема с продольными несущими стенами; бутовый фундамент на лежнях и ростверках; обратные арки и своды в конструкциях стен и полов подвалов, сводчатые подвальные и балочные междуэтажные перекрытия; железные кровли по наклонным стропилам. Происходит постепенный отказ от кирпичных сводчатых надподвальных конструкций; внедряются балки из полосового и таврового железа и рельсов; наряду с консолями из литого чугуна появляются железочугунные с заделкой в кирпичные стены. Совершенствуются конструкции фонарей верхнего света, перемычек над большими проёмами первых этажей. К 1860-м годам сформировалось чёткое разделение конструкций зданий по капитальности на две части. Первая часть – фундаменты, подвальные перекрытия и стены – конструкции высокой капитальности, предназначены для эксплуатации без

реконструкции в течение всего срока службы здания. Вторая часть – конструкции перекрытий и крыш со сроком службы порядка сорока лет, требующие периодических капитальных ремонтов. Установка на формирование такой двухчастной материальной структуры объекта с разным сроком службы конструктивных элементов обеспечивала возможность гибкой реконструкции зданий в ходе эксплуатации.

1870-е – 1910-е годы

Период повсеместного перехода к балочным конструкциям перекрытий с массовым использованием рельсового и стального проката, железобетона. Остальные части зданий сохраняют стабильность найденных ранее решений. Совершенствуются конструкции эркеров, балконов, цоколей. С возобновлением строительства особняков получают развитие конструктивные решения отдельных элементов зданий с применением стали – зеркальных сводов, фонарей верхнего освещения, беспереплетных оконных заполнений, витражей, башен и шпилей. Конец этапа отмечен использованием монолитного железобетона в конструкциях перекрытий, лестниц, карнизных элементов, реже – для оконных перемычек.

Таким образом, становление строительных технологий Санкт-Петербурга основано на апробации европейских и отечественных строительных приемов и их развитии с учетом природно-климатических особенностей северной столицы и социально-экономических условий своего времени.

Становление и развитие петербургской строительной школы осуществлялось поэтапно с переходом от дерева к металлу и при сохранении кирпича как основных материалов строительной системы. Так называемая «петербургская конструктивная система» сформировалась к середине XIX века, оставалась стабильной до конца века, что не исключало введения новшеств на основе тщательного отбора по критериям надежности и экономичности. В целом единообразие и стабильность конструктивных решений петербургских жилых зданий исторической застройки можно объяснить следующими причинами: использование богатого опыта русского зодчества; учет местных климатических и геологических условий; относительно короткий период строительства города; повсеместные и активные преобразования городской застройки в период строительного бума конца XIX – начала XX века.

Общие выводы по развитию конструктивных систем петербургских исторических жилых зданий и их связи со структурными элементами фасадов могут быть представлены следующим образом [3]:

- наиболее активные преобразования конструктивных решений касались конструкций перекрытий: переход от сводчато-балочной к балочной конструкции, от деревянных элементов – к использованию чугуна, полосового и профильного железа, рельсов и стального проката;
- по капитальности материально-конструктивная система здания делилась

на две части. Первая часть – стены и подвальные перекрытия – рассчитывались на весь срок службы здания; вторая часть – междуэтажные и чердачные перекрытия, крыши – конструкции требовали периодических капитальных ремонтов или замены, совпадавших по срокам с периодичностью морального старения объектов в целом или их фасадов и интерьеров. Такой прием с выявлением постоянных и условно временных конструкций здания обеспечивал возможность многократной реконструкции объектов исторической застройки, что стало характерной особенностью петербургской строительной практики; использование штукатурки в отделке фасадов облегчало их многократную реконструкцию и обеспечивало возможность традиционного для русской архитектуры полихромного оформления зданий;

- высокий уровень развития петербургской строительной школы подтверждается стабильностью конструктивных решений объектов, их приспособленностью к многократным переделкам при сохранении высокой степени капитальности, возможностью преемственных формально-композиционных решений фасадов.

По мере становления петербургской строительной школы прослеживаются пять этапов стабильности архитектурно-конструктивных решений жилых зданий [3]:

- 1703-1720-е годы – первый общий этап стабильности характеристик архитектурно-конструктивной системы;
- 1720-е – 1760-е годы – второй этап;
- 1760-е – 1840-е годы – третий этап;
- 1840-е – 1890-е годы – четвертый этап;
- 1890-е – 1910-е годы – пятый общий этап стабильности характеристик архитектурно-конструктивной системы.

Указанные этапы стабильности архитектурно-конструктивных решений зданий получены в результате синтеза аналитических данных по массовому использованию строительных материалов, конструкций и архитектурных форм. При этом исследованиями [3] выявлено временное запаздывание развития структуры фасадов относительно формирования материально-конструктивной системы петербургских жилых домов. Другими словами, на примере исторической жилой застройки Санкт-Петербурга получено еще одно подтверждение того, что архитектурно-композиционные характеристики фасадов являются не только следствием развития архитектурных стилей, но и результатом совершенствования строительных технологий.

Учет этапов массового применения строительных материалов, конструкций, архитектурных форм обеспечивает достоверность результатов исследования объектов исторической застройки и позволяет оценить степень идентичности реконструктивно-реставрационных приемов продления жизни объекта и его исторических архитектурно-конструктивных характеристик. При этом корректирующим фактором при формировании реконструктивной или реставрационной программы можно считать историко-культурную значимость объекта застройки.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные этапы совершенствования строительных технологий и дайте им краткую характеристику.

2. Укажите размеры кирпича и вид раствора, применяемых для кладки стен в постройках XVIII века; XIX века; начала XX века.

3. Назовите виды природного камня, используемого для несущих конструкций и облицовки фасадов жилых зданий.

4. Укажите период перехода от штукатурных фасадов жилых зданий к облицованным кирпичом или камнем. Дайте краткое обоснование данному способу фасадных решений.

5. Назовите период массового использования металла в строительстве жилых домов и укажите виды металла по периодам его использования и виды металлических изделий.

6. Укажите период использования портландцемента в строительстве и характер его использования при строительстве жилых домов.

7. Укажите период широкого использования железобетона как основного строительного материала.

8. Назовите основные строительные технологии при возведении стен жилых зданий и укажите периоды их бытования.

9. Назовите основные типы перекрытий жилых зданий XVIII века; XIX – начала XX века.

10. Назовите последовательность в изменениях конструкций фундаментов и их материалов.

11. Назовите структурные элементы экстерьерной архитектуры жилых зданий, развитие которых определялось внедрением металла в строительное производство.

12. Назовите участки наружных стен кирпичных зданий, требовавших особого утепления, защиты от увлажнения и укажите способы решения этих проблем.

13. Назовите преимущества деления материальной структуры объекта (основные конструктивные элементы) на части с различным сроком службы.

14. Дайте краткую характеристику традиционной петербургской конструктивной системы многоквартирных домов.

15. Поясните взаимосвязь массового применения строительных материалов, конструкций, архитектурных форм на различных этапах развития архитектурных стилей и строительных технологий.

3 КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Совершенствование конструктивной и строительной систем жилых зданий исторической застройки Санкт-Петербурга осуществлялось по мере накопления опыта строительства в условиях умеренного и влажного климата (переходного от континентального климата к морскому) на низменных территориях с большим количеством водоемов и заболоченных участков. Местные условия определили направление в развитии основных конструктивных элементов зданий, в первую очередь, фундаментов и ограждений надземной части зданий.

Основными строительными нормативными документами XVIII-XIX веков считались Строительное уложение Петра Великого (1710 год), Новое строительное уложение (1820 год) и Урочное положение Рошефора (1889 год) [10].

3.1 Основания и фундаменты

3.1.1 Естественные и искусственные основания

Долговечность и сохранность постройки во времени в значительной степени определяется незыблемостью основания. Надежным основанием может быть грунт в естественном состоянии, если он однороден, имеет достаточную прочность и малую сжимаемость.

В случае, если грунт слабый, не способен в полной мере воспринимать приходящиеся на него нагрузки, здание получит чрезмерную осадку (просадку) и, как следствие, в несущих конструкциях появятся трещины, ведущие к локальным разрушениям или, возможно, к обрушению постройки в целом. Если грунт под подошвой фундамента неоднороден, имеет различную сжимаемость, или если разные части объема здания имеют разную высоту, осадка строения под различными частями здания окажется неравномерной, что тоже приводит к появлению расчленяющих объем трещин и последующему разрушению. Следовательно, слабые, неоднородные и сильно сжимаемые грунты требуют усиления с целью обеспечения незыблемости основания под зданием.

Основанием не могут служить поверхностные слои грунта, поскольку они содержат органические включения, обеспечивающие им малую прочность и большую сжимаемость. Кроме того, поверхностные слои подвержены периодическому замораживанию и оттаиванию, что стимулирует деструктивные процессы в грунте. Поэтому плоскость основания должна быть ниже линии про-

мерзания грунта. Кроме того, расположение подошвы фундамента на основании со стабильным температурным режимом исключает негативное воздействие пучения грунта, характерного, в первую очередь, для грунтов мелкопористой структуры.

Описанные здесь базовые положения по использованию грунта в качестве основания при строительстве зданий, были известны уже в первой половине XVIII века [11, 12] и использовались строителями Санкт-Петербурга.

В книге А. К. Красовского, посвященной архитектуре гражданских зданий и опубликованной впервые в Санкт-Петербурге в 1851 году [11], приводится следующая классификация грунтов и соответствующие условия обеспечения надежности основания для постройки:

- грунты плотные (несжимаемые под нагрузкой) – могут выступать в качестве естественного основания;

- грунты «посредственные», т.е. мало и равномерно сжимаемые – необходимо обеспечить равномерную нагрузку от строения на подошву (грунт). Выравнивание нагрузки на подошву осуществлялось следующим образом: во-первых, за счет увеличения глубины заложения фундамента, или за счет устройства в толще фундамента обратных арок, или настилкою на подошву бревен, называемых лежнямя; во-вторых, уширением фундамента в его нижней, подошвенной части бутовой кладкой, бетоном, или слоем песка. Альтернативой уширению подошвенной части фундамента может служить крепкая бревенчатая перевязка шириной более ширины фундамента – так называемый «ростверк» или «подземный плот»;

- грунты слабые, т.е. сильно и неравномерно сжимаемые – требуется забивка свай или устройство каменных столбов глубиной до прочных материковых пород; при большом залегании материка необходимо укрепление верхних слоев слабого грунта частоколом, втрамбованным в грунт щебнем, временным пригрузом (равным весу возводимого здания), или полной заменой части слабого грунта толстым слоем песка, бетона, сплошной каменной кладки по всей площади, занимаемой зданием.

Важным условием сохранения постройки при разной высотности ее частей А. К. Красовский указывает создание возможности независимой осадки разных частей здания [11] (в современной терминологии – устройство деформационных швов), что требует расчленения здания по всей высоте на независимо оседающие части. Дополнительными условиями являются следующие: последовательность возведения частей – сначала более тяжелые, потом легкие; соединение различных частей здания осуществлялось после их полной осадки.

В упомянутом труде А. К. Красовского приводится таблица различных употребляемых в то время способов укрепления подошвы (грунта) при возведении гражданских зданий – таблица 4 (приведена по тексту оригинала). При этом указывалось: «Верхняя поверхность грунта, соприкасающаяся с нижней поверхностью фундамента, то есть именно та поверхность, по которой давление фундамента передается земле, называется *подошвою здания*» [11, с. 30].

Таблица 4 – Способы укрепления основания, или подошвы строения (грунта), по А. К. Красовскому [11, с. 32-33]

Грунты	Способы основания зданий
Плотный	Подошва натуральная
Посредственный	а) Понижение подошвы и вследствие этого увеличение высоты фундамента. Лежни
	б) Расширение основания фундамента. Бетонный фундамент. Ростверк
	в) Отдельные подошвы и фундаменты под те части здания, которые имеют различный вес, т.е. производят неодинаковое давление на единицу площади грунта
Слабый	1) Сваи, забитые до отбоя. Опускные каменные столбы
	2а) Сваи, забитые частоколом. Песчаный слой под фундаментами. Втрамбованный щебень. Нагрузка подошвы строения
	2б) Сплошной фундамент под целым зданием: - песчаный; - каменный; - бетонный
	2с) Каменный или бетонный сплошной фундамент на сваях, забитых частоколом. Сплошной каменный или бетонный фундамент на подошве, уплотненной втрамбованным щебнем или временною нагрузкой
	2д) Отдельные подошвы и фундаменты под части здания различного веса
	2е) Временная нагрузка фундамента

Трамбование считалось одним из наиболее простых способов уплотнения рыхлого грунта в основании здания. Однако способ этот применялся достаточно редко, так как обеспечивал уплотнение на небольшую глубину (0.4-0.6 м) и только при отсутствии грунтовых вод в уровне подошвы.

Втрамбовывание в грунт щебня, осколков камня или кирпича – более эффективный способ по сравнению с простой трамбовкой. Высота трамбуемого щебня составляла около 1/2 аршина, или 0.36 м. В отдельных случаях (при песчаном основании, при размягченной глине и плавучих песках) последовательно трамбуемых слоев указанной толщины могло быть несколько. Многослойное

трамбование обеспечивало уплотнение не только грунтовой подошвы (грунт под фундаментом), но и грунта в примыкающих к подошве зонах, что делало основание более надежным.

Уплотнение грунта нагрузкой, равной весу возводимого строения, требовало длительной (около полугода) выдержки грунта в нагруженном состоянии. Способ этот не использовался при возведении гражданских зданий, но был рекомендован как обещающий хороший результат [11].

Уширение подошвы основания – способ усиления основания, при котором давление от постройки передается на площадь, бóльшую, чем та, на которую опираются стены. Уширение подошвы выполняется заменой грунта малой прочности кладочным слоем или уширением книзу самого тела фундамента. Выведение тела фундамента на большую ширину подошвы осуществлялось или за счет наклонных боковых стенок фундамента, или за счет уступов фундаментной стены, дополненной, при необходимости, широкой нижней частью – банкетом. Этот способ уширения подошвы может также рассматриваться как вариации формы фундаментной стенки (столба) – трапецевидная или ступенчатая форма (рис. 7).

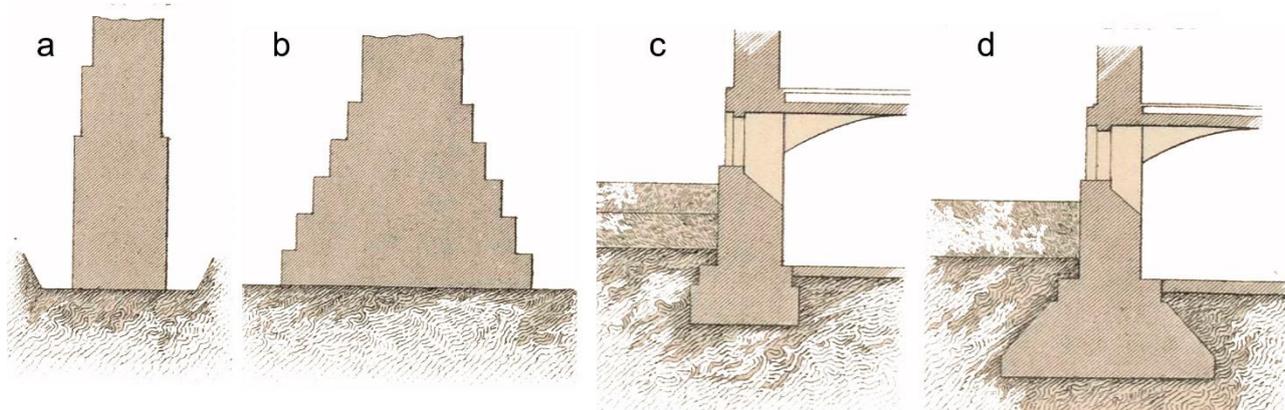


Рисунок 7 – Уширение подошвы строения за счет уступов фундаментной стены (а, b, с) и за счет наклонных боковых стенок фундамента (d) [13]

При этом уширение подошвы в соответствии с проводимыми расчетами составляло от одной до двух толщин стены. Ограничение было связано с тем, что при бóльшем, чем указано, уширении удаленные от стены части подошвы выключены из работы основания. Если требовалось уширение большего размера, чем двойная толщина стены, его достигали уступами, постепенно расширяя подошву. Эффективность метода определялась прочностными характеристиками грунта – уширение должно было привести в соответствие давление от постройки и прочностные возможности основания.

Усиление грунтового основания горизонтальными брусками – *лежнями* –

представлял собой «самый употребительнейший способ укрепления деревом подошвы строения» [11, с. 37]. Способ был настолько эффективен для грунтов средней плотности, что был рекомендован даже для рыхлых и болотистых грунтов [14, с. 22]. Широкий спектр применения лежневого основания можно объяснить и тем, что этот способ позволял экономить дефицитный на то время камень. Конструкция лежневого основания представлена на рис. 8.

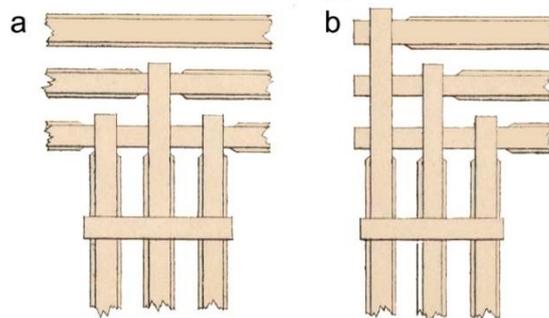


Рисунок 8 – Усиление основания горизонтальными брусками – лежнями:
а – в зоне примыкания подошвы под внутренними и наружными стенами;
б – в зоне примыкания подошвы внешних стен – продольной и поперечной [13]

Для лежней использовали стволы лиственницы, ели или сосны. Лежни состояли из параллельных бревен, настланных вдоль фундаментных стен, выполнялись чаще всего из соснового леса толщиной около 6 вершков (26.4 см), обтесанного на два канта. Промежутки между бревнами равнялись, как минимум, половине толщины бревна. Чем больше была нагрузка на лежни и чем меньше был размер материала фундаментной кладки, тем ближе располагались лежни. Бревна сплачивались посредством шпонок, расположенных на расстоянии одной сажени (2.1 м). Для установки шпонок в лежнях устраивались вырезы в виде трапеции, соответствующий вид придавался и шпонкам. Сопряжение лежней по длине осуществлялось вразбежку, промежутки между лежнями плотно затрамбовывались камнем и каменным щебнем (забучивание). Количество лежней определялось толщиной стены: например, если толщина стены составляла 1 1/2 аршина (1.07 м), достаточно было трех продольных лежней.

Ростверк состоял из поперечных и продольных брусьев, иногда сверху добавлялся дощатый настил, покрывающий продольные брусья (рис. 9). Ростверк укладывался на выровненный горизонтально грунт. Сначала укладывались поперечины – нормально к направлению стены на расстоянии от 1 1/2 до 2 1/2 аршин (1.1-1.8 м), на одной высоте и с погружением в грунт примерно на половину бревна. Поперечины выходили за пределы ширины фундамента на расстояние от 1/2 до 1 аршина (от 0.35 до 0.71 м). На поперечины укладываются продольные брусья, или прогоны. Расстояние между прогонами устанавливалось

не

более

1 1/4 аршина (0.9 м) и определялось необходимой прочностью ростверка, толщиной брусьев и размерами камней нижнего ряда фундамента. Последнее условие как раз и требовало при малом размере камней фундамента устройства дощатого настила. Сопряжение поперечин и прогонов осуществлялось врубкой на глубину не более четверти высоты поперечины с сохранением сечения продольного бруса, работающего на изгиб. Бревна для ростверка использовались толщиной в 6, 7 и более вершков (0.27, 0.31 м и более), обтесывались на четыре канта для удобства сопряжения. Сращивание прогонов по длине осуществлялось вполдерева или «зубом»; места стыка прогонов должны были лежать на поперечинах и вразбежку.

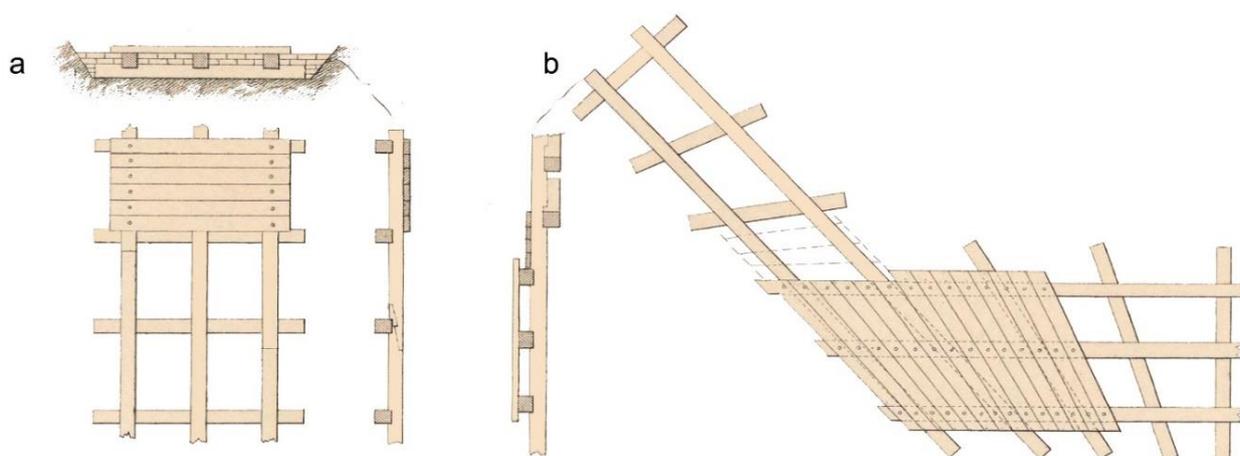


Рисунок 9 – Усиление основания устройством ростверка: а – ростверк на прямолинейном участке подошвы с верхним дощатым настилом и забучиванием промежутков между брусьями; б – ростверк в примыкании не ортогонально расположенных стен [13]

Промежутки между брусьями ростверка плотно заполнялись и затрамбовывались с использованием щебня, залитого известковым раствором. Поскольку известь снижает прочность древесины, часто известковый раствор заменялся сухой кладкой или глиной без органических включений. Глина, сохраняя влажность, способствовала сохранению древесины.

В местах пересечения внутренних и наружных стен, а также по внешним углам здания ростверк всегда делался шире в наружную сторону, с тем чтобы исключить перегрузку основания. Кроме того, польза лежней и ростверков виделась в выравнивании (перераспределении) нагрузки от здания, приходящейся на независимые в своей работе опоры: если лежни и ростверки связывали подошвы отдельных опор, в особенности при сводах, то осадка опор находилась в некоторой зависимости одна от другой, а давление передается на большую площадь основания.

Все деревянные элементы усиления – лежни, ростверки – опускались ниже самого низкого горизонта грунтовых вод, что обеспечивало их длительность сохранности в среде постоянной влажности. В случае, если грунтовые воды находились низко, и погружение элементов усиления становилось дорогостоящим, деревянные лежни и брусья ростверка окружались глиной с заполнением ею промежутков между элементами. Нижние ряды кладки фундамента в данном случае тоже выкладывались без известкового раствора, ускоряющего разложение дерева.

Примеры устройства фундаментов на лежнях и ростверках представлены на рис. 10.

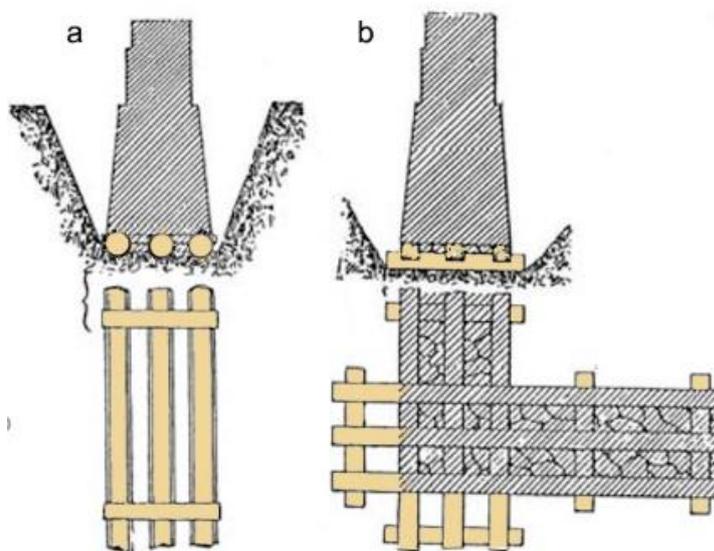


Рисунок 10 – Устройство фундаментов на лежнях (а) и ростверках (б) [15]

Таким образом, широкое распространение лежней и ростверков объяснялось стремлением передать по возможности равномерное давление от строения основанию и распространить это давление на большую площадь, т.е. лежни и ростверки выполняли функцию пояса жесткости в уровне подошвы строения. При этом стабилизирующая роль этих элементов усиления особенно выражена на начальных этапах строительства, когда происходит неравномерная осадка еще не завершенных и не связанных между собой частей постройки, а деревянные элементы воспринимают только часть нагрузки (облегченный режим работы).

Лежни и ростверки только тогда могли служить надежным основанием, когда грунт, на котором они лежат, однороден по всей площади строения и одинаково сжимаем. Работа ростверка может компенсировать наличие включений слабого грунта, если такие участки малой площади, а строение небольшого масштаба.

Усиление подошвы строения лежнями и ростверками применялся в Санкт-Петербурге до конца XIX века. К началу XX века лежни в основании применялись только для неравномерно сжимаемого грунта для строений со стенами, в кладке которых использовался цементный раствор. В нормативах того времени указывалось, что деревянные лежни и ростверки дренируют грунтовую воду с понижением ее уровня, что может привести к размыву грунта под фундаментом [15].

Свайные основания считались наиболее действенным приемом усиления грунта для предохранения зданий от чрезмерной осадки [12]. Эффективность способа была показана на большом числе объектов крупного масштаба и при особо слабом основании. Наиболее известным примером успешного применения свай при усилении грунта является свайное основание Исаакиевского собора. Дороговизна способа сдерживала его широкое распространение – его избегали при строительстве гражданских зданий, в первую очередь, частных, однако, встречались такие ситуации, когда этот способ оказывался единственно приемлемым.

В жилой застройке для свай использовали сосновые бревна большой длины (3-6 м), и только для уникальных зданий и сооружений сваи были дубовыми или лиственничными.

При расположении слабых слоев грунта относительно небольшой толщиной выше прочных материковых пород сваи, забиваемые до твердого материка, позволяли передать на него давление от строения, минуя слабые слои (в современной терминологии это свая-стойки). Свайный способ усиления основания исключал необходимость дорогостоящих работ по устройству глубокого котлована.

Если толщина слабого грунта превышала возможную длину свай, тогда рекомендовалось устраивать свайный частокол с целью уплотнения грунта. При этом передача нагрузки от здания на грунт осуществляется трением боковой поверхности свай о грунт (в современной терминологии это висячие сваи).

При забивке свай соблюдалось следующее правило: расстояние между сваями должно составлять от 2 до 5 футов (0.61-1.52 м). При расстоянии между сваями менее двух футов нарушается структура грунта и ухудшаются его свойства. При расстоянии между сваями более пяти футов, затруднительно устройство связей между сваями по их верхним концам и, соответственно, становится проблемой равномерно распределить нагрузку между сваями.

При забивке свай частоколом длина свай могла составлять 4.5-8.5 м, расстояние между сваями – 1-2 диаметра свай. Частокол устраивался или широкой

полосой многорядного расположения свай или в виде свайного поля по всему дну котлована (рис. 11) [15].

Если сваи забивались частоколом, фундамент укладывался прямо на головы свай. Если материал фундамента (например, плиты природного камня) позволял перекрывать малые расстояния между сваями, перед устройством фундамента сваи срубались или спиливались под одну плоскость, а промежутки между ними заполнялись «неправильной накидной массой, кладкой или бетоном» [12].

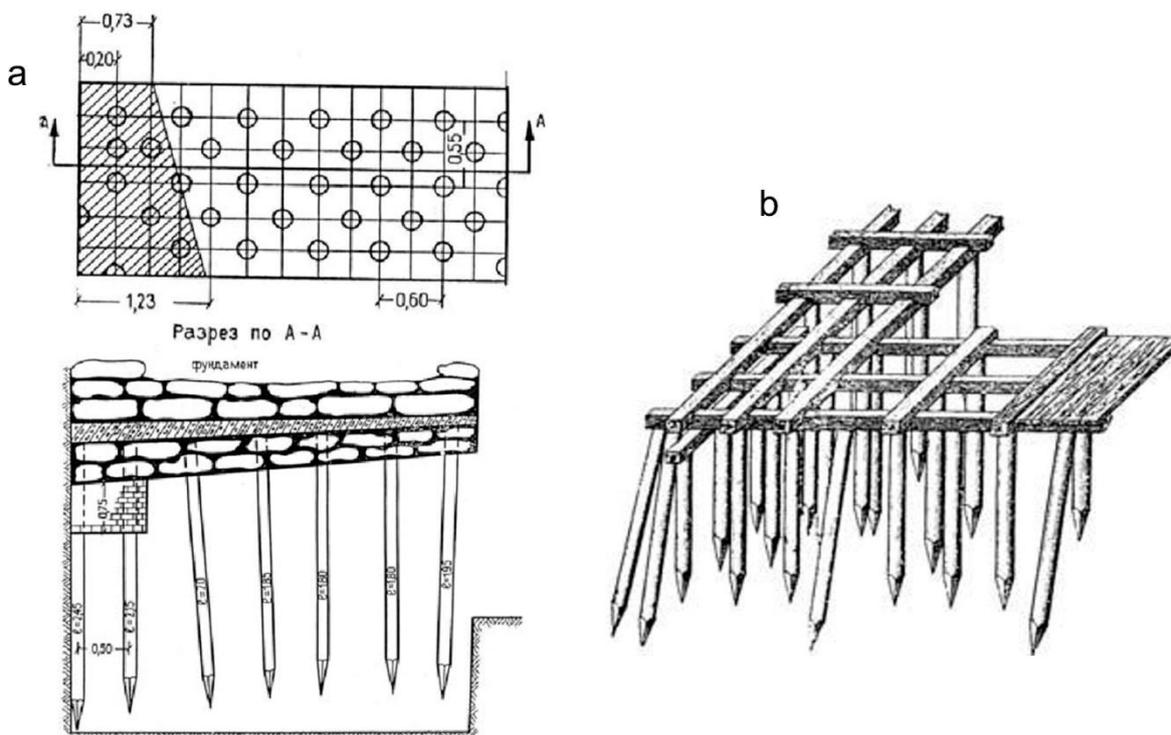


Рисунок 11 – Примеры устройства свайных оснований: слева – забивка свай частоколом; справа – деревянный ростверк по сваям с помостом из досок [15]

Если сваи расположены далеко одна от другой, то для выравнивания между ними нагрузки, головы свай соединялись брусками, располагаемыми в виде решетки, называемой ростверком, и фундамент устраивается уже поверх ростверка (рис. 11).

При рядовом расположении свай под ростверки расстояния между сваями составляли в продольном направлении 0.8-1.4 м, в поперечном направлении – 0.7-1.2 м. Часто промежутки между сваями уплотнялись щебнем, булыжником, бутовой плитой и заливались цементным раствором [15].

При использовании одиночных свай или свай, связанных ростверком, обязательным требованием было следующее: «деревянные части должны быть расположены ниже переменного горизонта грунтовых вод, так чтобы оста-

лись навсегда закрыты водою, иначе будут гнить» [12, с. 59]. С учетом этого правила ростверки должны были располагаться на глубине не менее 30 см ниже линии нижнего горизонта грунтовых вод [15].

На рис. 12 показан способ усиления снования устройством свайно-ростверковой конструкции.

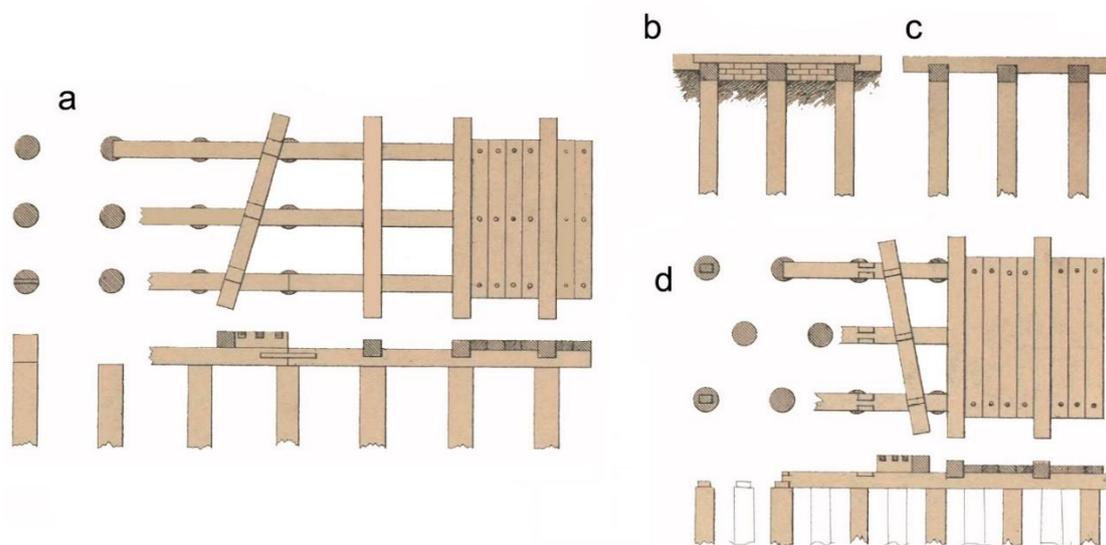


Рисунок 12 – Конструктивное решение ростверка на сваях как способа усиления основания [12]: а – ростверк на сваях, расположенных рядами; б, с – ростверк соответственно с заполнением промежутков кладкой и без забучивания; д – ростверк на сваях, расположенных в шахматном порядке

Для устройства ростверка сваи забивались рядами (рис. 12а). На сваях зарубались шипы. Чтобы шипы располагались в одной плоскости, их ориентировали по уровню воды в фундаментном рву. Воду после разметки откачивали. Если существовала опасность всплытия ростверка вследствие гидростатического давления, направленного снизу-вверх, ростверк пригружали балластом. Для облегчения устройства шипов грунт между сваями вынимался на глубину одного-двух футов (0.3-0.61 м) и в это углубление набивалась глина, а между брусьями ростверка устраивалась кладка. Иногда эти промежутки заполнялись бетоном или просто забивались булыжным камнем. На шипы свай насаживались продольные лежни ростверка, снабженные гнездами. Сращивание лежней осуществлялось вразбежку, всегда над сваей, и с укреплением соединения железной полосой, прибитой гвоздями. Продольные лежни соединялись между собою поперечными схватками; на схватках делались вырубы для захвата продольных лежней.

Максимальная жесткость ростверка обеспечивалась заполнением промежутков между брусьями кладкой и устройством дощатого настила (рис. 12б, 12с). При шахматном расположении свай уплотнение грунта получалось более

равномерным, чем при рядовом расположении свай (рис. 12d).

В помощь верхним элементам ростверка могла устраиваться боковая дощатая обвязка, соединяющая сваи крайнего ряда на высоту 1.5-2.0 м в верхнем уровне свай (рис. 13).

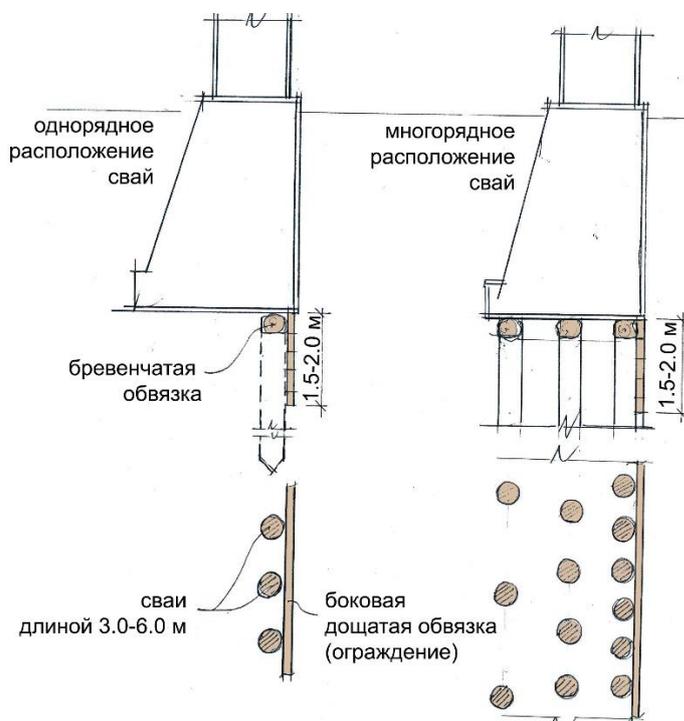


Рисунок 13 – Свайное усиление оснований с устройством боковой дощатой обвязки свай

При устройстве свайных оснований часто устанавливались шпунтовые сваи (шпунтовые ряды), назначение которых – уменьшить приток воды в период строительства и предохранить грунт между сваями от размыва водой и выпирания в стороны. Примеры расположения шпунтовых свай в ограждении свайного основания показаны на рис. 14. Устройство свайного основания началось с забивки шпунтовых свай, иначе их погружение в уплотненный грунт затруднительно. Шпунтовый ряд превышал уровень ростверка на несколько футов (рис. 14a). Присыпанная к шпунтовой стенке глина выполняла функции небольшой плотины, перекрывающей доступ воды. Если шпунтовую стенку невозможно было сделать выше ростверка, ее снабжали насадкой – продольным брусом (рис. 14b). С целью упрощения конструкции шпунтовую стенку иногда располагали между сваями наружных рядов, которые снабжались пазами и встраивались в шпунтовую стенку. Роль насадки в этом случае играл наружный продольный лежень ростверка (рис. 14c).

Встречаются бетонные ростверки по сваям и бетонные фундаменты, которые устраивались с предварительной забивкой по краям фундаментного ряда шпунтовых стенок (рис. 14d, 14e). Для создания ростверка грунт между сваями

удалялся на глубину 15-30 см и заменялся бетонным слоем толщиной около 30 см. Состав бетона таких ростверков: 1 часть портландцемента, 2...3 части песка, 6...8 частей щебня [14].

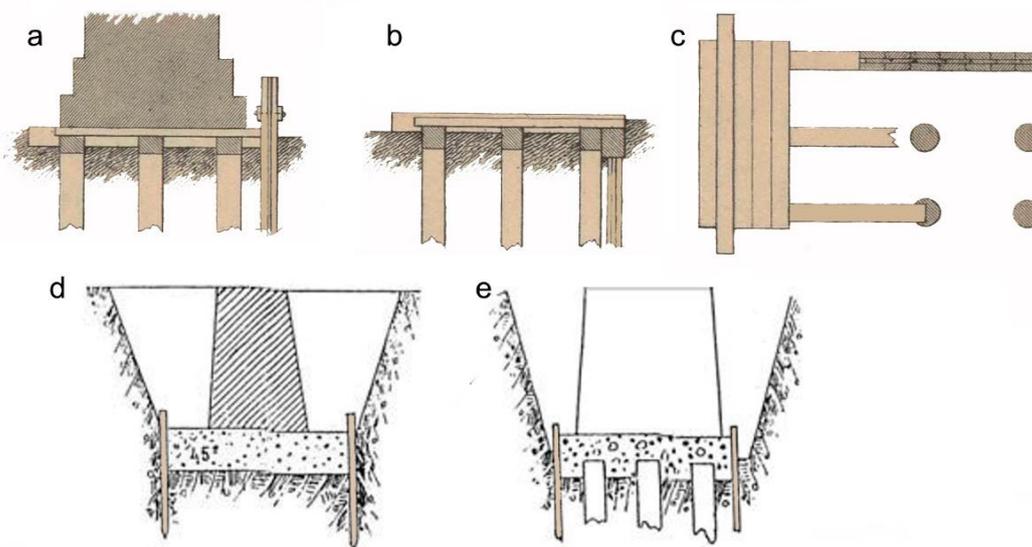


Рисунок 14 – Примеры усиления оснований с предварительной забивкой шпунтовых рядов: свайно-ростверковые конструкции, ограниченные шпунтовым рядом, поднимающимся над уровнем ростверка (а), со шпунтовым рядом, расположенным в одном уровне с ростверком (б), со встроенным шпунтовым рядом (с) [12]; ограничение шпунтовыми стенками дна фундаментного рва при бетонном фундаменте на естественном основании (d) и при свайном основании и бетонном ростверке (е) [15]

Укрепление подошвы строения песком (рис. 15) осуществлялось по одному из двух способов: песок насыпался во рвы фундаментов; слой песка располагался под всем зданием, формируя сплошное основание. Толщина слоя могла составлять от 1 1/2 до 3 аршин (1.1-2.1 м) и определялась как половина разности между нижней и верхней шириной основания (между уширенной нижней частью фундамента и толщиной стены соответственно). Расчет определялся также глубиной заложения песчаного основания, с тем чтобы не случилось выдавливания песка из-под фундамента.

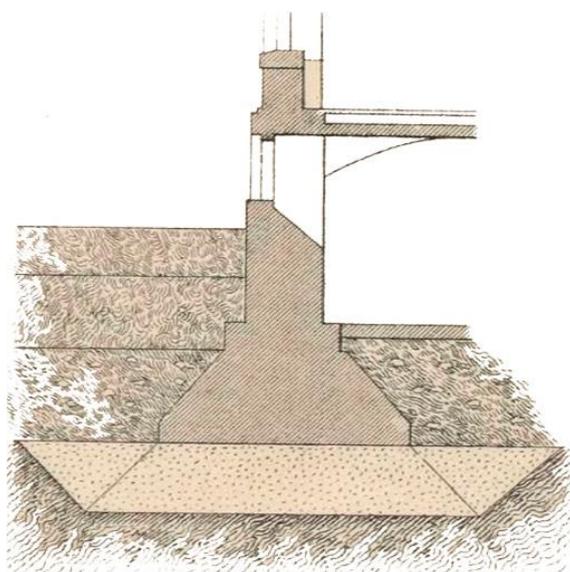


Рисунок 15 – Укрепление подошвы строения песком [12]

Упоминается также использование песка для устройства песчаных свай, укрепляющих грунт [12]. По этому способу в укрепляемый грунт сначала забивались деревянные сваи, потом их выдергивали и в образованные таким образом скважины насыпали песок. Песчаные сваи считались аналогом свай, забитых частоколом.

Устройство оснований из бетона – в современной терминологии это сплошной фундамент, обладающий максимальной жесткостью и позволяющий обеспечить равномерную передачу давления на грунт. Если габариты бетонной плиты больше габаритов строения, то давление будет передаваться на большую площадь грунта. Другими словами, бетонная плита выполняет те же функции, что и лежни или ростверки, но более эффективно. Преимущество этого вида усиления основания определяется также отсутствием подверженных гниению деревянных элементов и возможностью производства работ при наличии грунтовых вод.

Бетонный слой может быть расположен не по всей площади строения, а только по линии стен; при этом ширина бетонного основания принималась по расчету и могла составлять двойную или тройную ширину стоящей на бетоне стены (рис. 14d).

Толщина бетонного слоя тоже определялась расчетом и составляла не менее 2 футов (0.6 м). При наличии воды в фундаментном рву бетонный слой равнялся по толщине глубине воды. По мере накопления опыта работы с бетоном постепенно бетонное тело усиления основания стало частью монолитного бетонного фундамента.

Разнообразие представленных приемов укрепления грунтового основания

для построек исторической части Санкт-Петербурга было обусловлено свойствами грунтов на территории исторических районов города (современные районы Центральный, Петроградский, Василеостровский, Адмиралтейский). Особенность грунтов в исторической зоне – мощные напластования слабых водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов, перекрытых преимущественно мелкозернистыми и пылеватыми песками [10].

Если говорить об использовании лежней и свай в основании строений до XVIII века, то следует принять во внимание исторический опыт русских зодчих. Так, деревянные лежни в основании фундаментов встречаются на территории Киевской Руси еще с X-XI веков [16]. Лежни-бревна укладывались под подошву фундамента вдоль стен или даже поперек, закреплялись забиваемыми в землю деревянными кольями или железными костылями. Конструктивная роль лежней в основании фундамента – создание пояса жесткости в уровне подошвы и снижение неравномерности деформаций основания. В XII веке лежни не используются, а в XIII-XV веках они вновь появляются в некоторых случаях, но известны также случаи забивки свай или устройства одной лишь песчаной подсыпки под подошву.

Повсеместное использование забиваемых под подошву фундамента деревянных свай на территории Московской Руси – это новшество конца XV-XVII веков. До этого периода сваи встречаются лишь в отдельных постройках, достаточно редко. Известен случай устройства сплошного свайного, точнее – столбчатого основания, практически без прослоек грунта, под столпом Ивана Великого в Московском Кремле (1509 год). Сваи преимущественно из бревен хвойных пород, применялись до XVIII века без учета индивидуальных особенностей грунта, и образование пустот после их истлевания становилось причиной деформаций основания и соответственно надземной части сооружения.

И только с XVIII века при устройстве фундаментов их заглубление определялось с учетом промерзания грунта, а укрепление грунта сваями стало применяться не всегда, а с учетом свойств грунтов и их влагонасыщенности [16].

Таким образом, устройство лежней в основании фундаментов к моменту основания Санкт-Петербурга можно считать традиционным решением для русского строительного дела, а устройство свайного основания – апробированным строительным приемом. Завоеванием петербургских зодчих можно считать учет промерзания грунта и его влажности при устройстве фундаментов.

Популярность использования свай для усиления слабых оснований петербургских строений явилась также результатом переосмысления опыта голландских строителей, издавна строивших на болотистых грунтах. Для изучения

этого опыта Петр I специально направлял в Голландию молодых архитекторов и строителей [17].

К началу XX века для условий Санкт-Петербурга были рекомендованы к дальнейшему использованию для определенных грунтовых условий три основных способа усиления оснований [15]:

- трамбование грунта;
- устройство лежней;
- устройство свайного основания.

На рис. 16 представлен пример бутового фундамента на усиленном лежнями основании [18] как наиболее распространенный тип для исторических построек Санкт-Петербурга.



Рисунок 16 – Вид вскрытого бутового фундамента с деревянными лежнями одного из петербургских строений по Казачьему переулку и Литейному проспекту, 24 [18]

3.1.2 Фундаменты

Сохранившиеся к настоящему времени жилые постройки исторической части Санкт-Петербурга имеют, как правило, ленточные фундаменты, устроенные на естественном или усиленном основании. Кладка фундаментов выполнялась сначала из валунов, кирпича и булыжника, затем из бутового камня, реже

– из кирпича-железняк, более поздние решения использовали тесаные плиты природного камня и бетон. Используемый для фундаментов кирпич-железняк представляет собой разновидность обожженного (пережженного) кирпича, обладающего свойствами гидроизолирующего материала. Усиление оснований, если это было необходимо, осуществлялось по одному из описанных выше способов, в том числе с применением лежневых, ростверковых и свайно-ростверковых конструкций, располагавшихся под фундаментом.

Фундаменты зданий, построенных в Санкт-Петербурге в XVIII-XIX веках, разделяются на три вида [11,12]:

- фундаменты в виде стен (ленточные);
- сплошные фундаменты, составляющие целый слой под строением;
- фундаменты, состоящие из отдельных столбов.

Ленточные фундаменты получили широкое распространение со второй половины XVIII века в связи с потребностью в устройстве погребов и подвалов в жилых домах [4]. После принятия закона о строительстве в столице только каменных домов и при повышении общей этажности зданий ленточные фундаменты становятся основным типом.

Ленточные фундаменты трассируются по линии наружных и внутренних стен здания и имеют профиль по вариантам, представленным на рис. 17.

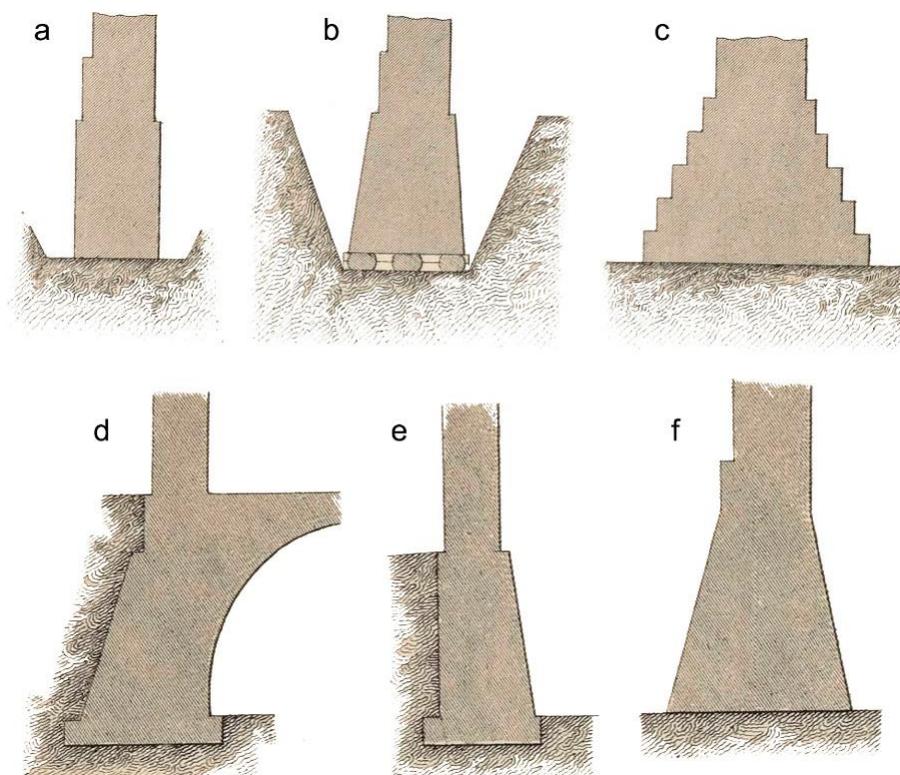


Рисунок 17 – Профили ленточного фундамента [13]: а – фундамент на надежном естественном основании со ступенчатым обрезом; б – фундамент с обрезами, уширением к подошве и

на усиленном лежнями основании; с – фундамент со ступенчатыми обрезами при больших нагрузках от строения; d – фундамент с односторонним обрезом, воспринимающий боковое распорное усилие от сводчатого подвального перекрытия; e – фундамент с двухсторонним обрезом, воспринимающий боковое давление грунта; f – фундамент без обрезом с уширением к подошве строения

Ширина фундаментной ленты по верху равнялась или превышала толщину стены. Часть фундамента, выступавшая за грань стены, называлась *обрезом* и составляла не менее 4 вершков (4.5 см), что определялось размером камня, используемого для кладки фундаментов. Чем меньше камень, тем меньше размер обреза. Так, при кладке фундамента из кирпича-железняка обрез составлял от 1 1/2 до 3 вершков (от 6.7 до 13.3 см) [11]. Камень обреза должен быть как минимум наполовину заведен в стену, иначе давление от стены на фундамент не будет передаваться должным образом, и камень может быть выдавлен из тела кладки. Это правило касалось, в первую очередь, фундаментов, выполненных в кирпичной кладке или из мелкого природного камня. При этом было замечено, что в местах обрезом скапливается влага, что способствует разрушению кладки [12]. Поэтому необходимое к низу уширение тела фундамента в его верхней части могло осуществляться несколькими выступами, ступенями, или по-другому – обрезами (рис. 17а – 17с).

Поперечный профиль фундамента определялся действующими нагрузками: необходимость уширения к подошве диктовалась согласованной работой фундамента и грунтовой подошвы на действие вертикальных нагрузок (рис. 17f); асимметричность профиля определялся действующими на уровне фундамента горизонтальными нагрузками (рис. 17d, 17e). Фундаменты стен смежных городских строений, примыкающих к межевой линии двух домовладений, не имели внешних обрезом и ограничивались с внешней стороны вертикальными плоскостями [11].

Если вдоль ленты фундамента встречались ненадежные участки грунтовой подошвы или она отсутствовала (места засыпанных канав, сточные трубы, грунтовые трещины и др. ослабления), то в кладке фундамента над этими участками устраивались *разгрузочные арки*, которые передавали нагрузку на надежные боковые зоны основания (рис. 18а). При этом фундамент под пятнами арок мог получить уширение, адекватно воспринимающее сосредоточенность передаваемой нагрузки.

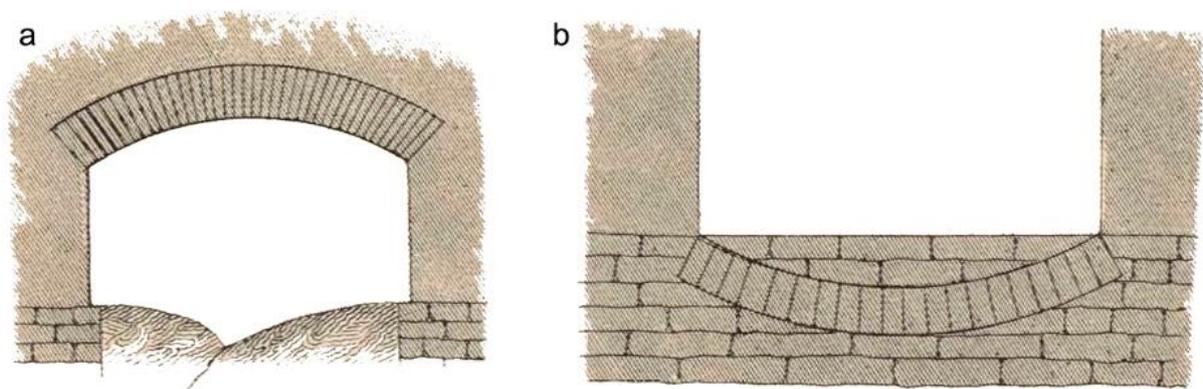


Рисунок 18 – Арки в теле ленточного фундамента [13]: а – разгрузочная арка над слабым участком основания; б – обратная арка, равномерно загружающая ленту фундамента

В случае, если строение передает нагрузку на ленту фундамента неравномерно, в кладке фундамента предусматривались обратные арки. Например, если в стене имелись большие по размеру проемы, под которыми фундамент не загружен (**рис. 18b**), то встроенная в тело фундаментной ленты обратная арка выравнивала нагрузку вдоль ленты: нагрузка от простенков передавалась пятам арки и далее через арку – на фундаментную кладку под проемом. Устройство разгрузочных арок исключало образование трещин и чрезмерную осадку перегруженных участков фундамента [12].

Распространенным способом устройства ленточных фундамента в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга стало их сочетание с лежневыми и свайно-ростверковыми конструкциями усиления основания (**рис. 19**).

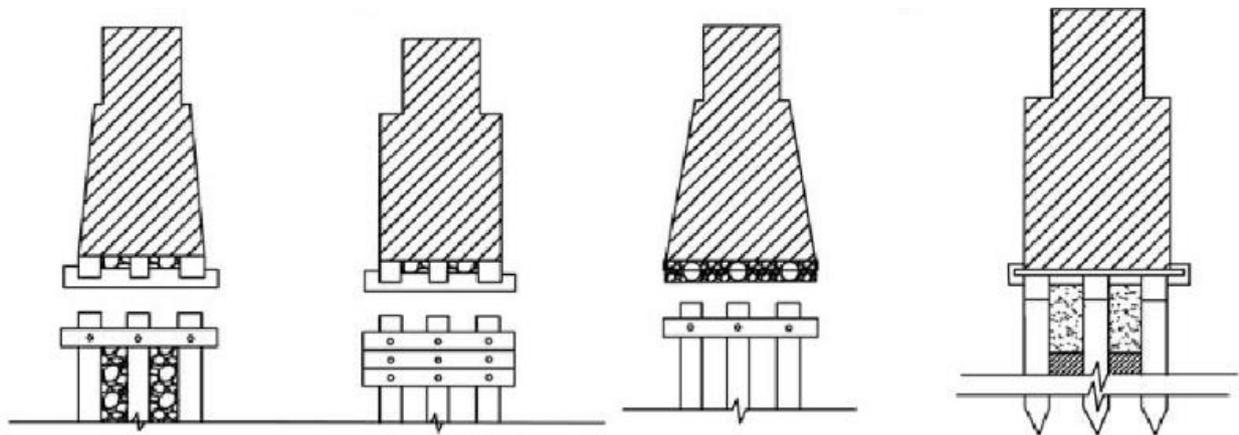


Рисунок 19 – Конструкции ленточных фундамента на лежневых, ростверковых и свайно-ростверковых основаниях [4]

Сплошные фундаменты – цельный слой под строением. При достаточной высоте фундамента он близок в своей работе к монолитному фундаменту и обеспечивает равномерное распределение нагрузки от здания на грунт основания. При таком фундаменте осадка строения значительно меньше, чем при сте-

новом фундаменте (ленточном). Если кладка сплошного фундамента выполнялась на гидравлическом растворе, то он служил также защитой строения от грунтовых вод.

Сплошные фундаменты требовали большого расхода материалов и трудоемкости в исполнении, что оправдывало их применение для значимых общественных зданий, возводимых в сложных грунтовых условиях. Примером такого решения является фундамент Исаакиевского собора, для которого толщина сплошного фундамента, покоящегося на свайном основании, была принята равной 3 саж. и 1 арш. (около 7.1 м).

Дороговизна и трудоемкость изготовления сплошных фундаментов не позволила их использовать для жилой застройки, несмотря на их эффективность в условиях слабых грунтов и высоком уровне грунтовых вод. Устройство сплошных фундаментов с использованием плит гранита и песчаника было оправдано применительно к монументальным сооружениям.

Отдельно стоящие фундаменты – наиболее ранний тип фундаментов, относится к первой половине XVIII века. Выполнялись такие фундаменты в технике кладки из местных материалов без раствора, что исключало устройство подвальных помещений. Позднее кладка стала выполняться на известковом растворе. Строения на таких фундаментах представляли собой одно- и двухэтажные деревянные и мазанковые бесподвальные здания (рис. 20) [4].

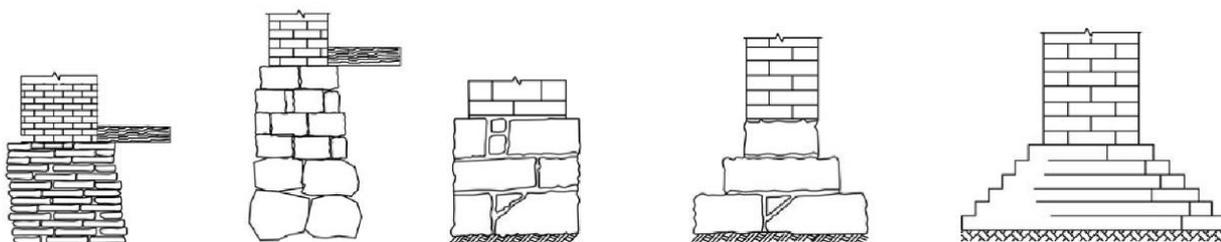


Рисунок 20 – Конструкции столбчатых фундаментов для малоэтажных деревянных и мазанковых бесподвальных зданий [4]

В более поздней версии отдельно стоящие фундаменты представляют собой столбы, расположенные вдоль стены здания на некотором расстоянии друг от друга, и объединенные арками для повышения несущей способности. Поверх арок, забученных под горизонтальную плоскость, возводился пол первого этажа и устраивалась стена здания (рис. 21) [12].

Столбчатые фундаменты могли использоваться в обычных грунтовых условиях и в случаях, когда прочный материковый грунт располагался на большой глубине и использование деревянных свай исключалось по причине низкого стояния грунтовых вод или их переменного уровня. Столбчатые фун-

даменты были наиболее эффективны, когда здание возводилось на насыпном грунте.

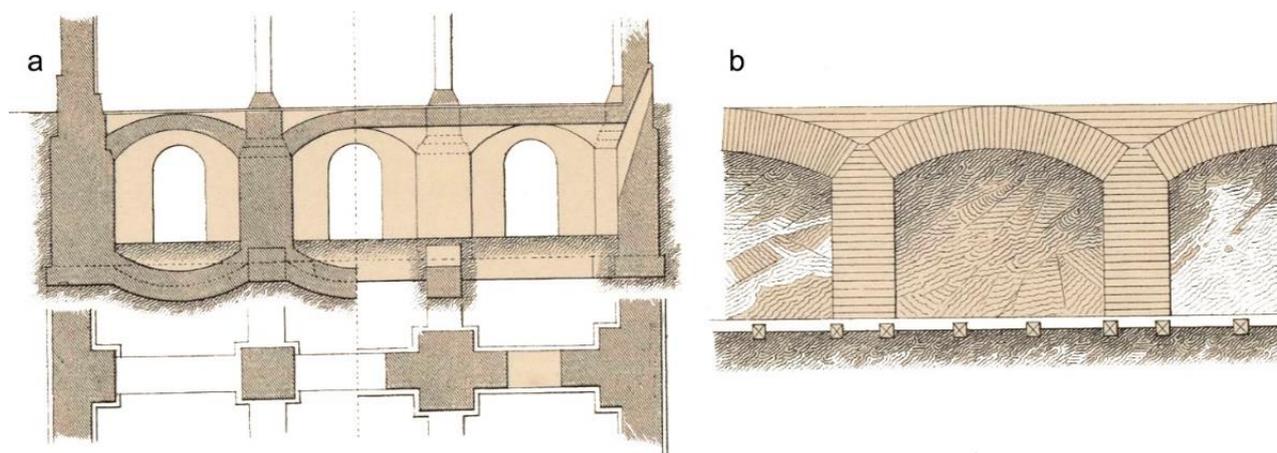


Рисунок 21 – Отдельно стоящие (столбчатые) фундаменты: а – фундаментные столбы, объединенные опрокинутыми арками; б – столбчатый фундамент, объединенный сплошным ростверком в уровне подошвы строения [12]

На рис. 22 представлен пример столбчато-арочного фундамента для одного из исторических зданий Санкт-Петербурга [18].

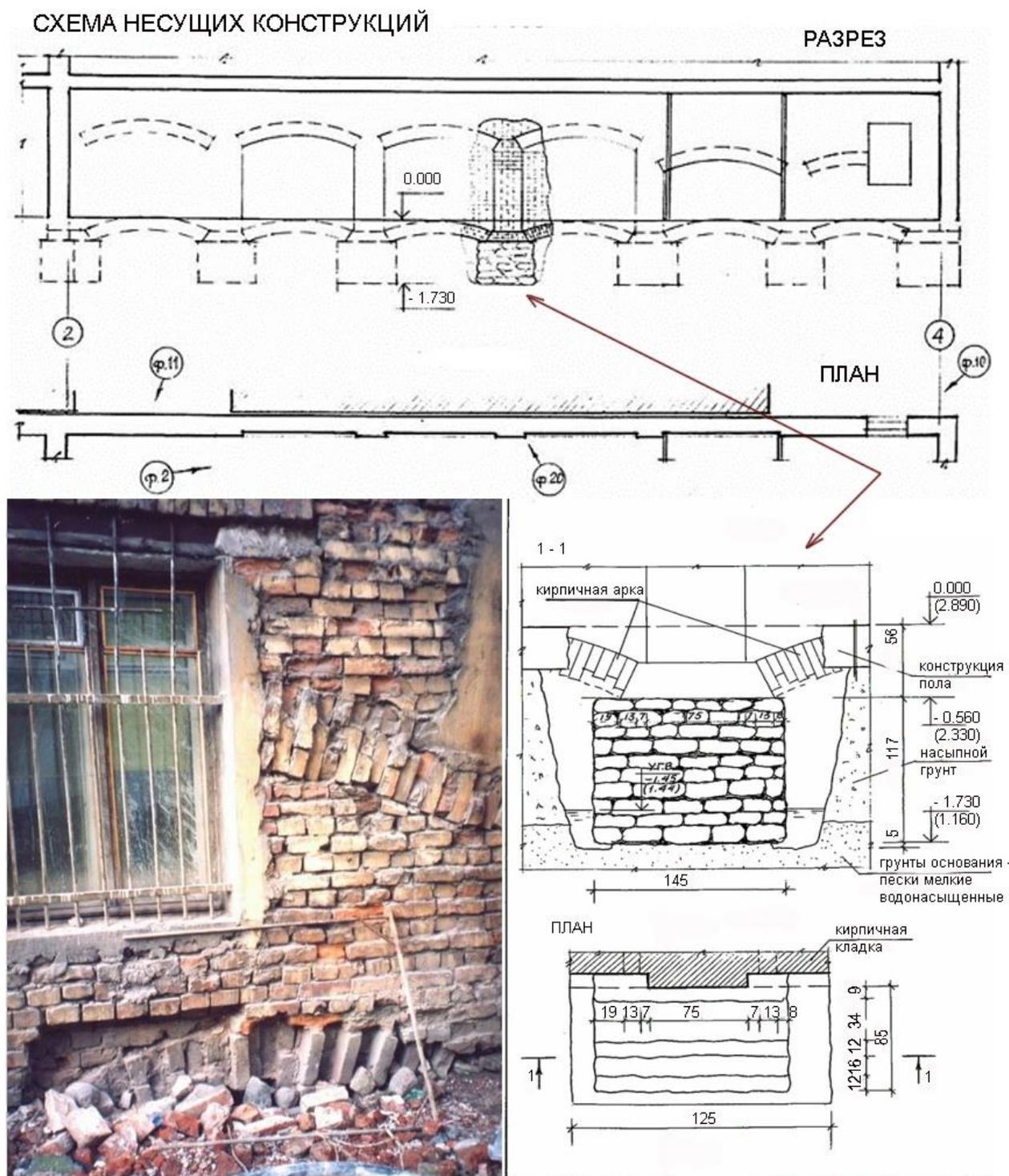


Рисунок 22 – Столбчато-арочный фундамент под стеной исторического здания 5-й линии В.О. в Санкт-Петербурге (размеры указаны в см) [18]

Форма фундамента определялась материалом, нагрузкой от здания и условиями приложения к фундаменту равнодействующей всех сил, что было особо важно при устройстве арочных (распорных) конструкций подвальных перекрытий. Фундамент состоял, как правило, из трех частей: уширенная нижняя (подошвенная) часть – банкет, фундаментная стена и цоколь (рис. 23) [2].

Переход от верхней части фундамента к уширенному банкету осуществлялся наклонами или уступами таким образом, чтобы сечение фундамента сохраняло в своем контуре трапецию с углом наклона ее боковой стороны к вертикали, равным 25-30°. При выполнении этого условия в теле фундамента не возникало растягивающих усилий и обеспечивалось более равномерная передача нагрузки на грунт. Как правило, два нижних ряда кладки (подошвенная часть фундамента) выполнялись из более крупных камней, чем в рядах, расположенных выше.

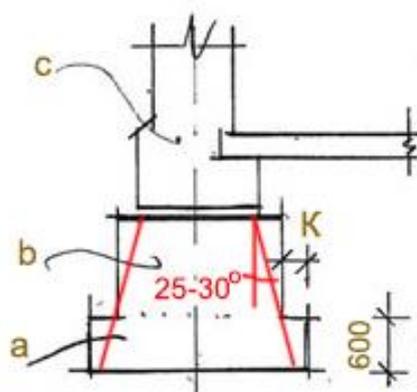


Рисунок 23 – Составляющие элементы столбчатых фундаментов исторических построек:
a – банкет; b – фундамент; c – цоколь

Фундаментные столбы могли устраиваться в открытых ямах или создаваться по способу опускного колодца. Способ опускного колодца для устройства фундаментных столбов использовался при строительстве тяжелых и крупных по масштабу объектов. Первый способ – с устройством столбов в открытых ямах – применялся для рядовой застройки. При этом варианте столбы располагались на расстоянии 1 1/2; 2 и более сажен (3.3; 4.3 м), что определялось прочностью основания и действующими нагрузками. Чем больше нагрузка и слабее грунт, тем чаще должны располагаться столбы.

В отдельных случаях даже частое расположение столбов оказывалось недостаточной мерой, тогда применялся один из способов усиления подошвы строения, увеличения площади подошвы строения и передачи части нагрузки на соседние участки грунта. Например, фундамент устанавливался на сплошной ростверк (**рис. 21b**), или столбы соединялись опрокинутыми арками (**рис. 21a**). Эти приемы позволяли распределить давление на бóльшую площадь и сделать его более равномерным [12]. При устройстве обратных сводов между подошвами фундаментных столбов выкапывали грунт по форме обратных сводов и по утрамбованному грунту делали кладку в один или два ряда кирпича. Фундаментные столбы располагались на углах здания, на пересечении стен, под простенками.

3.1.3 Кладка фундаментов

Наиболее ранние постройки северной столицы покоятся на фундаментах из кирпича и булыжника, позднее стал доминировать бутовый фундамент на растворе. При этом под внутренними поперечными стенами фундаменты часто выполнялись в виде арок. Кладка фундаментов объектов рядовой городской застройки осуществлялась в открытых ямах (столбчатый фундамент) или во рвах (ленточный фундамент). При необходимости подошва строения подлежала усилению.

Наиболее ранние постройки *первой половины XVIII века* возводились на валунных фундаментах без раствора или предполагали послойное заполнение ямы (или рва) разными материалами с послойным их трамбованием (рис. 24). По одному из вариантов валуны сваливали в траншеи, промежутки заполняли мелочью, пустоты засыпали песком и землей, затем всю массу трамбовали (рис. 24а).

По второму варианту рвы заполнялись чередующимися слоями плит природного камня и слоями песчано-щебеночной смеси, пролитой известковым раствором (рис. 24б). В результате получались плотные каменные стены-фундаменты шириной не менее 1.0 м и высотой более 1.5 м. Данный тип фундамента встречается и позднее в отдельных постройках, датируемых периодом до середины XIX века.



Рисунок 24 – Фундаментная кладка петербургских строений первой половины XVIII века:
а – сухая кладка с послойным или общим трамбованием на естественном основании;
б – послойная кладка с проливкой известковым раствором на усиленном лежнями основании

К началу 1980-х годов в Санкт-Петербурге на подобных фундаментах (рис. 24) оставалось около 800 тыс. кв. м жилья.

Со *второй половины XVIII века* основным типом становится ленточный бутовый фундамент на известковом растворе. Камни для бутовых фундаментов из известняка, песчаника, реже из гранита или диабазы подбирались по размеру

или подгонялись так, чтобы кладка была с перевязкой швов. Бутовая кладка велась слоями в 3-4 ряда с тщательной расщепкой (заполнение щелей щебнем пустот между элементами кладки) с выравниванием горизонтальной поверхности раствором. В раствор добавляли тонкомолотую обожженную глину (цемянку) в качестве гидравлической добавки, что позволяло известковому раствору сохраняться в структуре кладки в условиях высокого уровня грунтовых вод. Цемянка составляла до одной трети объема раствора; обычный состав раствора – 1 : 3 (цемянка : известь). При использовании для фундаментов местного камня (бут, булыжник) два нижних ряда камней всегда были большего размера и укладывались без раствора с целью исключить капиллярный подсос влаги из грунта в стену выше фундамента [4]. Такой тип фундаментов был наиболее распространен и просуществовал до начала XX века, когда на смену известковому раствору и бутовой кладке пришел фундамент в железобетонном исполнении.

До второй половины XIX века для фундаментов широко использовался природный известняк, бут, кирпич-железняк на известковом растворе и на усиленном лежнями основании. Со временем известковый раствор был заменен гидравлическим и позже – цементным.

С конца XIX века кладка фундаментов с использованием известняка, постилочных камней и кирпича-железняк выполняется на цементно-песчаном растворе состава 1 : 3 (цемент : песок) или на сложном растворе состава 1 : 1 : 6 (цемент : известь : песок).

Нередко в исторических жилых зданиях Санкт-Петербурга встречаются фундаменты, выложенные в технике кладки с использованием различных материалов: комбинируются валунная и бутовая кладка, бутовая и кирпичная кладка. При этом больший по размеру камень всегда формирует нижнюю зону фундамента. На рис. 25 представлены примеры фундаментов петербургских жилых зданий, построенных до начала XX века и сохранившихся до настоящего времени [19].

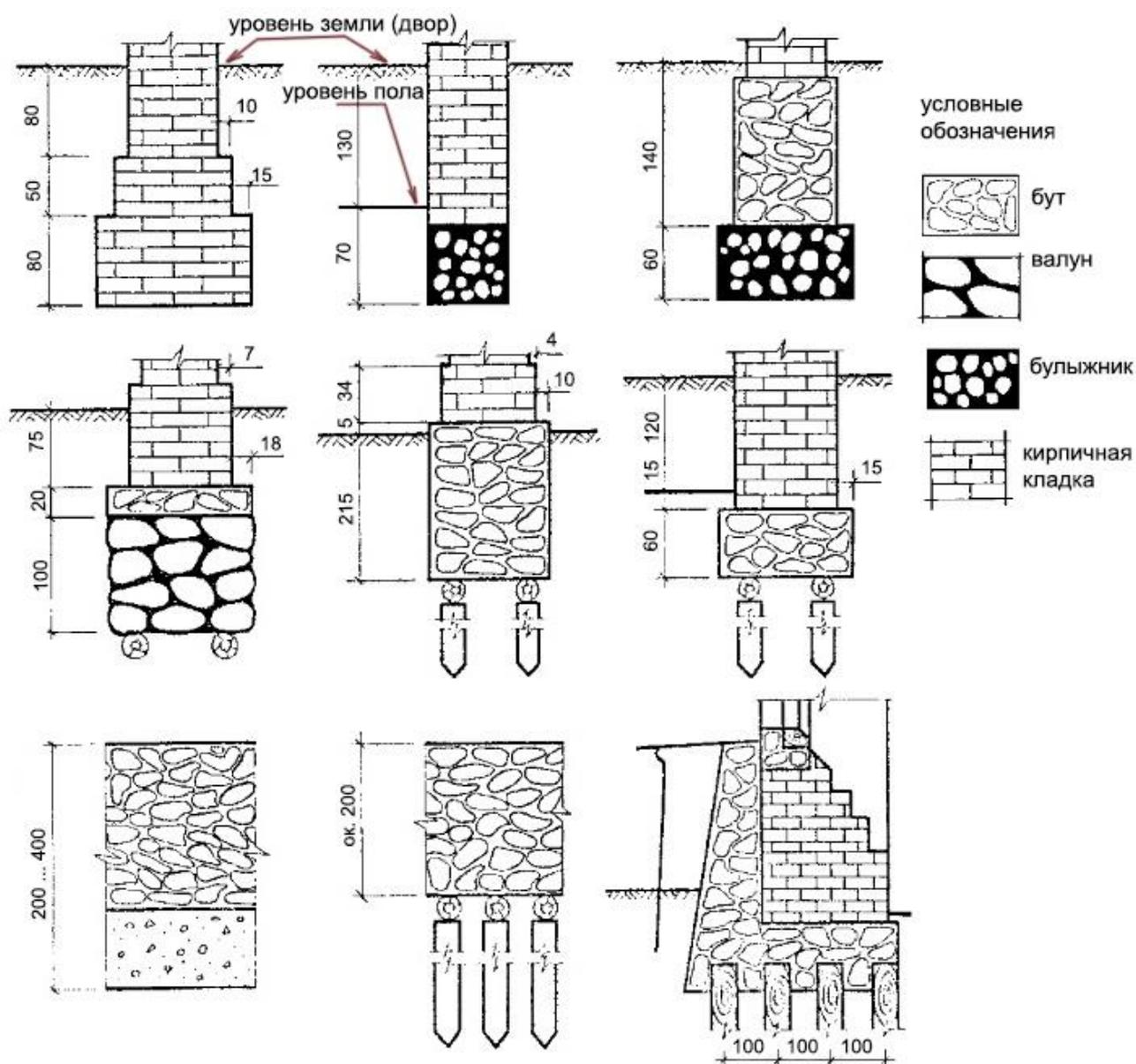


Рисунок 25 – Кладка фундаментов петербургских жилых зданий, построенных до начала XX века (размеры указаны в см) [19]

3.1.4 Защита строения от грунтовых вод

Защита фундаментов строения от скопления грунтовой, талой и дождевой воды около фундаментов и предотвращение проникновения воды в подвалы осуществлялась посредством устройства специальных подземных водоотводных канав и сточных труб. Атмосферная влага отводилась от здания за счет уклона поверхности земли в направлении от фасадных стен или собиралась желобами и водосточными трубами и направлялась в специальные подземные трубы [12].

При высоком стоянии грунтовых вод отвод их от фундаментов осуществ-

лялся посредством дренажа (рис. 23): на уровне подошвы фундамента по контуру строения закладывались трубы с необходимым для стока уклоном. Дренажные трубы (могли быть керамическими с внутренним диаметром около 2 дюймов, или 5.1 см) располагались на расстоянии около 3 футов (0.91 м) от подошвы и могли повторяться дублирующим контуром, отстоящим на расстоянии около 14 футов (4.3 м) от подошвы. Контур дренажных труб выводился в одну общую трубу большего диаметра, по которой вода отводилась в специальный колодец, расположенный на удалении от строения и такой глубины, чтобы достичь проницаемого для воды слоя грунта с целью ее дальнейшего естественного дренажа.

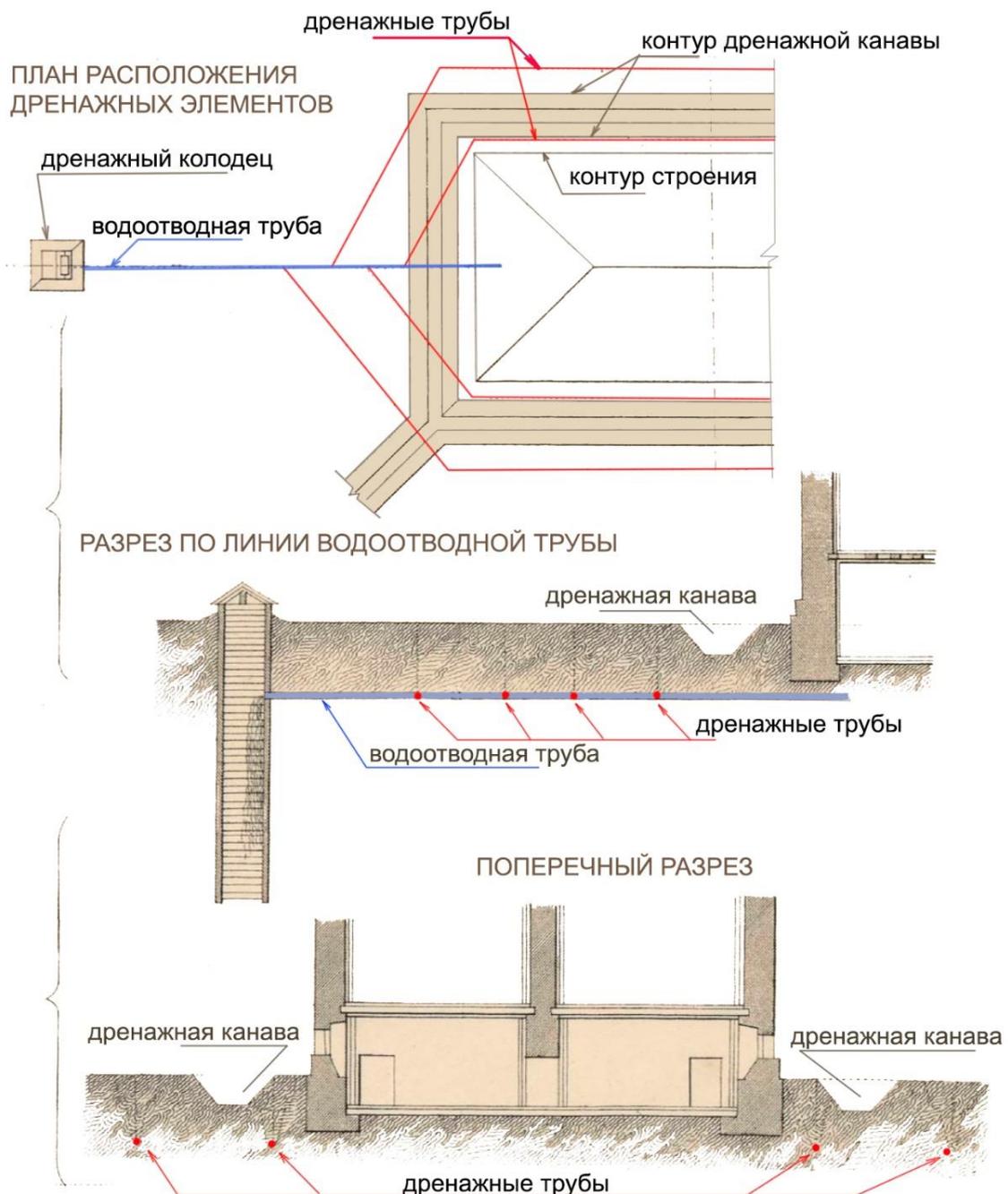


Рисунок 23 – Организация гидрозащиты подземной части здания посредством дренажа [13]

Гидроизоляция в теле фундамента, предотвращающая попадание грунтовой влаги в подвальные помещения и в толщу стен стала применяться с середины XIX века и впервые для отечественной практики рекомендована в 1851 году в труде А. Красовского [11]. В соответствии с упомянутыми рекомендациями для гидроизоляционных работ использовались следующие строительные материалы: железняк, полужелезняк (для кладки и облицовки нижних подвальных этажей), каменноугольная смола, вар, пеки, деготь. Во второй половине XIX века в качестве гидроизоляционных материалов широко применялись природный и искусственный асфальт, битум, асбестовый войлок на асфальте, кровельный толь [20].

Для исключения капиллярного подсоса влаги по порам кладки фундаментов и стен и для защиты стен от дождевой и талой воды в цоколе на уровне не выше 1 аршина (0.71 м) от поверхности земли устраивалась горизонтальная гидроизоляция. Виды такой горизонтальной гидроизоляции по материалам [12]:

- свинцовые или цинковые листы;
- два-три ряда кирпича, пропитанного смолой и выложенного на асфальтовом растворе;
- слой березовой коры (для менее ответственных построек).

В дополнение к горизонтальной гидроизоляции по обрезу фундамента нижняя (цокольная) часть стены выполнялась не менее чем из восьми рядов кирпичной кладки на гидроизолирующем цементном растворе. Цементный раствор в XIX веке использовался в кладке наиболее увлажняемых участков стен и в кладке фундаментов, в особенности при наличии подвалов, и обеспечивал надежную защиту как от грунтовой влаги, так и от атмосферной.

Принципиальные решения по расположению гидроизоляции в структуре подземной и цокольной частей здания при отсутствии и наличии подвала представлены на **рис. 24**.

В общем случае при отсутствии подвала гидроизоляция предусматривалась только горизонтальная и располагалась в уровне цоколя ниже конструктивных элементов перекрытия, что отвечало задаче противокapиллярной защиты стен и помещений первого этажа (**рис. 24а**).

При наличии подвала горизонтальная гидроизоляция могла быть представлена в двух уровнях – по обрезу фундамента (или в уровне пола подвала) и по обрезу цоколя под подвальным перекрытием (**рис. 24б**). При этом горизонтальная гидроизоляция в уровне обреза фундамента имеет продолжение в виде

вертикальной гидроизоляции по внутренней или наружной грани стены подвала и далее – в структуре полов подвала (рис. 24с, 24д).

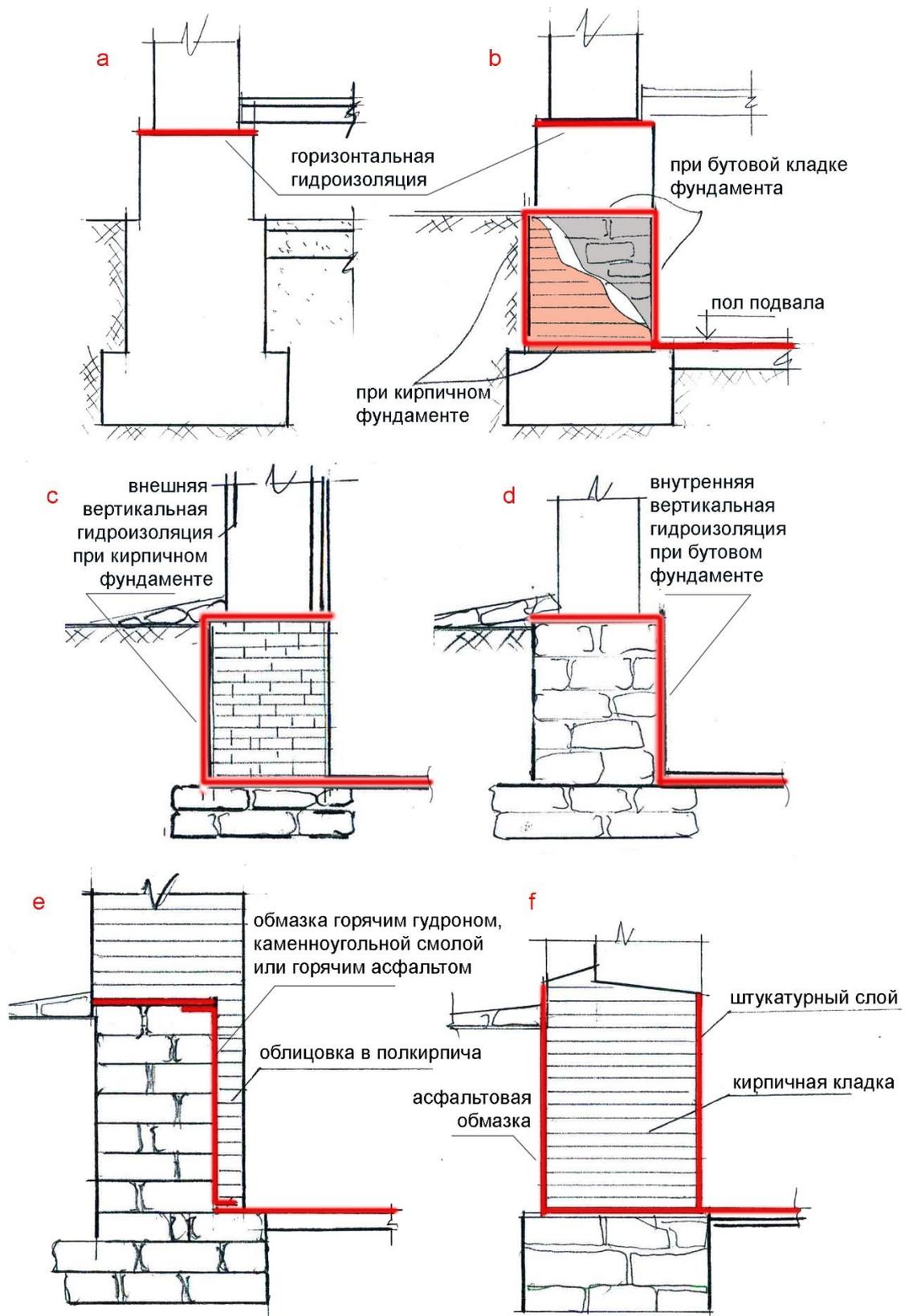


Рисунок 24 – Варианты гидрозащиты стен и подвальных помещений от грунтовой влаги при низком стоянии грунтовых вод и небольшой влажности грунта: а – расположение гидроизоляции при отсутствии подвала; б – ф – расположение гидроизоляции при наличии подвала

(b, c, f – при кирпичном фундаменте; b, d, e – при бутовом фундаменте); e – внутренняя вертикальная гидроизоляция бутового фундамента с внутренней облицовкой из кирпича; f – двусторонняя гидроизоляция кирпичного фундамента

Как правило, вертикальная гидроизоляция по внутренней грани стены подвала соответствовала случаю, когда стена подвала выкладывалась из бутового камня. Внутренняя вертикальная гидроизоляция выполнялась обмазкой, облицовкой или слоем штукатурки на цементе (рис. 24e, 24f). Достаточно часто использовался вариант гидроизолирующей облицовки кирпичом толщиной в один или полкамня, устраиваемой на цементно-песчаном растворе с внутренней стороны фундамента с перевязкой швов облицовки и фундамента через 4-5 рядов кладки.

Гидроизоляция по внешней грани стены подвала выполнялась в случае кирпичной стены с целью защиты не только подвала, но и самой кирпичной стены от разрушения. Вертикальная гидроизоляция могла быть обмазочной в несколько слоев (горячий гудрон, каменноугольная смола, горячий асфальт), оклеечной – толь на слое гудрона или смолы, или в виде гидроизолирующей стенки из кирпича-железняк на асфальте (рис. 24e, 24f, рис. 25).

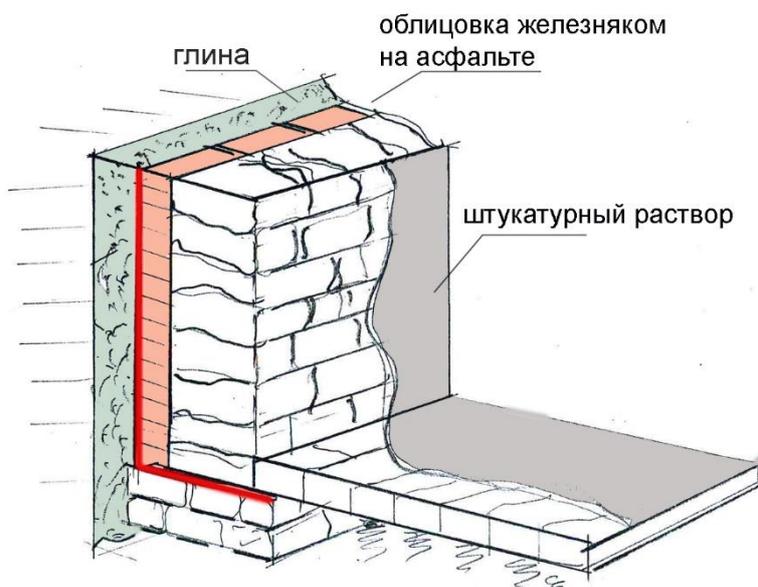


Рисунок 25 – Вариант гидрозащиты стен и подвальных помещений от грунтовой влаги с использованием глиняного замка

При наличии подвалов внешняя поверхность стены подвала покрывалась слоем изоляции, в качестве которой использовалась глина или гидравлический раствор.

Дополнительной и весьма эффективной мерой защиты стен и подвалов от влаги было устройство глиняного замка или внешнее оштукатуривание стен

подвала гидравлическим раствором. При устройстве глиняного замка (рис. 25) фундамент, сложенный из кирпича или бута на известковом растворе, обмазывался слоем глины толщиной 8-10 см, которая затем могла закрываться натуральной рогожей. Снизу в качестве дренажа подсыпался слой кирпичного щебня, а при значительном увлажнении грунта прокладывались дренажные трубы [21].

При устройстве фундаментов петербургских жилых домов исторической застройки встречаются варианты конструктивного решения стен подвалов с введением прослойки глины или воздушной прослойки (пустоты) для обеспечения гидрозащиты подземной части постройки (рис. 26).

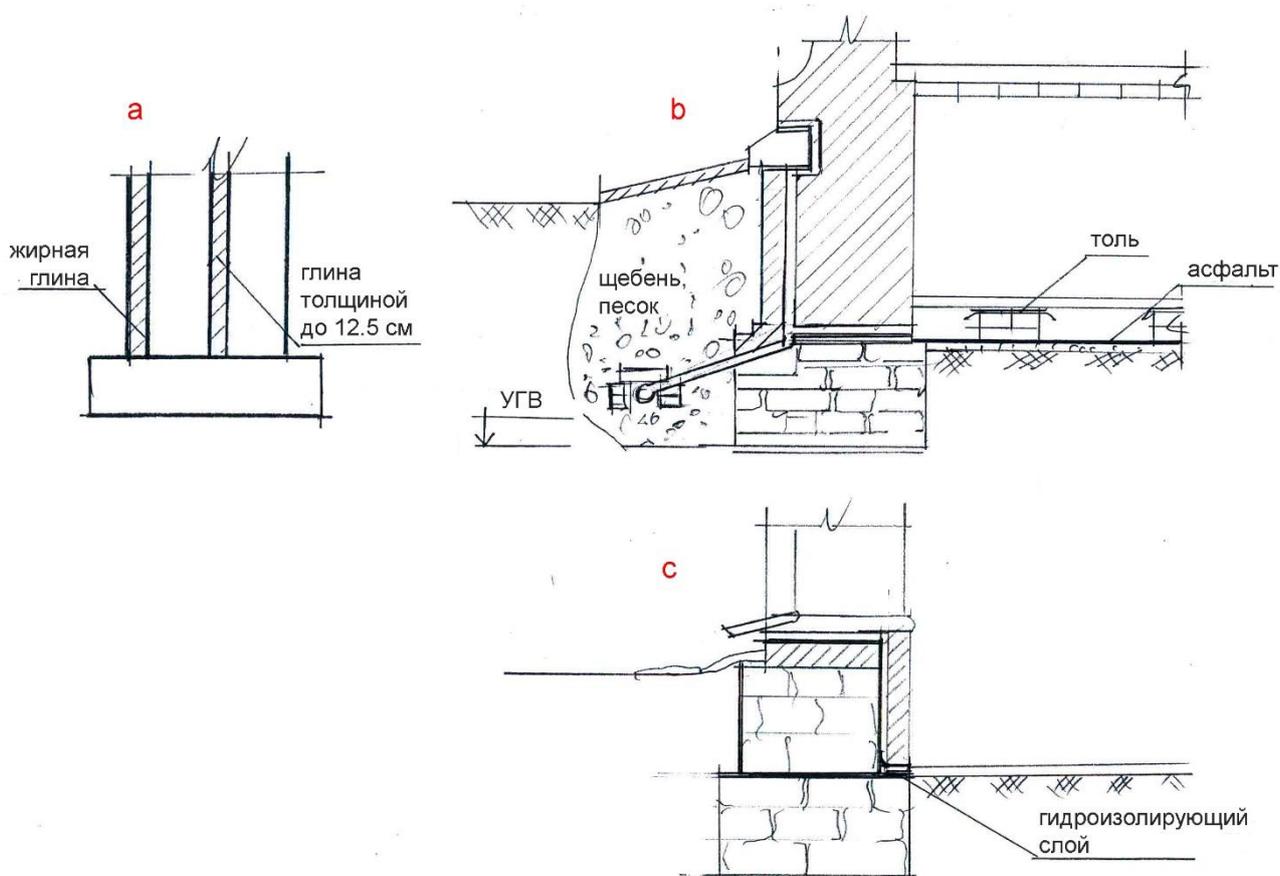


Рисунок 26 – Устройство двуслойных фундаментов при большой влажности грунтов: а – фундамент с глиняной прослойкой и глиняным замком; б – фундамент с воздушной прослойкой у наружной грани стены; с – фундамент с воздушной прослойкой у внутренней грани стены

Размер прослойки, заполненной глиной (рис. 26а), увязывался с размером кирпича, если стена фундамента выполнялась в кирпиче, и мог составлять 12.5 см. Слой жирной глины был хорошим и достаточным гидроизолятором при кладке фундамента на известковом растворе. Дополнительной защитой служил такой же внешний слой жирной глины – глиняный замок.

Если стены подвала были кирпичными двуслойными с воздушной прослойкой, то такая прослойка размером в четверть кирпича располагалась ближе к наружной грани стены (рис. 26b). Попавшая в тело фундамента влага отводилась в дренажный слой или расположенную в нем дренажную трубу.

При бутовой кладке стен подвала воздушный зазор формировался ближе к внутренней грани стены посредством устройства кирпичной стенки с сохранением размера зазора (рис. 26 c). Зазор имел выходные отверстия наружу в уровне цоколя и таким образом функционировал как вентиляционная прослойка.

На рис. 27 представлены варианты гидроизоляции подземной части зданий исторической застройки, используемые при высоком стоянии грунтовых вод.

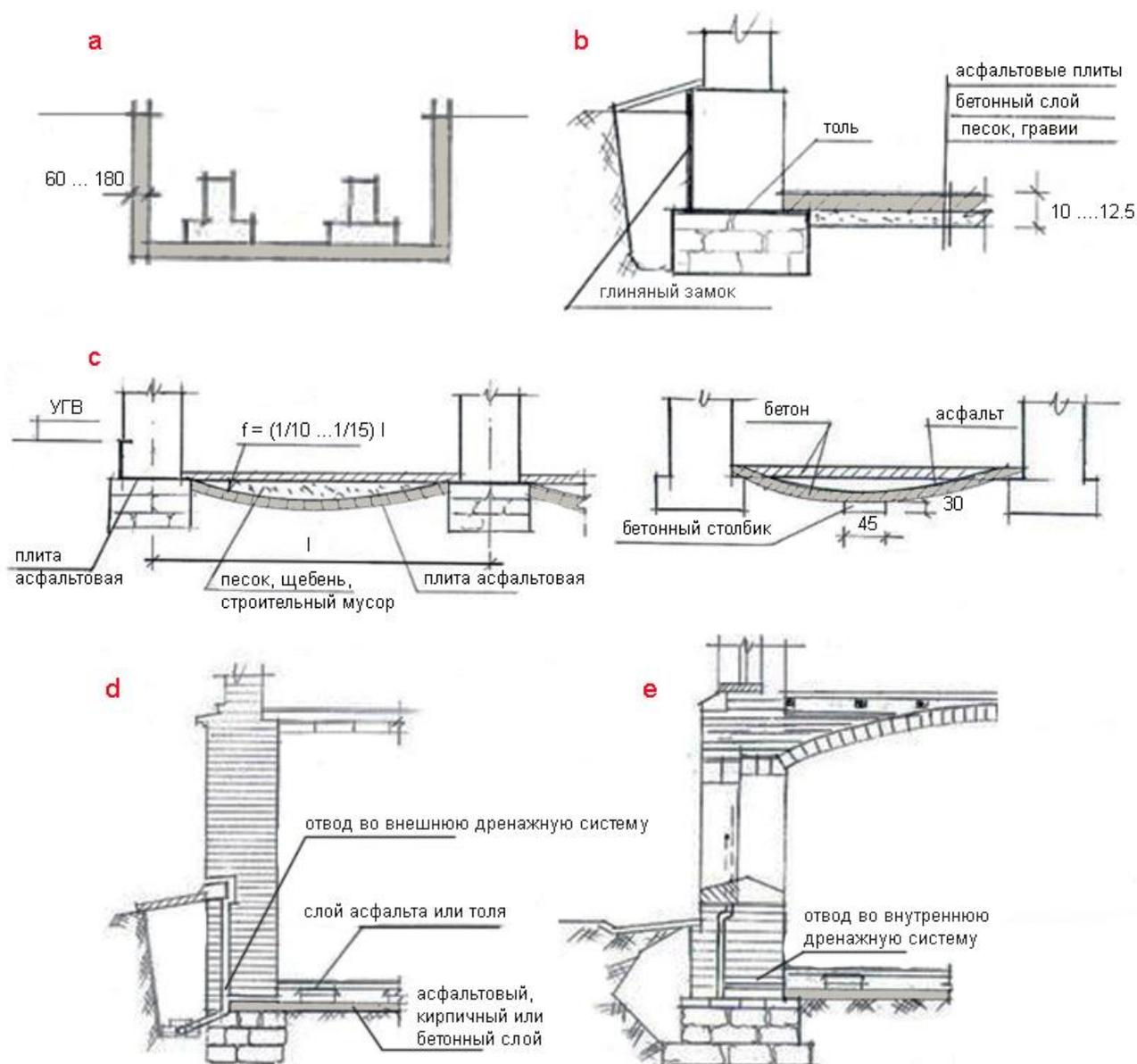


Рисунок 27 – Приемы гидрозащиты подземной части здания при высоком уровне грунтовых вод.

вод: а – противofильтрационная защита; б – пригрузочный слой бетона в полах подвала; с – обратные своды в полах подвалов; d – отвод воды из толщи стен во внешнюю дренажную систему; e – отвод воды из толщи стен во внутреннюю дренажную систему (размеры указаны в см)

При большом напоре грунтовых вод в редких случаях устраивалась противofильтрационная защита (завеса, экран) в виде бетонных стен и бетонного днища котлована. При этом фундаменты сооружения устраивались внутри котлована под защитой его бетонных стен и днища (рис. 27а).

При уровне грунтовых вод, близком к уровню полов подвала, возникала опасность всплытия полов в результате гидростатического давления, направленного снизу вверх. Негативное воздействие грунтовых вод в этом случае исключалось устройством дополнительного пригрузочного слоя бетона в толще полов подвала (рис. 27б). Пригрузочный слой устраивался по песчано-щебеночной подготовке с гидроизолирующим покрытием в вид асфальтовых плит. При этом вертикальная гидроизоляция стен подвала дополнялась устройством глиняного замка.

Большой напор грунтовой воды мог потребовать устройства полов с мощными слоями пригрузочного бетона, что означало, в первую очередь, удорожание строительства. Чтобы этого избежать, в структуре полов устраивали обратные своды (рис. 27с). Сначала своды выполняли в технике кирпичной кладки по криволинейному дну котлована, а позже – бетонными. В любом случае по верху свода устраивался слой асфальта и поверхность выравнивалась до горизонтального уровня песком, щебнем, строительным мусором с последующим устройством полов. Стрела свода составляла $1/10 \dots 1/15$ расстояния между осями фундаментов.

Осушение стен подвала обеспечивалось устройством внутрстенного дренажа с выводом влаги во внешнюю или внутреннюю дренажные системы (рис. 27d, 27e), сопровождаемые устройством прямков или глиняного замка.

При опасности затопления во время наводнений выполнялся совмещенный дренаж: дренаж пола соединялся с пристенным дренажем. Дренажная система соединялась с вентиляционными каналами в стене. При наводнении вода поступала в подвал, но затем по дренажу уходила, а вентиляционная система обеспечивала просыхание подвала.

Еще до разработки представленных выше способов гидроизоляции основным традиционным приемом защиты сооружения от грунтовых вод было использование глины для обмазки стен и устройства полов. Так, в наиболее

ранних постройках XVIII века практиковалось устройство глинобитных полов по кирпичной выстилке. Слой глины поверх кирпича имел толщину 10-15 см и тщательно трамбовался с поливом бычьей кровью, подсмоленной водой или навозной жижей. В покрытии пола использовали облицовочный камень или керамические плиты на глинистом растворе в качестве клея [21].

В XIX веке в строительстве стали внедряться в качестве гидроизоляционных такие материалы как битумы и гудроны, постепенно вытесняя использовавшиеся ранее гидроизоляционные материалы. В конце XIX и начале XX веков при устройстве подземных и подвальных помещений все шире стал использоваться бетон, обладающий гидроизолирующими свойствами. Для обеспечения высокой водонепроницаемости бетона применяли различные добавки: масло, воск, парафин, яичный белок, квасцы, мыло, силикаты, фтористые соединения, битумные продукты, церезит, цеолит и др. С целью закрыть поры поверхность бетона затиралась цементным раствором или использовали метод Сильвестера: бетонная поверхность обрабатывалась мыльным раствором, а через сутки – раствором квасцов (солевых растворов) [20].

На рис. 28 представлено решение по устройству подвальных помещений петербургских жилых построек, обобщающее приведенную выше информацию по гидрозащите строений от грунтовых вод и представляемое как наиболее распространенный вариант для построек XIX века [20].

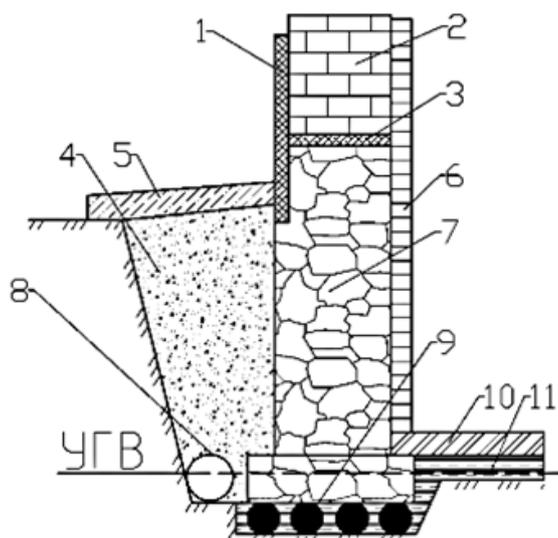


Рисунок 28 – Наиболее распространенный вариант устройства подвала в Санкт-Петербурге в XIX веке: 1 – облицовка цоколя; 2 – кирпичная стена; 3 – горизонтальная гидроизоляция; 4 – засыпка фильтрующим грунтом; 5 – отсыпка; 6 – облицовка кирпичом; 7 – бутовая кладка; 8 – дренажная труба; 9 – дренажные лежни в глине; 10 – каменный или кирпичный пол подвала; 11 – трамбованная глина [20]

По представленному на рис. 28 варианту дождевая и талая вода отводи-

лась дренажной системой, в отдельных случаях дополняемой глиняной завесой. Если существовала опасность затопления подвалов во время наводнений, применялся совмещенный дренаж – дренаж пола соединялся с вентиляционными каналами в стене. При наводнении вода поступала в подвал, затем уходила по дренажной системе, а вентиляционная система обеспечивала просыхание подвала.

Бетонные полы подвалов включали следующие слои: по утрамбованному грунту основания укладывался слой глины толщиной 3 вершка (13.2 см); затем насыпался слой кирпичного щебня толщиной 4 вершка (17.6 см), который заливался цементным прыском (тонкий слой цементного раствора для улучшения сцепления с верхними слоями бетона или раствора); верхним слоем был бетонный пол по цементному раствору толщиной 2 вершка (8.8 см).

На высоте уровня земли по обрезу фундамента под кирпичными стенами укладывалась горизонтальная гидроизоляция, чаще всего это был слой асфальта толщиной 2.5 см.

На **рис. 29** представлен вариант использования асфальтовой изоляции в заглубленной части зданий [20].

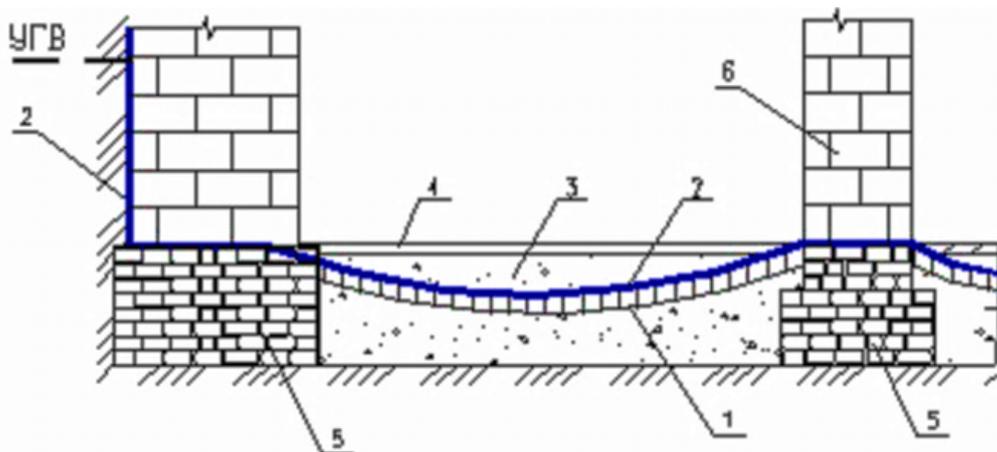


Рисунок 29 – Асфальтовая гидроизоляция конца XIX – начала XX веков: 1 – обратный свод из кирпича-железняка; 2 – слой асфальта; 3 – строительный мусор или бетон; 4 – пол подвала; 5 – бутовая кладка; 6 – кирпичная кладка

Несмотря на наличие отработанных приемов устройства фундаментов и гидрозащиты зданий от талых и грунтовых вод, исследования реальных объектов исторической жилой застройки Санкт-Петербурга указывают на распространенность индивидуальных решений, отступающих от общих строительных правил, что может быть связано, помимо прочего, с частой перестройкой городских зданий и, возможно, возведением новых строений с использованием старых фундаментов. Так, при вскрытии фундаментов двухэтажного доходного

дома постройки 1878 года по адресу: набережная реки Фонтанки, 8, обнаружены фундаменты, решение которых различно под разными стенами строения (рис. 30).

По рассматриваемому объекту (рис. 30) заглубление пола подвала относительно тротуара составляет 1.45 м; уровень грунтовых вод располагается выше подошвы фундамента. По результатам вскрытия фундаментов можно видеть, что три шурфа показывают решения фундаментов, имеющие отличия:

- под валунной подошвенной частью может быть бревенчатый лежень (шурф 2), а может и отсутствовать (шурфы 1, 3);
- высота уширенной подошвенной части по всем шурфам отлична;
- фундаментная стена сложена в технике кирпичной кладки или имеет вставки бутовых рядов (шурф 1).

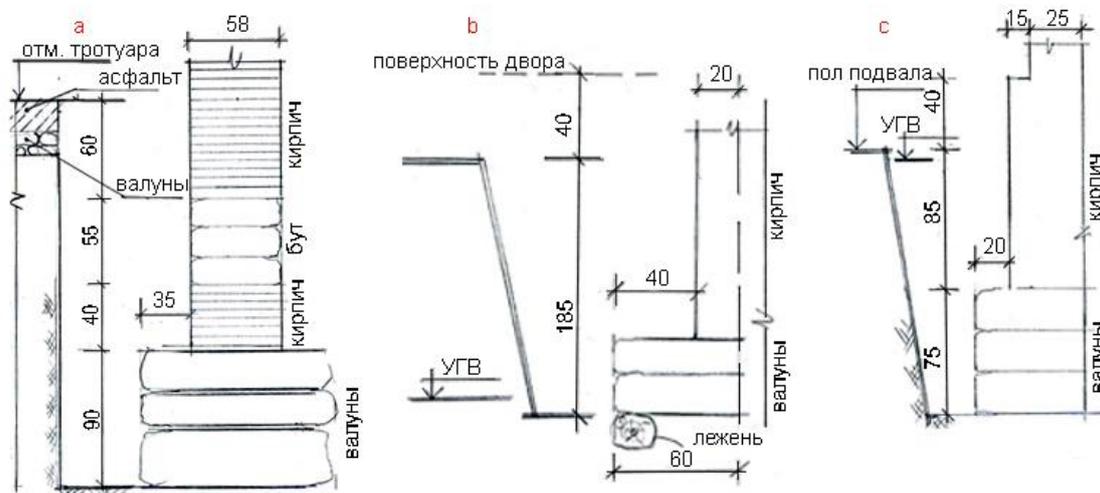


Рисунок 30 – Фундаменты двухэтажного доходного дома постройки 1878 года по адресу: Санкт-Петербург, набережная реки Фонтанки, 8: а, b, с – информация по шурфам 1, 2 и 3 соответственно

Общим для всех шурфов по данному примеру является отсутствие горизонтальной гидроизоляции.

В настоящее время проводится большой объем обследований фундаментов исторической застройки Санкт-Петербурга, что связано с подготовкой и реализацией программ по ремонту, реконструкции объектов и решению проблем уплотнительной застройки.

В числе таких исследований работы, проведенные на базе СПбГАСУ [22]. Исследования включали результаты обследования и анализа 64 зданий постройки XVIII – начала XX веков и позволили выявить ряд закономерностей, характерных для построек этого периода в центральной части Санкт-Петербурга (Центральный, Петроградский, Адмиралтейский и Василеостровский районы). Обследуемые здания имели этажность от 2 до 6. Глубина зало-

жения фундаментов объектов составляла от 1.5 до 3.0-4.0 м при общей толще культурного слоя, достигающей до 3.0 м.

В результате исследования 64 объектов получено следующее:

- 44% обследованных зданий имеют в основании пылевато-глинистый грунт, остальные 56% – пески различной крупности;

- фундаменты 82% зданий выполнены кладкой из бута, гранитных или известняковых камней и лишь в 18% – из обожженного кирпича;

- под фундаментами 22 зданий (34%) обнаружены лежни, а под 9 домами – деревянные сваи (14%);

- ширина подошвы при песчаном основании составляет 0.5...2.8 м, при пылевато-глинистом – 0.8...2.3 м;

- наиболее распространена ширина подошвы фундамента 1.0-1.5 м (36% – песчаное основание, 54% – пылевато-глинистый грунт);

- часто встречается ширина подошвы 1.5-2.0 м – соответственно для 20 и 25% рассмотренных зданий на песчаных и глинистых основаниях;

- глубина заложения фундаментов составляет 0.3-3.0 м для песчаных оснований и 0.7-2.5 м – для пылевато-глинистых;

- наиболее распространена глубина заложения фундамента, равная 1.5-2.0 м – встречается в 44% зданий на песчаных основаниях и в 53% зданий на пылевато-глинистых основаниях;

- лежни обнаружены в зданиях этажности – от 2 до 6 этажей при глубине заложения фундаментов 1.2-1.8 м;

- при наличии в основании дерева и его расположении ниже уровня грунтовых вод лежни, ростверки и сваи даже по прошествии двухсот лет оказались в удовлетворительном состоянии;

- для 62% зданий на песчаном основании и для 34% зданий на пылевато-глинистом основании выявлена перегруженность оснований в соответствии с действующими нормами проектирования;

- благоприятные условия для статической работы оснований выявлены для 24% зданий на песчаных основаниях и для 33% зданий на пылевато-глинистых основаниях.

Общие выводы по рассматриваемым исследованиям [22]:

- большая часть фундаментов (более 80%), сохранившихся к настоящему времени и обследованных зданий постройки XVIII – начала XX веков выполнены на фундаментах бутовой кладки с глубиной заложения ниже сезонного промерзания;

- результаты многочисленных обследований подтверждают, что значительная часть зданий постройки XVIII – начала XX веков (более 60%) возведены на перегруженных, в соответствии с современными нормами, грунтах основания, что во многом объясняет наличие трещин и других нарушений в надземных конструкциях в ряде зданий старой постройки Санкт-Петербурга.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что в петербургской жилой застройке представлены все варианты устройства оснований (лежни, ростверки, сваи), в то же время значительна доля строений на естественном основании; кладка фундаментов преимущественно бутовая. Перегруженность грунтовых оснований указывает на то, что реконструкция или ремонт зданий с повышением этажности или увеличением нагрузки, например, при замене деревянных перекрытий на железобетонные, требует дополнительных исследований оснований и, скорее всего, планирования работ по усилению оснований и, возможно, фундаментов.

При планировании работ по уплотнительной застройке следует также соответствующим образом оценивать применимость современной тенденции понижения уровня подземных вод в условиях Санкт-Петербурга: данный технологический прием приводит к гниению деревянных свай и лежней, ранее находившихся в условиях постоянно влажной среды.

При возведении новых сооружений вблизи исторических построек или в примыкании к ним следует руководствоваться апробированными правилами:

- старый и новый фундаменты не должны быть параллельны друг другу, так как это вызовет необходимость вскрытия на большую глубину старых фундаментов, в результате чего можно ожидать выдавливание грунта из-под подошвы старого фундамента и частичное или полное разрушение фундамента и сооружения. Лучшим вариантом нового фундамента в данной ситуации является свайный фундамент с использованием винтовых свай, погружение которых исключает динамическое воздействие на существующее сооружение;

- для незыблемости основания под старым фундаментом при параллельном или близком расположении нового следует предусматривать шпунтовую стену (сомкнутые в ряд шпунтины – деревянные или металлические стержни). Шпунтины погружаются нижней частью в относительно водонепроницаемый слой грунта или на глубину не менее 1.5 м ниже дна котлована (рис. 31).

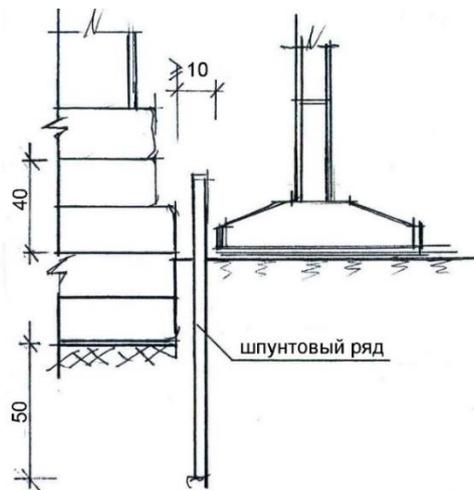


Рисунок 31 – Вариант примыкания новых фундаментов к существующим зданиям

Контрольные вопросы

Естественные и искусственные основания

1. Обоснуйте необходимость усиления оснований зданий для условий Санкт-Петербурга.
2. Дайте определение «подошвы здания» по А. К. Красовскому.
3. Приведите классификацию грунтов и основные их характеристики как основания для постройки.
4. Назовите основные способы усиления подошвы здания при «посредственном» грунте.
5. Назовите основные способы усиления подошвы здания при «слабом» грунте.
6. Назовите достоинства и недостатки трамбования и втрамбовывания в грунт камня как приемов усиления подошвы.
7. Поясните необходимость уширения подошвы здания и укажите способы уширения подошвы. Дайте схематичные изображения способов уширения подошвы.
8. Кратко охарактеризуйте способ укрепления подошвы здания с помощью лежней, укажите рациональную область применения способа. Поясните ответ схемами лежневых конструкций.
9. Кратко охарактеризуйте способ укрепления подошвы здания с помощью ростверка и укажите рациональную область применения способа. Поясните ответ схемами ростверковых конструкций.
10. Поясните необходимость «забучивания» промежутков между бревнами и брусьями лежневых и ростверковых конструкций. Укажите материалы для «забучивания». Обозначьте места забучивания на схемах ростверковых и лежневых конструкций.
11. Поясните соответствие высоты расположения элементов лежней и ростверков и уровня грунтовых вод.
12. Опишите кратко принцип свайного усиления основания. Покажите на схемах и назовите два различных способа забивки свай с указанием условий применения каждого способа.
13. Покажите на схемах, каким образом нагрузка от здания распределялась между сваями.
14. Опишите, каким образом повышалась жесткость ростверка свайно-ростверковой конструкции. Поясните ответ схемой.
15. Покажите на схемах принцип устройства подошвы здания с применением шпунтовых свай и шпунтовых рядов. Поясните назначение шпунтовых стенок.
16. Опишите кратко способ укрепления подошвы строения песком. Поясните ответ схемой.
17. Укажите основные способы усиления подошвы здания, рекомендованные для использова-

ния в начале XX века.

Фундаменты

1. Назовите виды фундаментов, которые использовались при строительстве исторических зданий Санкт-Петербурга.
2. Какой вид фундаментов преобладал в начале XVIII века при строительстве жилых зданий?
3. Почему со второй половины XVIII века ленточные фундаменты стали преобладающим видом при строительстве жилых домов?
4. Покажите на схемах возможные профили ленточного фундамента и кратко обоснуйте назначение геометрических параметров фундамента (ширина обреза, подошвы, заглубление в грунт).
5. Покажите на схеме наличие арок в теле ленточного фундамента (разгрузочной и обратной арки) и поясните их назначение.
6. Покажите схематично примеры ленточных фундаментов на усиленном деревянными элементами основании и поясните целесообразность такой комбинации.
7. Дайте общую характеристику сплошным фундаментам с указанием области их применения и причин малой распространенности применительно к жилым зданиям.
8. Покажите на схемах возможные конструктивные решения отдельно стоящих фундаментов и укажите область применения данного типа фундаментов по грунтовым условиям и периодам застройки города.
9. Покажите схему столбчато-арочного фундамента и поясните роль арок в работе фундамента.
10. Покажите схему столбчатого фундамента на сплошном ростверке и поясните роль ростверка в работе фундамента.
11. Покажите на схеме и поясните технику кладки фундаментов первой половины XVIII века (материалы, технология устройства, вид раствора).
12. Дайте общую характеристику бутовой кладки фундаментов, включая специфику использования раствора по высоте кладки и по его составу.
13. Дайте общую характеристику кирпичной кладки фундаментов – виды применяемых кирпича и раствора.
14. Покажите на схемах примеры комбинированной по материалу кладки фундаментов и дайте обоснование таким комбинациям.

Защита строений от грунтовых вод

1. Покажите на схеме и поясните способ гидрозащиты строения от грунтовых вод посредством дренажа.
2. Укажите, когда и кем впервые были введены правила по устройству гидроизоляции фундаментов в российской строительной практике?
3. Назовите материалы, используемые для горизонтальной гидроизоляции подземной части здания, поясните ее назначение и покажите на схемах ее возможное расположение в случае наличия и отсутствия подвала в здании.
4. Назовите материалы, используемые для вертикальной гидроизоляции подземной части здания, поясните ее назначение и покажите на схемах ее возможное расположение в зависимости от материала кладки фундамента при низком уровне грунтовых вод.
5. Поясните, что такое «глиняный замок» и покажите его наличие на схеме фундамента.
6. Покажите на схемах и поясните устройство двухслойных фундаментных стен с возможностью дренажа кладки или дополнительных изолирующих слоев при большой влажности грунта.

7. Покажите на схемах и поясните устройство полов подвалов при высоком уровне грунтовых вод.

8. Покажите схему, обобщающую приемы гидрозащиты подземной части здания, сложившиеся к концу XIX века в жилой застройке Санкт-Петербурга. Укажите изображаемые элементы изоляции, их материал и назначение.

3.2 Стены

Классификация стен исторических жилых зданий Санкт-Петербурга может быть представлена следующим образом [4]:

- по назначению стены разделяли на подпорные, наружные и внутренние;
- по материалу – на фахверковые, земляные или глиняные; деревянные; каменные; кирпичные; бетонные;
- по способу возведения стены были набивные (из особых форм); деревянные (посредством врубок) и каменные (в перевязку на растворе).

3.2.1 Фахверковые стены

Наиболее ранние постройки петровского периода (1703-1710 годы) имели стены фахверковые и бревенчатые. Это был период экспериментального поиска адекватных строительных технологий, использовавших как опыт передовых европейских государств, так и местные строительные материалы.

Фахверковая технология строительства домов появилась в Центральной и Северной Европе в X-XI веках и достигла высшего уровня развития к XV веку, прежде всего, в Германии. Фахверк в контексте строительных технологий (от немецкого Fach – «секция, панель» и Werk – «сооружение») означает строительную конструкцию, которая образована системой горизонтальных, вертикальных и диагональных деревянных брусьев, формирующих жесткий каркас стены с заполнением промежутков различными материалами: глина, камень, кирпич, саман и др. (рис. 32).

Снаружи стены штукатурились, красились, иногда обшивались деревянными панелями, но при этом каркас всегда оставался визуально открытым на фасаде, что и обеспечивает распознаваемость технологии и принадлежность объекта к исторической застройке. Поверхность стен между элементами каркаса по европейской традиции красилась в белый цвет, на фоне которого четко видны темные по цвету деревянные элементы.

Фахверковые дома получили большую популярность в Европе, в первую очередь, вследствие нехватки древесины. Второй причиной можно считать возможность скорого восстановления постройки в случае ее разрушения или повреждения в результате военных или других подобных событий.

Фахверковый стиль появился в России благодаря Петру I, отдававшему предпочтение голландским технологиям и мечтавшего о строительстве северной столицы, соответствующей европейскому уровню. Поскольку каменный Петербург строился крайне медленно в силу отсутствия материала и высокой

стоимости каменных домов, фахверковая технология виделась выходом из создавшейся ситуации и позволяла ускорить процессы строительства. Поэтому 4 апреля 1714 года был издан Указ Петра I, который предписывал «деревянного строения не строить, а строить мазанки» [23].



Рисунок 32 – Фахверковый дом: а – заполнение деревянного каркаса хаотичной каменной кладкой; б – заполнение каркаса кирпичной кладкой; с – вид фахверковой застройки исторических городов Центральной Европы (фото из свободного доступа)

Мазанками называли дома, каркас которых обмазывался глиной. Образцовый фахверковый дом построил сам царь. По проекту Доменико Трезини в технике фахверка были построены важные общественные объекты – здание канцелярии на Троицкой площади, Почтовый двор на Адмиралтейском острове, госпиталь на Выборгской стороне. Фахверковая технология лежала в основе строящегося в 1704 году форта «Кроншлот» для защиты Петербурга от шведов во время Северной войны [23]. Но со временем все мазанковые объекты в столице были заменены на каменные.

Фахверковая технология была апробирована, но дальнейшего распространения и развития не получила. Тому указывается несколько причин. Во-первых, эта технология была чужой для отечественной строительной культуры

– русское традиционное домостроение основано на срубном типе построек, что было естественно для страны, изобилующей лесом. Во-вторых, технология, пик развития которой приходился на XV век, к веку XVIII многими архитекторами воспринималась как устаревшая. И наконец, недолговечность бытования фахверковой технологии на петербургской земле не позволила выработать адекватных приемов адаптации к местному климату – стены промерзали, пропускали воду. Поэтому уже в 1714 году неизбежным оказался возврат к традиционному русскому методу строительства – деревянному домостроению, наряду с которым в соответствии с царским Указом от 20 октября 1714 года в Петербурге должны были строиться каменные здания.

3.2.2 Землебитные стены

Землебитные технологии, при которых строительным материалом служил прессованный грунт, известны с античных времен; более того, остатки самых ранних известных в этой технологии построек историки датируют периодом неолита.

В России технология землебитного строительства связана с именем талантливого архитектора конца XVIII века Н. А. Львова, автора и строителя единственного сохранившегося на территории страны землебитного сооружения – Приоратского замка в Гатчине, построенного в 1798 году.

С землебитной технологией архитектор Н. А. Львов познакомился во время поездки в Европу и приложил немало усилий для ее применения на родине, руководствуясь единственным на то время печатным изданием по глинобитным домам – книгой француза Франсуа Куантеро «Школа деревенской архитектуры, или Наставление, как строить прочные дома ... из одной только земли ...». Основными достоинствами землебитных домов архитектор видел их дешевизну вследствие применения местных материалов, прочность и высокую огнестойкость.

Со смертью Н. А. Львова в 1803 году история землебитного строительства в России завершается – закрылось училище землебитного строительства, не получила поддержки программа строительства землебитных сооружений в центральных и южных губерниях страны. Причиной было то, что земля являлась слишком непривычным строительным материалом, что вызывало сомнения в долговечности таких построек (назывался срок не более 25 лет) [24].

Как бы ни сложилась судьба землебитных технологий в XVIII веке, в настоящее время внимание к забытым технологиям и перевод их на современный уровень строительства, активизирует интерес к этой яркой странице отече-

ственного строительного искусства, запечатленной в Приоратском замке (рис. 33).



Рисунок 33 – Приоратский замок в Гатчине, 1799, арх. Н. А. Львов (<https://fotostrana.ru/public/post/233978/1394596642/>)

Приоратский замок (дворец) – двухэтажное строение с каменной башней высотой 18 м. Фундамент дворца выполнен из бута (известняк, песчаник, гранит) на известковом растворе. Стены дворца – землебитные, имеют толщину 60-80 см, при этом разница между толщиной стен у цоколя и у карниза составляет 13 см.

Землебитная смесь, используемая в рассматриваемой технологии строительства, представляла собой сочетание земли (земляной пыли), глины, песка, извести, мелких камней без включений органики. Землебитные стены возводились ручным способом посредством послойной засыпки земляной смеси в опалубку и последующего тщательного трамбования с получением плотных земляных блоков, скрепляемых известковым раствором (рис. 34). После высыхания стены покрывались штукатурным слоем.



Рисунок 34 – Из экспозиции Приоратского музея: стена с частично снятой отделкой (для демонстрации блоков), а также форма и приспособления для прессовки, сам блок (https://zen.yandex.ru/media/novgorodskiy_stroitel/tehnologii-zemlebitnogo-stroitelstva-prioratskii-dvorec-i-ne-tolko-602d18bf5f462a3bfd8752ad)

С течением времени прессованный грунт стены набирает прочность и через 20 лет становится сопоставим с прочностью бетона, превышая прочность кирпичной кладки. Такое свойство землебитных стен Приоратского замка позволило им просуществовать более 200 лет без ремонта (при реставрации обновлению подлежал только отделочный штукатурный слой).

Защита землебитных стен от разрушающих атмосферных осадков обеспечивалась свесом кровли не менее 60 см.

3.2.3 Деревянные стены

После выхода в 1714 году петровского указа о строительстве в Петербурге только кирпичных зданий его реализация затруднялась и нехваткой материалов, и отсутствием достаточного числа квалифицированных рабочих. В связи с этим широкое распространение получили бревенчатые дома, несмотря на то, что древесина горит, при высокой влажности и от частых наводнений гниет, в дополнение к этому – подвержена биоразрушению. В то же время деревянный брусчатый дом – легкий, теплый, возводится по отработанным технологиям, дерево легко обрабатывается и транспортируется. Дерево всегда было основным материалом традиционного русского зодчества. И ранний Петербург не стал исключением, несмотря на устойчивый миф о северной столице как о каменном городе.

На протяжении двух столетий с момента основания Санкт-Петербурга, большая часть жилых домов города была выполнена в дереве, что подтверждается следующими официальными статистическими данными [25]:

- первая половина XIX века – деревянные дома составляют 2/3 городской застройки (1798 год: из 6072 домов только 1834 (30%) – каменные; 1833 год: из 7976 домов каменные составляют 2730 (34%); ежегодно строилось около 30 каменных домов;

- конец XIX века (1880-е годы) – количество каменных домов впервые превышает количество деревянных по переписи 1881 года: каменных домов 11169, деревянных – 10232, смешанных – 786 (цокольный этаж – кирпичный, второй этаж – деревянный). По данным за 1893 год ежегодно строилось около 480 домов, из них каменными были 260 домов.

Смешанные дома с жилыми помещениями на втором деревянном этаже при кирпичном первом или цокольном этаже характерны были для особняков и позволяли хозяевам жить в привычных условиях экологичного деревянного строения при сохранении престижности дома за счет его каменного нижнего уровня, используемого для парадных помещений у дворян или для складских нужд, если хозяин – купец.

К концу XIX века каменные дома составляли центральную часть города, что явилось следствием запрета властей на строительство здесь деревянных домов после 1816 года. При этом в примыкающих к центру районах доля кирпичных построек убывала и составляла не более 15-17% на отдельных участках периферийной зоны города [25].

Деревянный Петербург середины XIX века можно видеть на серии акварелей художника Ф. Ф. Баганца, созданных в 1860-х годах (рис. 35-40).



Рисунок 35 – Каменные и деревянные доходные дома на перекрестке Надеждинской и Бассейной улиц (ныне – Маяковского и Некрасова). Акварель Ф. Ф. Баганца. 1860-е годы (https://vk.com/photo-52507695_456239460)



Рисунок 36 – Деревянные дома на углу Малой Итальянской и Надеждинской улиц (современные ул. Жуковского и Маяковского). Акварель Ф. Ф. Баганца. 1860-е годы (https://vk.com/album-52507695_241001387)



Рисунок 37 – Деревянные дома в Манежном переулке. Акварель Ф. Ф. Баганца. 1860-е годы (https://vk.com/photo-52507695_456239464)



Рисунок 38 – Деревянные дома на Спасской улице (ныне улица Рылеева). Акварель Ф. Ф. Баганца. 1860-е годы (https://vk.com/photo-52507695_456239463)



Рисунок 39 – Доходный деревянный дом на улице Бассейной (ныне улица Некрасова).
Акварель Ф. Ф. Баганца. 1860-е годы. (https://vk.com/photo-52507695_456239483)



Рисунок 40 – Смешанный дом: первый этаж – каменный, а второй – деревянный
на Малой Итальянской. Акварель Ф. Ф. Баганца. 1860-е годы. Фрагмент [25]

Деревянные дома в Петербурге участвовали в формировании облика города вплоть до начала XX века (рис. 41-44).



Рисунок 41 – Большая дворянская улица (сейчас улица Куйбышева). 1900-е годы [25]



Рисунок 42 – Большая дворянская улица (ныне улица Куйбышева). Предположительно начало XX века
(https://pikabu.ru/story/piter_bolshaya_dvoryanskaya_ulitsa_ranshe_i_seychas_4906663)



Рисунок 43 – Большой проспект В. О. при наводнении 1903 года
(<https://vseznaesh.ru/30-potryasayushhih-fotografij-dorevolyutsionnogo-sankt-peterburga>)

Таким образом, к концу XIX века Петербург был наполовину деревянным, но имел облик вполне столичного города, что обеспечивалось традиционным оштукатуриванием деревянных домов (от 30 до 73% деревянных домов по разным районам города были оштукатурены). Штукатурный слой обеспечивал сохранность древесины во влажном климате и повышал статус строения, делая его почти неотличимым от каменного. Выступающие на фасадах концы бревен обшивались доской и штукатурились – так появлялись пилястры. Другие детали – карнизы, капители колонн входных портиков – тоже покрывались штукатурной декорацией и поддерживали образ каменного сооружения.

Лучшим для деревянного строительства считался кондóвый сосновый лес. Кондóвой называлась сосна, росшая на севере, на возвышенностях, в условиях сухой земли, что придавало ей особые свойства – древесина не гнила, и постройки из кондóвого леса стояли 150-200 лет [25].

Лес для строительных нужд заготавливали зимой. Ошкуренные бревна складировались на берегах рек, а весной на баржах перевозились к месту стро-

ительства. Возведение деревянных домов начиналось весной и ранним летом, пока древесина была смолистой.

Деревянные дома в столице строились из уложенных в сплошную стену бревен с толщиной стены не менее 20 см. При этом бревна могли устанавливаться как горизонтально, так и вертикально. Защита дерева от влаги обеспечивалась следующими мерами:

- дерево перед обработкой и использованием сушили не менее одного года (после строительства Новой Голландии – на складах по специально разработанной для этого технологии);

- для защиты от влаги дерево покрывали дегтем, лаком, краской, смолой, олифой;

- дерево, используемое для работы в земле, обугливалось.

Длина используемых для стен бревен составляла 2-5 сажень (4-11 м), чаще всего бревна имели длину 3-4 сажени (6-9 м). Диаметр бревен составлял более 6 вершков (27 см) и доходил до 12 вершков (54 см).

Для балок перекрытий использовались бревна длиной 3-5 сажень (6-11 м) и диаметром 7-10 вершков (28-45 см).

Стропила изготавливались из бревен 3-7 сажень (6-15 м) и диаметром 5-7 вершков (22-32 см).

Из бревен изготавливался для нужд строительства брус длиной в 3-4 сажени (6-9 м) и доска.

Столичные деревянные дома ставились на фундамент и использовали традиционные приемы русской деревянной постройки [25]. Нижние три-пять венцов стены с двух сторон засыпались землей или глиной, обшивались жердыми, горбылем или другим деревом, оставшимся после разборки старых лодок или плотов (барочный лес) – таким образом получались утепляющие и защищающие от влаги завалинки. В обшивке завалинок оставляли сквозные продухи для проветривания подполья, которое располагалось или под всем зданием, или только под его передней частью; продухи закрывали на зиму и снова открывали на теплый период.

Перекрытие выше подполья устраивалось врубкой в венец трех балок – сосновых обтёсанных бревен диаметром около 40 см, по которым укладывался в поперечном балкам направлении, от входа к окнам, черновой пол из горбыля (колотые бревна). Горбыль сверху засыпался сухими опилками с золой или просто строительным мусором, а выше настилался чистый пол из досок.

Высота жилых помещений в деревянном доме составляла 2.2-2.5 м. На уровне аршина от пола (ок. 70 см) на уровне 6-8 венца в стенах выпиливались

проемы высотой в 3-4 диаметра бревна. Через 3-4 венца выше окон укладывались матицы параллельно балкам нижнего перекрытия. По матицам настился потолок. Пазы настила заливались глиной, потом устраивалась засыпка из земли, взятой с кострищ; такая земля была легкой и не имела органических включений, способствующих процессам гниения.

Крыши были двускатными, стропильными. По стропилам в два слоя укладывался тес, между слоями теса укладывалась береста с целью устранения возможной течи. В уровне свеса крыши тес упирался в водосток, а в верхнем уровне закрывался досками или согнутой полосой кровельного железа.

Спустя некоторое время, когда осадка бревенчатой стены стабилизировалась, стыки между бревнами конопатили паклей.

До настоящего времени доходных жилых домов в деревянном исполнении в Санкт-Петербурге не сохранилось. Сохранились в малом количестве деревянные особняки, усадьбы, церкви. Примеры таких сохранившихся объектов представлены на **рис. 44-46**.



Рисунок 44 – Дача Головина, Выборгская набережная, 63. 1823-1824. Арх. Л. И. Шарлемань (https://www.fiesta.ru/uploads/slider_image/image/44578/v880_photo_48-49422.jpg)



Рисунок 45 – Особняк Греффа / особняк Добберт, Большая Пушкарская улица, 14. 1896 (первоначальная постройка – середина XIX века). Арх. А. Я. Рейнберг (http://m.kuda.spb.ru/photo3/osobnyak_greffa3.jpg)



Рисунок 46 – Особняк купца Бертинга, улица Болотная, 13. 1902-1913 (к 1913 году перестроен). Архитектор неизвестен (<http://rasfokus.ru/images/photos/medium/70eb094ac39f77c7f063778257fc1f40.jpg>)

Примером ранних деревянных построек Петербурга считается Домик Петра I, использовавшийся царем как летнее жилище в 1703-1708 годы (рис. 47).



https://www.visit-petersburg.ru/media/uploads/event/334/334_cover.jpg.1050x700_q95_crop_upscale.jpg



https://avatars.mds.yandex.net/get-zen_doc/1720666/pub_5fe9267ce5cdb6a9624d2c4_5fe92745dba1eb4af84ed244/scale_1200

Рисунок 47 – Домик Петра I. 1703 год. Санкт-Петербург, Петровская набережная, 6

Домик Петра I построен в традициях русской избы: из сосновых бревен, с разделением постройки сенями на две части и с дверьми, оформленными металлическими накладками. Другие особенности постройки связаны с увлеченностью царя голландской архитектурой: бревна стесаны и были расписаны под красный кирпич; крыша покрыта гонтом под черепицу; окна большие и с мелкой расстекловкой. С целью сохранения постройки в 1731 году она была обнесена каменной галереей, что оказалось малоэффективным, поэтому в 1784 году домик был закрыт каменным чехлом на прочном фундаменте с крышей, покрытой кровельным железом. В 1884 году все защитные формы были разобраны и заменены новыми по проекту архитектора Р. И. Кузьмина – шестнадцать столбов, соединенных остекленными арочными проемами.

3.2.4 Кирпичные стены

Стены петербургских домов выкладывались или из обожженного кирпича, или реже – из пиленого камня. Наружная обделка в большинстве случаев представлена штукатуркой (известковый раствор со специальными добавками), что обеспечивало защитные функции и было экономически оправдано при отсутствии дешевого натурального камня.

В оштукатуривании фасадов столичные строители прошлого достигли высокого уровня: в штукатурке выводились рустовка, лепнина с растительными и другими орнаментами, другие сложные формы. В XVIII веке такие детали как карнизы, поэтажные тяги при их исполнении в кирпиче или дереве всегда получали штукатурную отделку. В конструкции балконов использовались легкие металлические элементы. После пожара Зимнего дворца в 1837 году по императорскому указу карнизы и балконы стали выполнять с использованием негорючих материалов; на фасадах появились детали из гранита, ажурного кованого чугуна без штукатурного покрытия [17]. В середине XIX века происходит возврат к штукатурному оформлению карнизов и балконов. При этом карнизы выполнялись кирпичными или с применением лещадной плиты, консольные и опорные элементы балконов – из металлического профиля.

С 1730-х годов сформировался особый петербургский тип окон и оконных заполнений домов – створчатый тип оконных рам с достаточно сложным профилем оконных обрамлений.

Большая часть сохранившейся исторической жилой застройки Санкт-Петербурга выполнена в кирпиче с толщиной стен в 4-6 кирпичей; по высоте

толщина стен убывает в направлении снизу вверх. Действительно каменным Петербург стал в результате активной строительной деятельности на рубеже XIX-XX веков, а начало строительства города было сопряжено с острым дефицитом кирпича, камня и строительных мастеров по возведению каменных строений. Именно поэтому упоминавшийся выше Указ Петра в 1714 году о строительстве каменных домов только в столице имел целью привлечь в город мастеров и развить собственную базу для кирпичного и каменного строительства. Вблизи города начинают активно строиться кирпичные заводы (казенные, которых поначалу было больше, и частные). Материал привозился и из других городов. Если в 1710 году в стране производилось около 1 млн. штук кирпича в год, то в 1718 году – ок. 10-15 млн. штук, и было налажено производство каменной черепицы [26]. К концу XVIII века на заводах Петербурга изготавливалось около 5 млн. штук кирпича в год, а в 1903 году – уже до 200 млн. штук в год. Столичные заводы располагались воль рек – Невы, Тосны, Ижоры. Наиболее ценилась при изготовлении кирпича красная ижорская глина [25].

Размеры и качество кирпича. Качество кирпича в петербургских постройках до конца XVIII века было не высоким, что компенсировалось высоким качеством раствора [16]. По мере развития строительного производства размеры кирпича постепенно приближались к современным [27]:

- в первой половине XVIII века использовался кирпич разнообразных размеров: 24-26.5 (до 28) x 11-13 x 4.5-6.5 см. Использовался также маломерный кирпич 24 x 12 x 5 см и, возможно, кирпич с размерами, установленными Указом Петра I – 28 x 14 x 7 см;

- конец XVIII – начало XIX веков является периодом габаритной нестабильности кирпича. Размеры кирпича составляют 25-28 x 11-13 x 6-8 см;

- середина XIX – начало XX века – положением 1840 года установлен единый размер кирпича по всей империи (26.5x13.3x6.7 см). Особые размеры имел белый силикатный кирпич, привозимый из Англии, Финляндии, Голландии – 23x11x6 см;

- 1927 год – установлены современные размеры кирпича, равные 250x120x65 мм.

В начале XVIII века размеры кирпича определялись производителем, но уже тогда для кирпича, производимого на казенных заводах, как указано выше, был установлен стандарт размеров – 280×140×70 мм. Но поскольку этот размер устанавливался для кирпича-сырца, после обжига кирпич все равно получался в силу различной усадки разных размеров [28]. Стандарт на размеры кирпича,

принятый в 1840 году, тоже обеспечивался не в полной мере в связи с различиями в технологии обжига. По приведенным данным можно видеть, что кирпич разного периода времени, несмотря на разные его размеры, сохранял общую пропорцию по постельной грани: размер длины кирпича вдвое превышал его ширину, и это определяло возможность регулярной перевязки швов в кладке с обеспечением ее высокой прочности. Кладка стен велась на известковом растворе с толщиной швов 7-8 мм. При стандартных размерах вес кирпича составлял 4.0-4.5 кг.

В реставрационных работах важны также визуальные характеристики кирпича. Кирпич XVIII – начала XIX веков имел деформированные грани, скругленные ребра и обтекаемые углы. В XIX веке требования к качеству материала повышаются и грани кирпича становятся более ровными и аккуратно подрезанными [27]. В конце XIX века, когда этажность доходных домов стала увеличиваться, проверка прочностных характеристик кирпича снова потребовала повышения его качества. В это же время с целью экономии фасады доходных домов перестали штукатурить, что потребовало выпуска кирпича с особыми характеристиками внешнего вида. Переход на металлические формы, смазанные маслом, обеспечил кирпичу строгую геометрию и четкое ребро. Покрытие внешней стороны кирпича глазурью или ангобой (слой глины желаемого цвета) обеспечивал кладке дополнительные эстетические качества, а выпуск лекального кирпича оживлял пластику фасадов [25].

Технология изготовления кирпича. Процесс изготовления кирпича включал этап подготовки сырья, закладку сырья в формы и обжиг. Глину для изготовления кирпича осенью раскладывали в гряды для выветривания. После замораживания глина разрыхлялась, а весной, при таянии, из глины вымывались органические и солевые примеси, оставляя материал высококачественным – однородным и пластичным. После выветривания в глину добавляли до 1/4 части песка и вымешивали до однородной массы, иногда с использованием конной глиномялки, но чаще – ногами. Формы для кирпича сначала были деревянными, в конце XIX века их стали изнутри оббивать железом с клеймом производителя на днище. Форма изнутри обсыпалась песком, чтобы глина не прилипла и кирпич имел шероховатую поверхность для лучшего сцепления с раствором. Глина в формах уплотнялась, в таком состоянии кирпич-сырец выдерживали для подсушки в течение 2-4 дней, после чего он подвергался обжигу. Попытки увеличить производительность заводов за счет замены ручного труда кирпичедельными машинами европейского производства не дало положи-

тельных результатов, поскольку не было обученных мастеров машинного производства, и машины часто ломались. Обжиг кирпича производили в печах, продолжительность обжига составляла от 7 до 10 и даже до 17 дней в зависимости от погоды, влажности и плотности кирпича-сырца. После обжига кирпич остывал в течение недели и затем производилась оценка его качества [25].

Качество кирпича исторических построек оценивалось по цвету, ударопрочности и чистому звуку при ударе кирпича о кирпич. Продукция кирпичных заводов делилась на три сорта [25]:

- «красный кирпич» – однородный, без пустот и раковин, отличался лиловым оттенком и «металлическим звоном» – высший (первый) сорт кирпича;
- «алый кирпич» – желто-красного цвета, недожженный, боялся сырости, использовался при внутренних работах, для кладки печей и труб – второй сорт кирпича;
- «кирпич-железняк» – за счет избытка окиси железа вследствие пережога имел темный цвет, был твердым, плохо обрабатывался и скреплялся раствором, но имел повышенную водостойкость и использовался в кладке фундаментов и стен подвалов – третий сорт кирпича.

Толщина стен. По статической работе все стены зданий подразделялись на два вида:

- подверженные сжатию или сжатию с изгибом – несущие стены;
- свободные от внешней нагрузки – самонесущие стены.

С начала XIX и до XX века толщина кирпичных стен определялась по эмпирической методике французского инженера Жана-Батиста Ронделе [4]:

- толщина стен двух верхних этажей определяется теплотехническим расчетом;
- стены каждых двух нижерасположенных этажей утолщаются на полкирпича уступами, обращенными внутрь, что делало стену устойчивее и обеспечивало экономию расхода материалов;
- стены лестниц были одной толщины на всю высоту дома и выполняли функции элементов жесткости.

Толщина стен, воспринимающих горизонтальные распорные нагрузки, определялась по формуле Ронделе для домов однопролетной схемы (дворовые корпуса домовладений) [29, 30]:

$$E = (2L + H) / 48,$$

где L – расстояние между двумя продольными несущими стенами;

H – высота строения от цоколя до карниза.

Для домов, возводимых по двухпролетной схеме (лицевые корпуса) первым слагаемым в приведенной выше формуле была суммарная величина двух пролетов между несущими стенами.

Таким образом, толщина стен, как указывалось выше, составляла в среднем 4-6 кирпичей и определялась расчетом по прочности и теплопроводности. С ростом этажности толщина стен уменьшалась ступенями в полкирпича и могла составлять внизу 900-1300 мм (3.5-5 кирпичей). Если перекрытия первого этажа выполнялись в виде кирпичных сводов, толщина стен, воспринимающих распор, составляла 6-7 кирпичей, или 1500-1800 мм; при необходимости с внешней стороны таких стен делали контрфорсные утолщения [31].

С развитием доходного домостроения сводчатые надподвальные перекрытия сменились на плоские балочные, первые этажи домов стали вмещать торговую функцию. Это привело к уменьшению толщины стен жилых домов до 2.5 кирпичей, что определялось в основном теплотехническими характеристиками, но учитывало также общее архитектурное решение, включая высоту этажей. Облегчение стен за счет их меньшей толщины обеспечило возможность повышения этажности зданий, а традиционное оштукатуривание фасадов позволяло многократную их реставрацию и обновление облика домов.

В таблице 5 приведены данные о толщине стен петербургских построек к концу XIX века в зависимости от высоты помещений.

Таблица 5 – Толщина стен петербургских жилых домов к концу XIX века

Назначение помещений	Высота помещений		Толщина стен, не менее	
	в футах	в метрах	в кирпичах	в метрах
Минимальная высота комнат	9	2.74	2.5	0.66
Жилые помещения	9-12	2.72-3.65	3.5	0.93
Парадные помещения	13-18	3.96-5.48	4	1.06
Подвальные, служебные помещения	6-8	1.82-2.43	-	-

Техника кладки. Сохранившиеся петербургские жилые постройки выполнены в технике полнотелой кирпичной кладки, особенность которой определялась на разных временных этапах строительства принятой перевязкой швов (рис. 48), определяемой, помимо прочего, и размерами самого кирпича.

Начальный период строительства (начало XVIII века) характеризовался так называемой «дикой», или хаотичной, кладкой, которая была единственно возможной при широком разбросе размеров кирпича и его малой толщины. При таком способе кладки, напоминавшей кладку из плинфы, порядок чередования длинных и коротких сторон камня не соблюдается.

В первой четверти XVIII века получает распространение голландская кладка, при которой один ряд кирпича выходил на фасадную поверхность только тычковой стороной, а в следующем ряду чередовались ложок и тычок. Такая кладка была характерна для голландской архитектуры и использовала голландский маломерный кирпич. Технология голландской кладки широко использовалась в XVII-XVIII в северных европейских странах, а в Санкт-Петербурге с ней связана архитектура «петровского барокко». В технике голландской кладки выполнялись или только облицовочные слои, или вся стена толщиной в один-два кирпича.

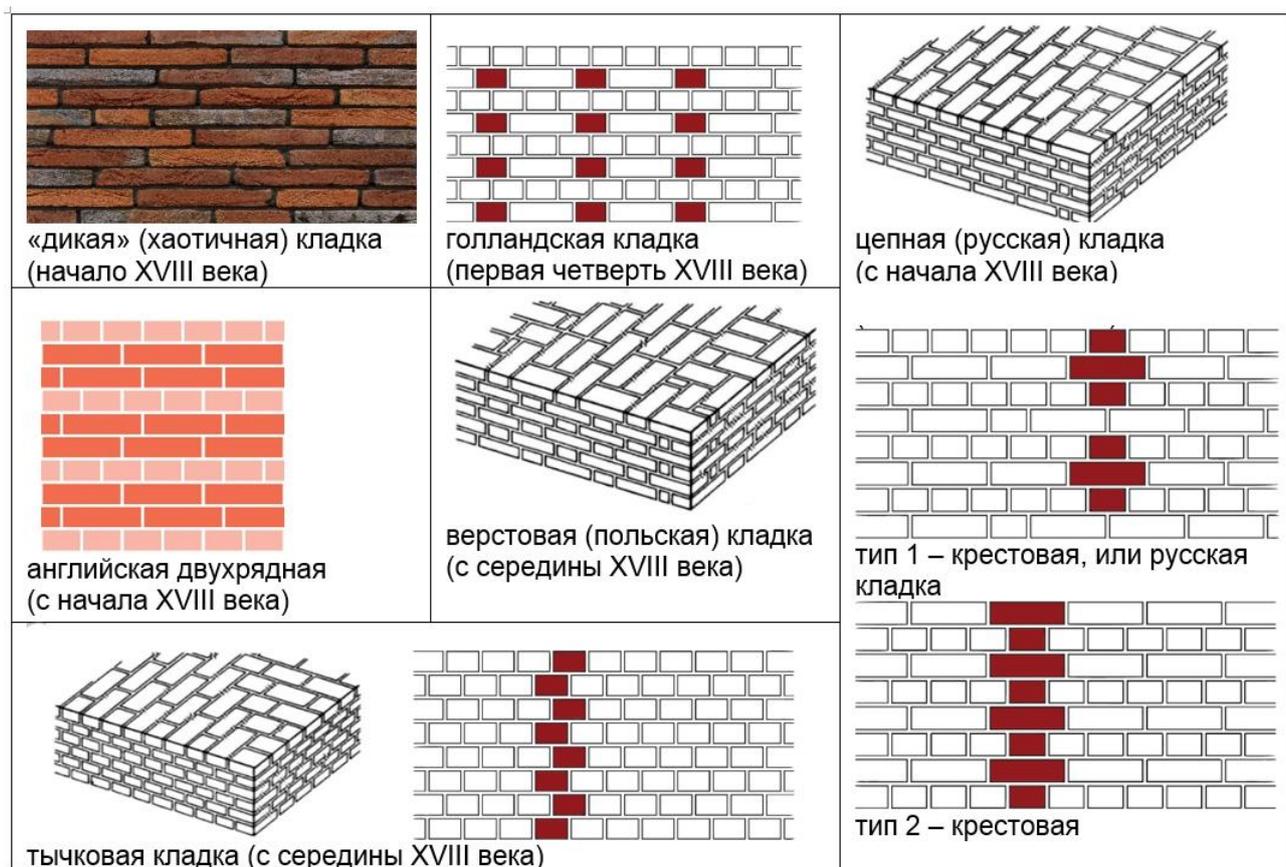


Рисунок 48 – Виды перевязки швов в кирпичной кладке стен и периоды использования

Цепная (русская) кладка выполняется чередованием ложкового и тычкового рядов. Различают два типа такой кладки: тип 1 – в каждом втором ложковом ряду шов сдвигается на полкирпича; тип 2 – швы ложковых и тычковых рядов повторяются по высоте кладки без изменений. Этот вид кладки применялся с начала XVIII века, и вне Санкт-Петербурга в XVIII веке не встречается [16]. В XIX веке цепная кладка получает повсеместное распространение.

Английская двухрядная кладка отличается высокой прочностью на действие горизонтальных нагрузок, применялась с начала XVIII века для кладки печей и труб. Название кладке дали два ложковых ряда кирпича, сдвинутых

друг относительно друга на четверть камня. Через последующий тычковый ряд кирпичей два ложковых ряда повторяются, но с обратной сдвижкой камня. Благодаря высокой прочности английской кладки, она лежит в основе современных видов многорядных кладок, при которых количество ложковых рядов может быть от трех до шести.

Польская (верстовая) кладка использовалась с середины XVIII века и была преобладающей на территории всей страны [16]. Такая популярность кладки была исторически обусловлена – это древнейший вид кладки, не требующий кирпича точных размеров. Чередование ложков и тычков в каждой версте (в каждом ряду) наряду с утолщенными вертикальными швами в любом случае обеспечивало перевязку вертикальных швов кладки. Способ заимствован от кладки из природных камней и до настоящего времени сохранился в бутовой кладке.

При тычковой кладке кирпич укладывается короткой (тычковой) гранью наружу и сдвигается в каждом последующем ряду наполовину. Способ кладки обеспечивает декоративный рисунок поверхности и дает возможность создавать нелинейные архитектурные формы. Тычковая кладка широко применялась с середины XVIII века в Москве, но встречается и в Петербурге.

Как уже отмечалось выше, кирпич, изготавливаемый для петербургских построек в XVIII и первой половине XIX века, не отличался своими декоративными качествами и хорошей атмосферостойкостью – на открытом воздухе легко выветривался. По этой причине кирпичные стены, как правило, штукатурились известковым раствором или, позднее, облицовывались особым кирпичом или камнем.

Кладка стен под штукатурку осуществлялась в пустошовку, т.е. швы кладки оставляют без раствора на глубину 6-25 мм. Пустой шов получался или в результате удаления незастывшего раствора – поскребка, или посредством закладки на глубину пустого шва реек, которые удалялись после твердения раствора, или просто путем неполного заполнения шва раствором в процессе кладки. Толщина штукатурного слоя стены составляла 2-3 см.

При устройстве штукатурных наличников оконных и дверных проемов из стены в каждом втором ряду кладки выпускались тычковые камни, что способствовало лучшему закреплению штукатурного декора на поверхности. Для ускорения твердения и его равномерного высыхания при переменной толщине в состав раствора добавляли алебастр (строительный гипс). Малые карнизы, пояски и другие декоративные детали на фасаде так же устраивались выпуском тесаного кирпича.

При использовании облицовочного кирпича швы выполнялись с расшивкой, т.е. пустая часть шва после кладки стены заполнялась раствором. При этом раствор имел косой подрез и не выступал за плоскость фасада, или был вровень с фасадной поверхностью, или имел выступающий полукруглый профиль.

Перед расшивкой швов поверхность стены покрывалась тонким слоем глины, который впоследствии смывался. Это защищало фасад от известковых следов расшивки, которые можно было удалить только слабым раствором соляной кислоты [32]. После мытья стены натирались керосином или другими жирными веществами, что делало поверхность водоотталкивающей и предохраняло от затеков.

Иногда облицовку устраивали после основной кладки стены: облицовочный кирпич перевязывался с основной кладкой посредством устройства в последней штраб. При таком варианте связь основных и отделочных слоев и прочность облицовочной кладки была существенно ниже.

Камень в петербургских постройках появился с 1730-х годов – слоистая «путиловская» плита толщиной около 13-18 см, использовалась для кладки цоколей; мягкие известняки Пудостского, Гатчинского и других месторождений, использовались для значимых общественных зданий (например, фасады Казанского собора) [16]. Гранит, мрамор и другие породы твердого камня применялись значительно реже и в рядовой жилой застройке практически не встречаются. Наиболее широко в жилых постройках Петербурга представлен путиловский камень, или путиловский известняк, который выполнял разнообразные изолирующие и декоративные функции:

- гидроизолирующий материал – плиты в основании подвалов, прекрывающие фундаменты;
- кладочный и гидроизолирующий материал на границе фундамент – кирпичная кладка стен;
- облицовка цокольных частей кладки для предохранения от влаги и с целью декорирования кладки;
- конструктивный материал в составе кирпичной кладки – подкарнизные плиты, элементы усиления кладки, балочные перекрытия проемов и др.;
- материал для декоративного оформления фасадов зданий (консоли, декор, вставки в кладку облицовочных слоев);
- конструктивно-декоративный материал для лестничных маршей, площадок, коридоров и вестибюлей, крылец, парапетов, воротных пилонов и т.д.

Каменная облицовка стен выполнялась по принципу квадратной или кордонной кладки. В первом случае использовались тесаные постелистые камни,

перевязываемые с основной кладкой стены; во втором случае тонкая облицовочная плитка закреплялась на поверхности стены посредством цементного раствора или привязывалась проволокой с ее анкерной в кладку стены [32].

Детали кирпичных стен

Оконные и дверные проемы в домах Петербурга выполнялись в кирпиче или в камне и имели арочную форму, и только в начале XX века взамен кладочной арочной перемычки стали использоваться линейные элементы – железобетонные перемычки. Формы арочных проемов были обусловлены кладочным способом их устройства, высокой несущей способностью арочной перемычки с передачей распорных усилий на толщу кладки стены за счет верного расположения кирпича или камня в перемычке. Визуальное разнообразие арочных проемов определялось декоративным оформлением, размерами самого проема и высотой арочной перемычки (рис. 49).

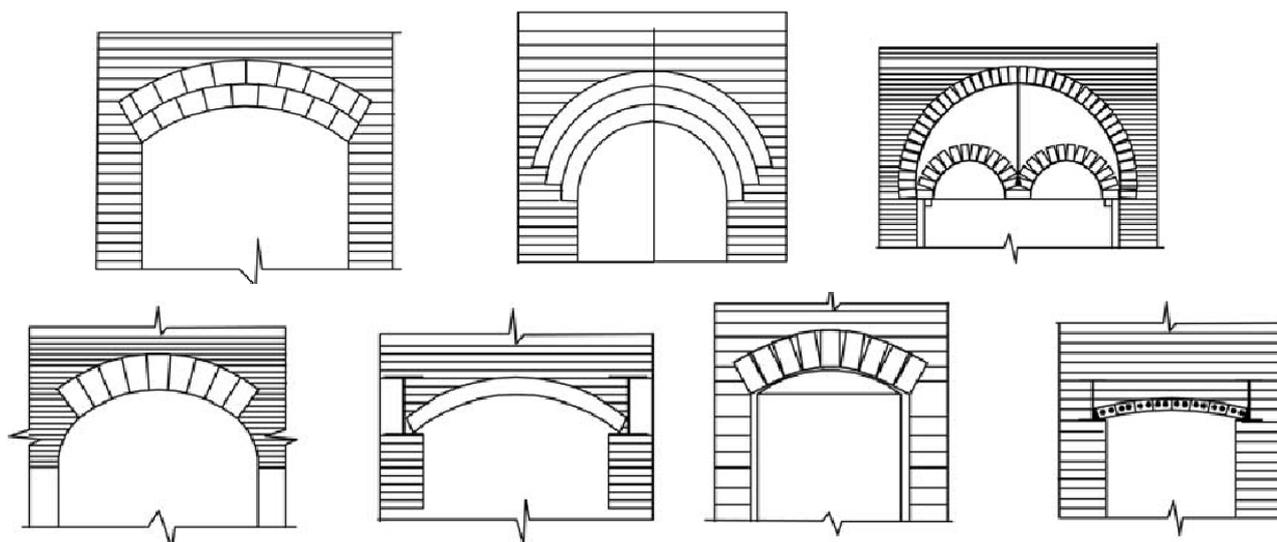


Рисунок 49 – Форма арочных проемов в кирпичной кладке стен [4]

По материалу и кривизне все варианты перемычек могут быть сведены к трем арочным типам (клинчатые, арочные, лучковые) и одному прямолинейному в железобетонном исполнении (рис. 50).

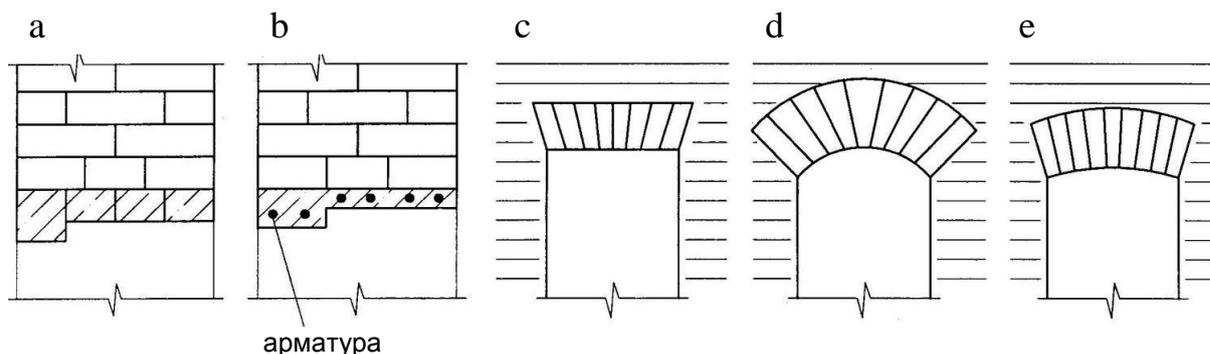


Рисунок 50 – Виды перемычек в кирпичной кладке стен: а – железобетонная из сборных элементов; б – рядовая армированная; с – клинчатая; d – арочная; е – лучковая (https://perekos.net/default/fast_download/page_images.image_big.8d1170d92e0e1102.32312e6a7067.jpg)

Железобетонные перемычки в сборном и монолитном исполнении в состоянии перекрывать проемы от 0.6 до 5.4 м, организуемые как в несущих, так и в самонесущих стенах с заделкой концов перемычки в стены на 120 и 250-300 мм соответственно для самонесущих и несущих стен.

Рядовые кирпичные перемычки представляют собой растворный шов толщиной 20-30 мм, в котором утоплены арматурные стержни, заводимые и анкеруемые в толщу кладки. Собственно перемычка представляет собой 4-6 рядов кладки над армированным слоем.

Кирпичные перемычки арочного типа, которые встречаются в исторических постройках – прямолинейные клинчатые, криволинейные лучковые, арочные (циркульные) и коробовые (трехцентровые) – представлены на **рис. 51**.

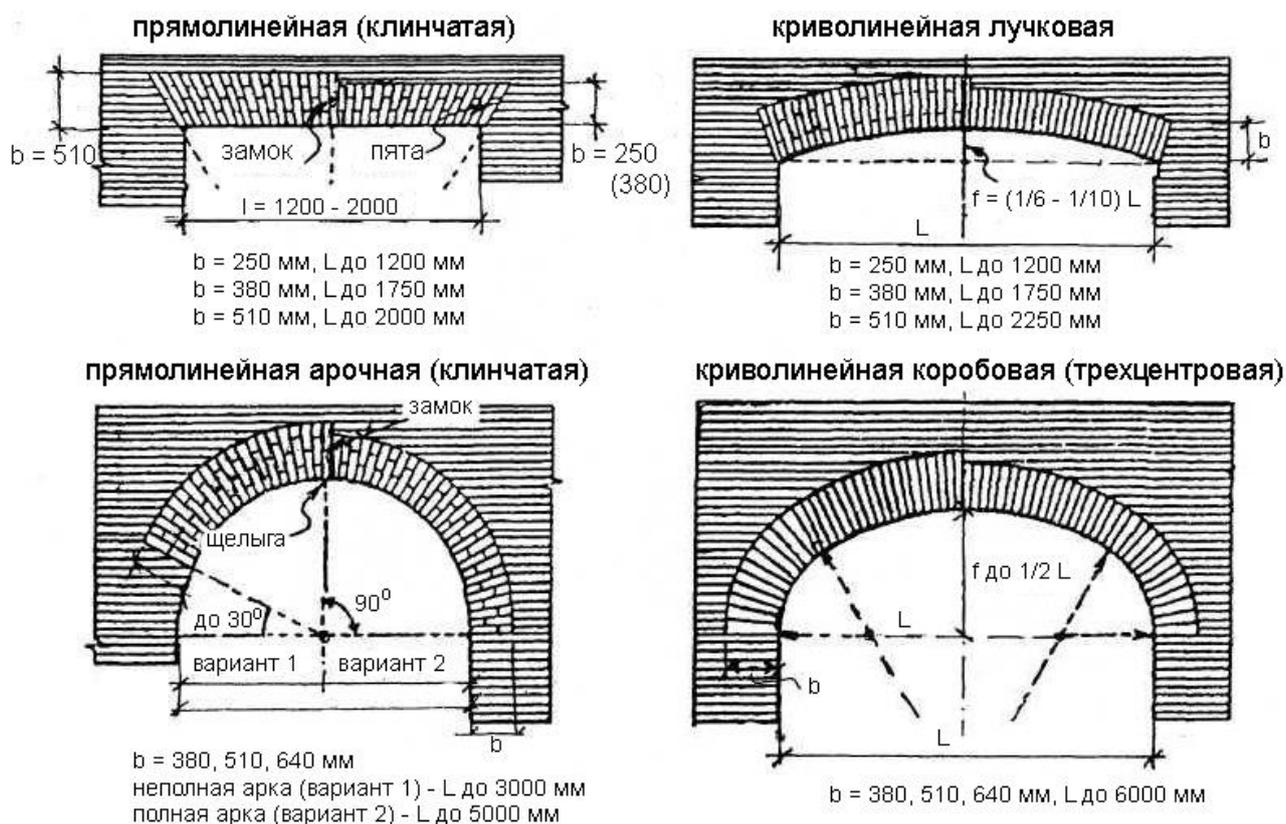


Рисунок 51 – Параметры арочных перемычек (ориентированы на современную толщину стен) (https://studfile.net/html/2706/212/html_vyKPyqIoxw.56Gv/img-saixaf.jpg)

Арочная форма проема выкладывалась чаще всего из кирпича на известковом растворе. Высота кирпичной арочной перемычки определялась шириной перекрываемого проема:

- при ширине проема до 1.5 м высота перемычки составляла 1 кирпич;
- при ширине проема 1.5-3.0 м – 1-1.5 кирпича;
- при ширине 3.0-4.5 м – 2 кирпича;
- при ширине 4.5-6.5 м – 2.5 кирпича.

Клинчатые перемычки пролетом до 2.0 м выполнялись с малым подъемом, скрытым под штукатуркой и визуально воспринимались как прямолинейные.

Лучковые перемычки обладали большей несущей способностью и выполнялись с подъемом не более четверти ширины проема, максимальный размер которого достигал 2.25 м. Радиус кривизны лучковой перемычки значительно больше, чем половина расстояния между опорами.

Арочные и более сложные по очертанию коробовые (трехцентровые) перемычки позволяли перекрывать пролеты соответственно до 5.0 и 6.0 м.

Клинчатые и лучковые перемычки в силу пологой формы могли перекрывать только относительно малые по величине пролеты. При необходимости увеличения пролета устраивались разгрузочные арки (рис. 52).

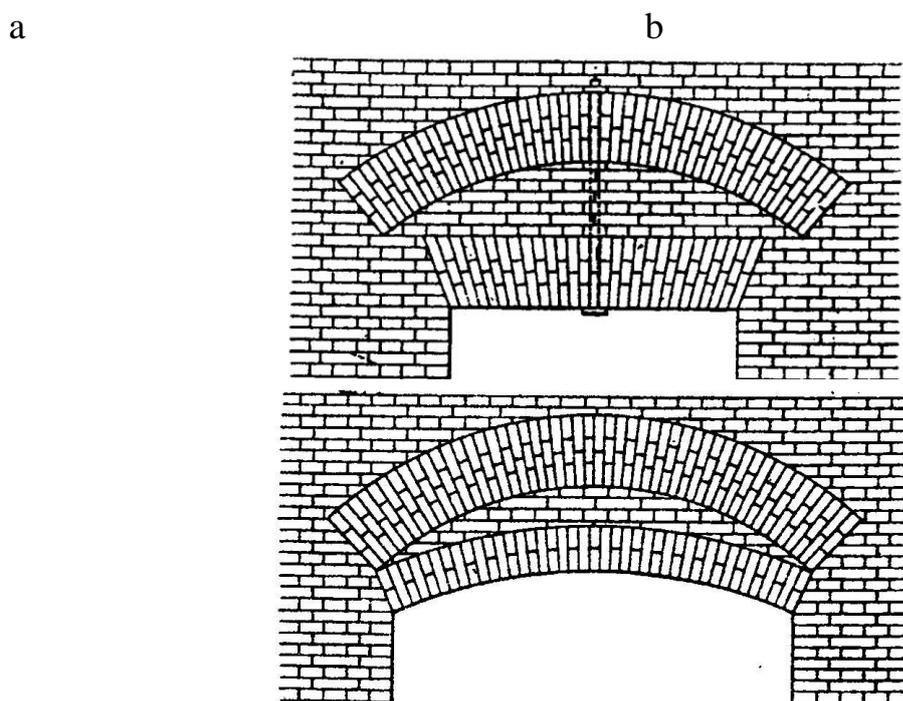


Рисунок 52 – Разгрузочные арки при клинчатых (а) и лучковых (б) перемычках (https://vossta.ru/vosstanovlenie-stroitelestvo-i/8989.html_m73346392.jpg)

Для клинчатых перемычек с целью исключения возможного прогиба при большой нагрузке дополнительной мерой повышения несущей способности могла быть центральная подвеска, которая обеспечивала перераспределение нагрузки с перемычки на разгрузочную арку. Введение подвески могло быть

приемом, реализуемым как в стадии возведения с целью сохранить прямоугольную форму проема большой ширины, так и в процессе реконструкции строения для устранения провисания перемычек или предотвращения такой возможности при замене перекрытий на более тяжелые.

Составные части арочных перемычек представлены на **рис. 53**.

В кирпичных арках различают два типа швов: сопрягающие (радиально направленные) и нормальные, перпендикулярные сопрягающим (**рис. 54**). Клиновидный камень (кирпич) или клиновидные швы в кладке арочной перемычки обеспечивали кривизну кладки, наклонную площадку опирания и, следовательно, все преимущества формы в плане несущей способности.

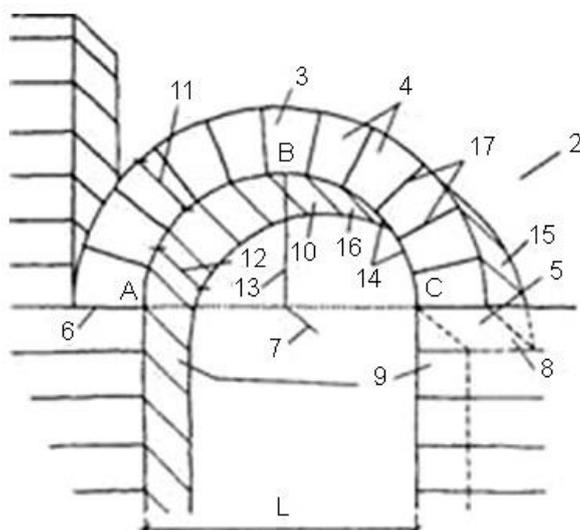


Рисунок 53 – Составные части арочной перемычки: 1 – пролет; 2 – плечо; 3 – замок, ключ, замковый камень; 4 – клинья, арочные клинья; 5 – начало арки; 6 – начальная линия, начальный шов; 7 – ось арки; 8 – пята; 9 – опоры, устои; 10 – щельга, верхняя линия; 11 – ширина арки; 12 – толщина арки; 13 – высота, вынос, стрела, подъем; 14 – кривая направляющая арки, кривая образующая; 15 – наружная поверхность арки; 16 – внутренняя поверхность арки; 17 – сопрягающие линии, сопрягающие швы

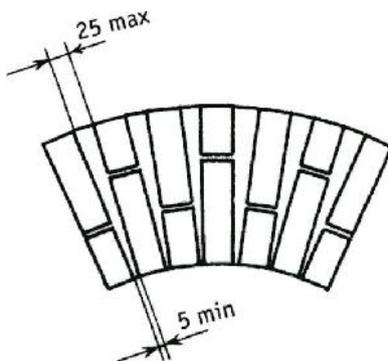


Рисунок 54 – Сопрягающие (радиальные) и нормальные швы арочной перемычки
https://studfile.net/html/2706/1143/html_bSTcOMXJwm.tbuz/htmlconvd-V3V1xl_html_966ac238a06047d.png

Арочные проемы выкладывались, как и сами стены сначала на известковом растворе с добавлением цемента в качестве гидравлического вяжущего или без нее. В XIX веке для кирпичных перемычек известковый раствор заменяется цементным раствором состава 1:2 или 1:3, для менее ответственных проемов малой ширины мог использоваться цементно-известково-песчаный раствор состава 1:1:6.

Кладка арочных перемычек подчинялась правилам, зафиксированным в строительных нормах того времени:

- все сопрягающие швы направлены строго перпендикулярно нижней (внутренней) поверхности арки;
- все сопрягающие швы должны быть сквозными;
- все нормальные швы в двух смежных рядах должны быть сдвинуты минимум на четверть кирпича;
- перемычка составляется нечетным количеством камней, вершина формируется замковым камнем;
- кладка выполняется из клиновидных кирпичей или с клиновидными швами толщиной 0.5-2.0 см;
- если радиус кривизны арки мал и швы превосходят указанные пределы, то арку следует выводить из концентрических колец без сквозных сопрягающих швов.

Кирпичные арочные перемычки и разгрузочные арки над оконными проемами применялись до второй половины XIX века, позднее для устройства перемычек стали использовать железо и стальной прокат. В середине XIX века с использованием металла и стекла выполнялось заполнение оконных проемов узких пассажей и витрин магазинов. В конце XIX века оконные проемы за счет совершенствования строительных технологий становятся больших размеров, получают беспереpletное заполнение стеклом больших размеров, что визуально облегчало строение [4].

Цоколи кирпичных стен. Цоколь выполняет как эстетические функции (обеспечивает визуальную устойчивость сооружению, поэтому должен быть более темного цвета, чем стены), так и конструктивные (защищает сооружение от атмосферных воздействий и передача нагрузки от здания фундаменту). По эстетическим соображениям высота цоколя исторических жилых построек должна была составлять 1/10-1/20 высоты здания. По конструктивным соображениям цоколь должен быть выполнен из камня большей прочности, чем остальная часть стены и иметь атмосферостойкую облицовку. Высота цоколя с

учетом климатических условий, наличия подвала, толщины подвального перекрытия, активности рельефа принималась не менее одного аршина (71 см) и обычно составляла 1.2-1.5 м [32]. Для дворовых фасадов допускалась высота цоколя в поларшина (ок. 35 см).

По форме цоколи каменных стен можно разделить на три вида [4]:

- выступающие за плоскость стены (этот вариант преобладал);
- располагающиеся в одной плоскости со стеной;
- западающие относительно плоскости стены.

В Санкт-Петербурге был распространен выступающий цоколь, так как он конструктивно согласован с наличием теплого подполья или подвала – толщина цокольной части стены превосходит толщину стен выше цоколя. Считалось правильным, чтобы верхняя грань цоколя выступала наружу относительно стены и была по профилю скошенной для удобного стока воды.

Два других обозначенных выше варианта цоколя применялись для дворовых флигелей или других менее значимых построек.

При устройстве полов первого этажа по деревянным балкам в цоколе на уровне перекрытия устраивались продухи (как минимум по два с противоположных сторон для каждой части объема, ограниченной стенами). Зимой продухи закрывали, исключая поступление холодного воздуха в конструкцию перекрытия. При устройстве негорючего перекрытия продухи отсутствовали.

По конструктивному решению цоколь разделялся на следующие виды:

- закладной цоколь – с наружным слоем в виде горизонтальных рядов камня – квадратная кладка цоколя; применялся с XVIII века;
- прислонный цоколь – с наружным облицовочным слоем в виде вертикальных плит – кордонная кладка цоколя; применялся с начала XIX века;
- штукатурный цоколь – с покрытием кирпичной кладки (кирпич-железняк и полужелезняк) цоколя штукатурным слоем из гидравлического раствора и последующей покраской; применялся в основном для дворовых фасадов.

Квадратная кладка закладного цоколя (рис. 55) для рядовой жилой застройки выполнялась с применением природных камней малого размера, имеющих постелистую форму и называемых плитой.

Камни облицовочной квадратной кладки (закладной цоколь) выполнялись из известняка, гранита, базальта, песчаника; для жилых зданий чаще всего использовался экономичный вариант цоколя из известнякового камня. Плиты через несколько рядов перевязывались с более мелкими камнями бутовой или кирпичной кладки тела цоколя (рис. 55а).

Квадровые камни обтесывались с пяти или с шести сторон (рис. 55d). Чем меньше был камень облицовки, тем ближе он был по размеру к кирпичу и требовал растворного крепления. Плиты квадратной кладки цоколя по толщине составляли 3.5-4.0 вершка (15.5-18.0 см) и выкладывались на цементном или гидравлическом растворе. Лучшим в Петербурге считался цоколь из Путиловской плиты, которая по цвету была красной и серой. Серая плита отличалась большей прочностью, но была и более дорогой.

Если плитная квадратная кладка выполнялась на цементном растворе, камень имел толщину в два-три ряда кирпича, а хвосты цокольных камней были достаточной для анкеровки длины и различны в двух смежных рядах при перевязанной кладке внутренних рядов, то дополнительные металлические анкеры для крепления облицовочной плиты не требовались. Исключение составляли угловые камни, которые связывались с забутовкой скобами или анкерами из полосового железа с загнутыми книзу концами (рис. 55e). В противном случае, например, при малой длине облицовочной плиты, когда нет возможности обеспечить ее крепление посредством перевязки с забутовочными рядами, использовались скобы и анкеры.

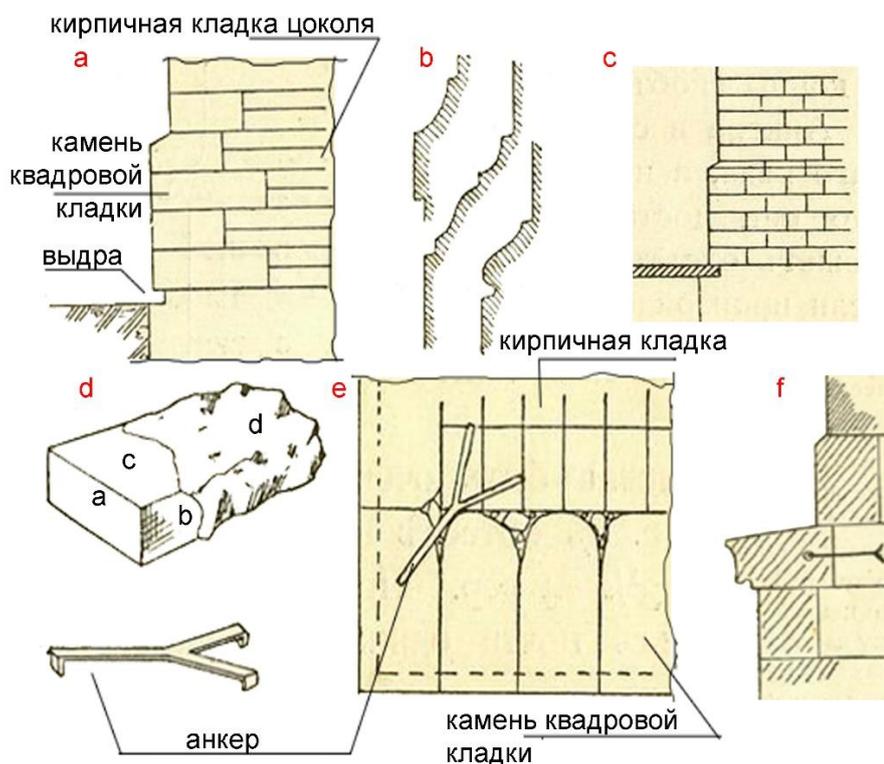


Рисунок 55 – Квадровая кладка цоколя: а – выступающий цоколь из каменных плит с выдрой на уровне тротуара; б – примеры профилей верхнего пояса цоколя; с – фасад выступающего кирпичного оштукатуренного цоколя; d – плита цоколя (а – лицо камня, b – заусенок, с – постель, d – хвост); e – план кладки и анкеровки цокольной плиты на углу здания; f – закрепление камней верхнего пояса при большом выносе [32]

При отсутствии плиты из природного камня цоколь облицовывался или полностью выкладывался из кирпича-железняка или полужелезняка на цементном растворе с покрытием поверхности цоколя цементной штукатуркой (рис. 55с).

Если квадры выполнялись из массивных гранитных камней толщиной около 12 вершков, или 53 см, (для богатых особняков, общественных зданий), то горизонтальные швы между камнями не имели раствора (при значительном размере камня роль раствора незначительна); только в наружных кромках (у постелей), чтобы они не обламывались, прокладывались свинцовые ленты. Свинец – мягкий материал, под тяжестью камня плотно заполняет зазор, что исключает попадание в шов воды.

Каждый ряд массивной квадратной кладки анкеровался для связи с основной кладкой стены (рис. 55f), облицовочные камни связывались между собой скобами; анкера и скобы вставлялись в пироны – железные цилиндры или призмы высотой 10-12 см и около 5-7 см в диаметре; пироны в нижнем конце заливались свинцом, чтобы держались в камне; концы скоб и анкеров так же заливались свинцом.

Устройство *кордонного цоколя (прислонный цоколь)* выполнялся с применением тех же природных тесаных камней и отличается тем, что облицовочный камень ставится на ребро и не имеет перевязки с забутовочными рядами кладки цоколя (рис. 56).

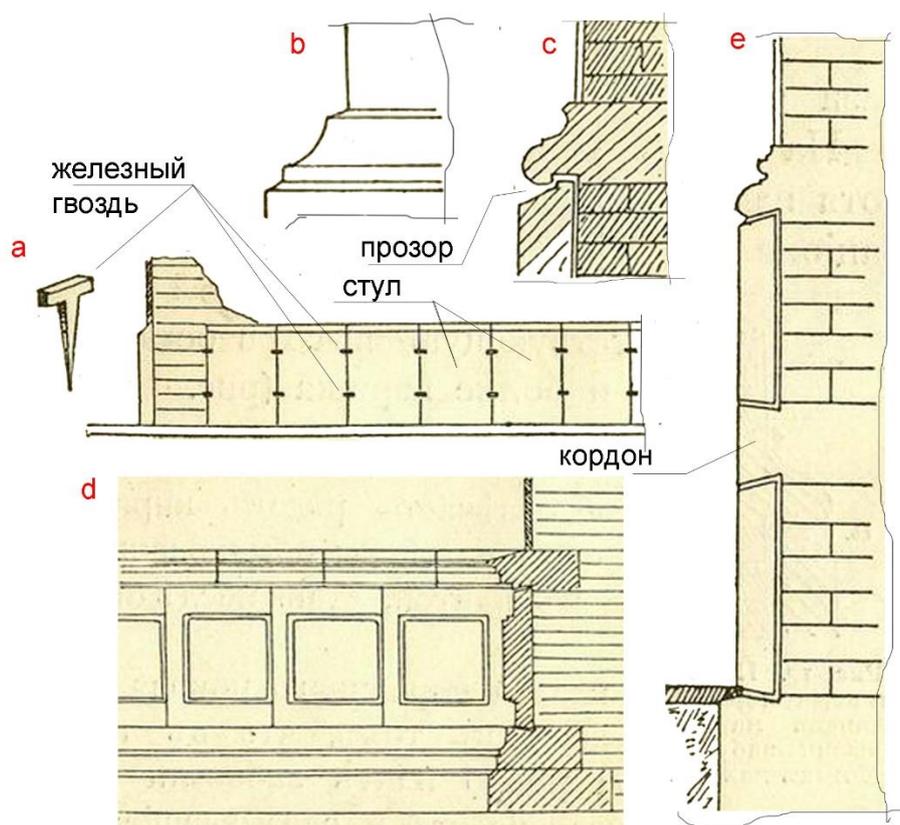


Рисунок 56 – Кордонная кладка цоколя: а – отделка цоколя плитами с креплением к забутовке гвоздями; б – деталь штукатурного слива; с – прозор между камнями кордонной кладки; д – рустованный кордонный цоколь с закреплением вертикальной плиты-стула поясами-кордонами; е – кордонная облицовка двумя рядами поит и поясов [32]

Крепление облицовки цоколя малой высоты (один ряд облицовочных плит) к кладке забутовки осуществлялось забивкой железных гвоздей в вертикальные швы между плитами (рис. 56а). Прием крепления оказался не надежным – гвозди ржавели, вода попадала в толщу кладки и сцепление отделки и основной кладки цоколя нарушалось. Поэтому позднее для крепления отделочного слоя камня стали использовать кордоны – заложенные и заанкеренные в тело цоколя камни, вытесанные так, что они удерживали плиту в нужном положении (рис. 56д). При высоком цоколе кордонные камни устанавливались в двух уровнях, при этом верхний камень обрабатывался в виде карниза (рис. 56е). Вертикальный облицовочный камень, называемый стулом, получал декоративную обработку в виде руста (рис. 56д). За счет того, что в отделочном слое объем швов, заполненных известковым раствором, значительно меньше, чем в толще кладки, в результате разной усадки вертикальные плиты могли отслаиваться от толщи стены и дробиться. С целью компенсации разности вертикальных осадочных деформаций разных слоев кладки над плитой-стулом оставляли зазор, соответствующий размеру осадки стены – не 1/2 вершка, или 2

см (рис. 56с).

Оконные и дверные проемы в цоколе устраивались следующим образом. Забутовочные ряды цоколя перекрывались перемычками аналогично перемычкам проемов надземных этажей.

При квадратном цоколе проемы малой ширины перекрывались обычной цокольной плитой, уложенной плашмя, как и другие плиты отделки (рис. 57а). Чтобы в плите не появилась трещина от большой нагрузки, над ней сразу после цоколя устраивалась разгрузочная арка, перераспределяющая нагрузку от стены на боковые участки кладки. Подоконная плита устраивалась с отливом (с наклонной верхней гранью). Чтобы в подоконной плите не случилась трещина вследствие выгиба из-за бóльшей осадки боковых зон кладки, под плитой делался зазор, заполняемый раствором по окончании осадки стен.

При уширении оконного проема до 1 1/2 аршин (ок. 1.0 м) для его перекрытия устанавливалась на ребро плита толщиной 3 1/4 – 3 1/2 вершка (ок. 6-7 см); при этом крайние швы выполнялись наклонными, как в перемычках, обеспечивая эффект распорности и, соответственно, повышение несущей способности плиты-перемычки (рис. 57b). При ширине оконного проема более 1.0 м его перекрывали арочной перемычкой (рис. 57с, 57d). Последний вариант был дорогим и требовал высокого цоколя. С целью удешевления и при малой высоте цоколя и широком проеме перемычка выполнялась арочной из кирпича с последующим оштукатуриванием и покраской (рис. 57е).

При кордонном цоколе оконные проемы размещались так, чтобы их верх и низ совмещались с горизонтальным швом кордона, и тогда проем перекрывают схватывающим карнизом или перемычкой.

Дверные проемы в цоколе устраивались аналогично оконным.

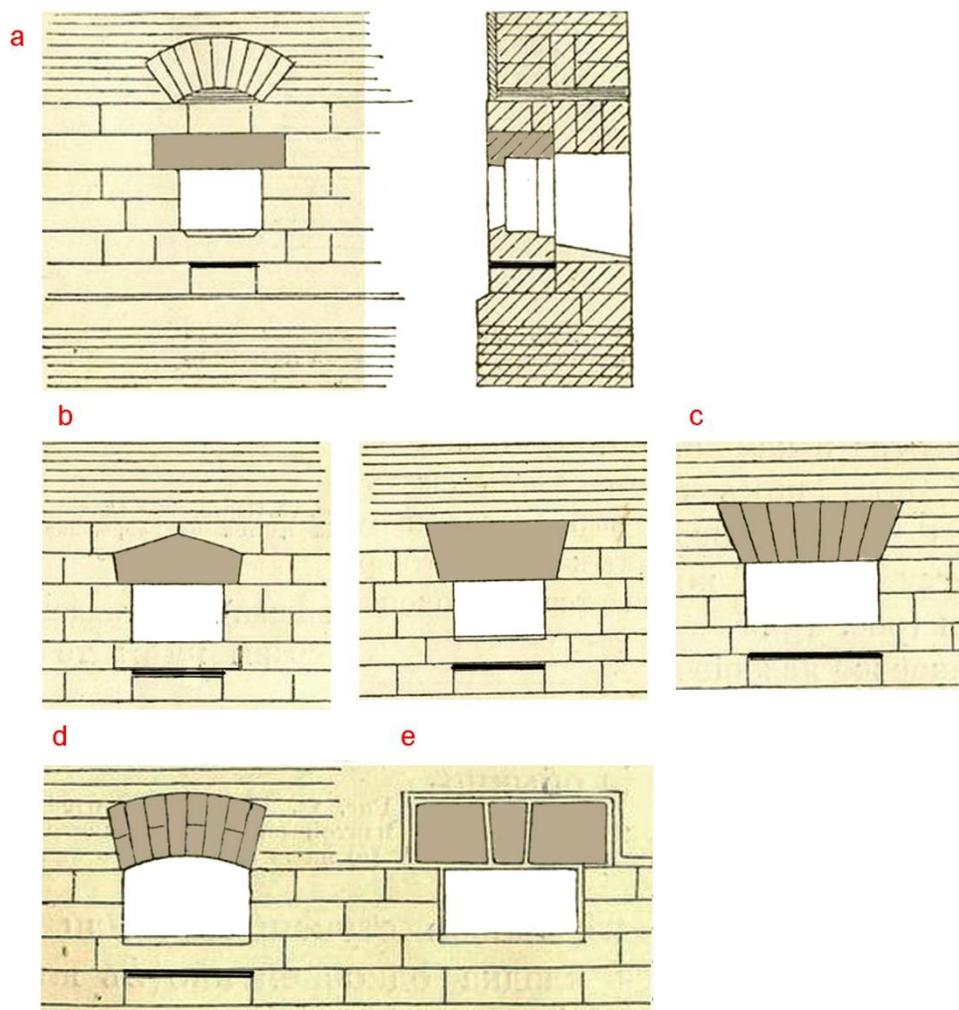


Рисунок 57 – Оконные проемы в кордонной кладке цоколя (закладной цоколь): а – перекрытие проема плитой с устройством разгрузочной арки и прозором под подоконной плитой (фрагмент фасада и разрез); б – перекрытие плитой на ребро с наклонным боковым швом; с – перекрытие перемычками из плит; д – перекрытие кирпичной арочной перемычкой; е – перекрытие кирпичной перемычкой с последующим оштукатуриванием и покраской [32]

При устройстве нескольких ступеней при входе в здание кладка цоколя выполнялась с выступами кирпича, на которые затем устанавливались ступени (**рис. 58**). Такой прием обеспечивал равномерную осадку стен и ступеней и исключал подъем ступеней относительно стены ввиду большой осадки здания. Под ступенями в дверных отверстиях устраивали прозор аналогично подоконным плитам.

Приямки у наружных стен с расположением проемов в пределах высоты приямка закрывались сверху решеткой (**рис. 59**). Ограждения приямка покоились на выступах фундамента, а вода из приямка уходила по сточной трубе.

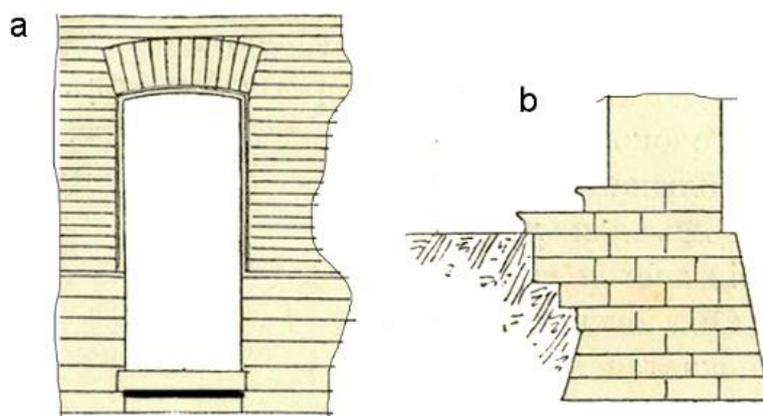


Рисунок 58 – Устройство ступеней при входе в здание: а – прозор под ступенями в зоне проема; б – устройство ступеней на выступах фундамента [32]

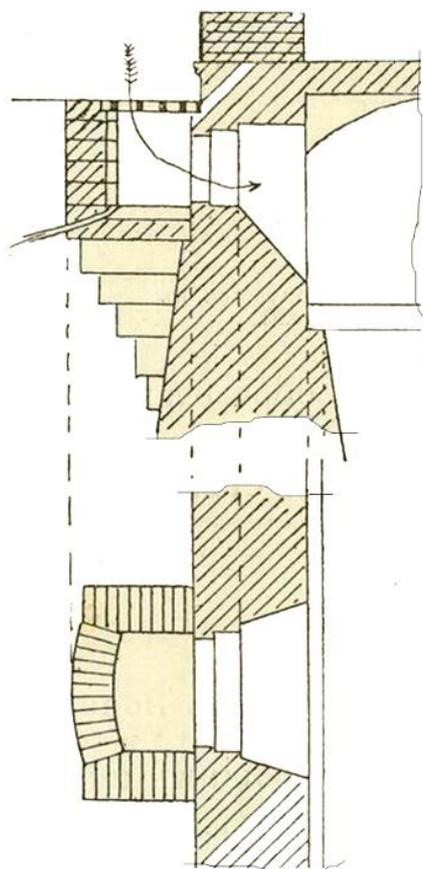


Рисунок 59 – Устройство сухих колодцев (прямоков) – разрез и план [32]

Карнизы – выступы за лицевую поверхность стены, обеспечивают защиту стены от осадков и являются декоративным завершением стены. Высота карниза принималась равной $1/15-1/24$ высоты здания, свес карниза или равнялся его высоте, или в 1.5-2 раза превышал эту величину.

Формы карнизов определялись их назначением, используемыми материалами и стилем сооружения.

По назначению и месту расположения карнизы разделялись на четыре вида:

- главные – венчающие стену;
- междуэтажные – фасадные пояса, членящие стену на этажи;
- внутренние декоративные, располагаемые в верхнем уровне помещений;
- галтели – декоративные мелкие стенные выступы, разделяющие поле стены на несколько частей.

По материалу карнизы были каменными, кирпичными, кирпичными с лещадной плитой и монолитными. В разное время при устройстве карнизов использовалось дерево и металл.

В конструктивном отношении карнизы различаются по характеру статической работы (по характеру работы под нагрузкой) и были двух типов [32]:

- материал карниза работает большей частью на сжатие и срез, изгибные составляющие незначительны – такой карниз носит название простого;
- материал карниза работает, прежде всего, на изгиб – сложный, или висячий, карниз.

Виды карнизов по материал и конструктивному решению представлены на рис. 60.

Простые кирпичные карнизы малого вылета выполнялись посредством сдвижки кирпича и его свесом над нижним рядом не более чем на $1/4$ длины кирпича. При этом центр тяжести всей свешивающейся части карниза не должен был выходить из средней трети толщины стены. Выступы (консоли) могли создаваться не каждым рядом кирпича, что позволяло получать разные профили карнизов. Простые карнизы имеют малый вынос, что оправдано только при малой высоте здания. По принципу простого карниза выкладывались и другие горизонтальные выступы стен – пояски, тяги (рис. 61).

К простым карнизам могут быть отнесены и такие, которые покоятся на каменных консолях, заменяющих собой кирпичные выступы, и закладываются в стену на большую глубину и, как правило, на ребро. Такой тип карниза можно видеть также как переходный вариант от простого карниза к сложному, висячему [32].

Простой кирпичный карниз использовался с начала появления кирпичных построек в столице. Со второй половины XVIII века с ростом этажности и необходимости большего вылета карниза, он по-прежнему распространен в кирпичном варианте, но с дополнением лещадной плиты – висячий карниз.

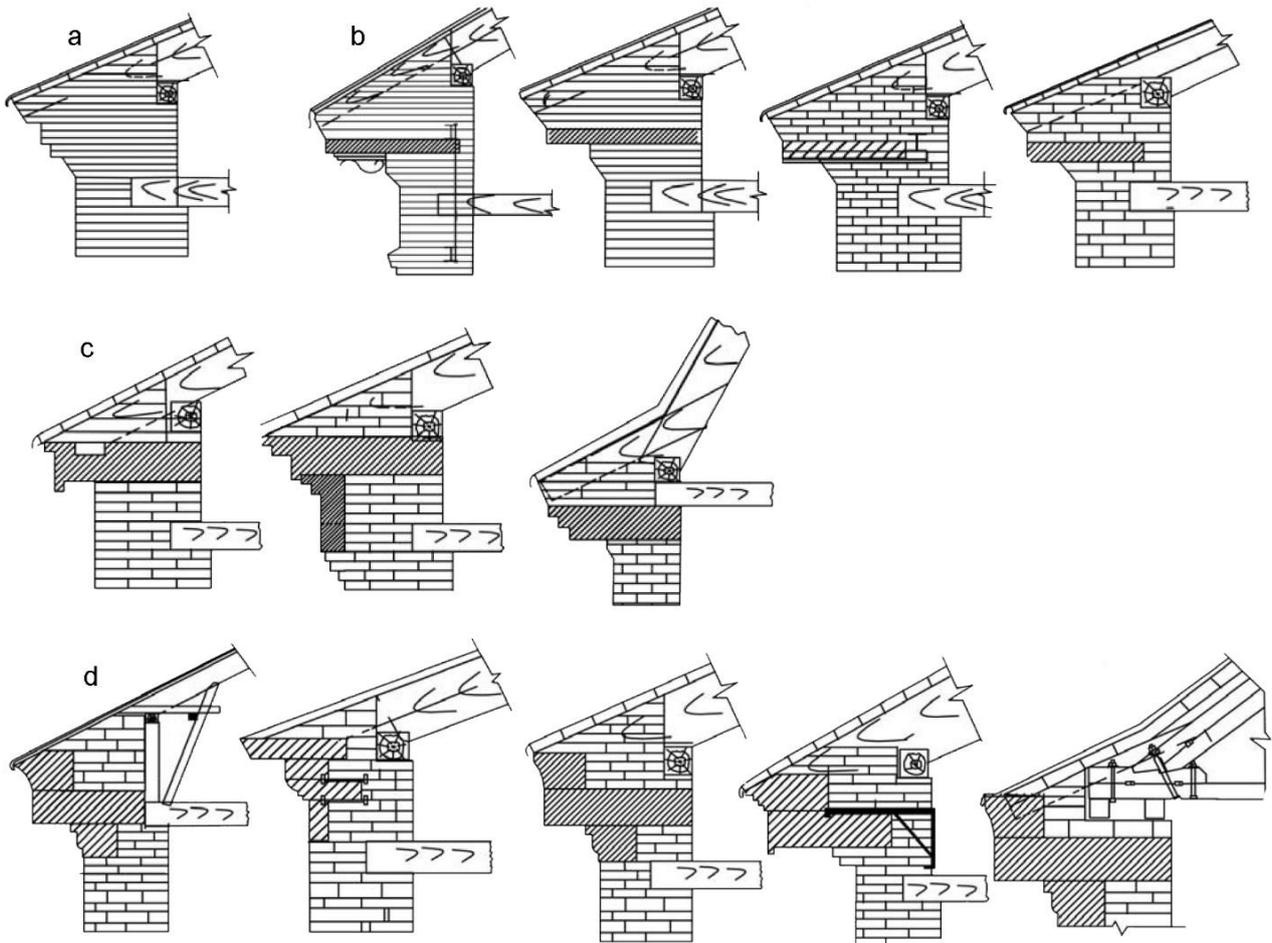


Рисунок 60 – Карнизы кирпичных зданий: а – кирпичный; б – кирпичный с лещадной плитой; с – каменный простой; д – каменный сложный [4]

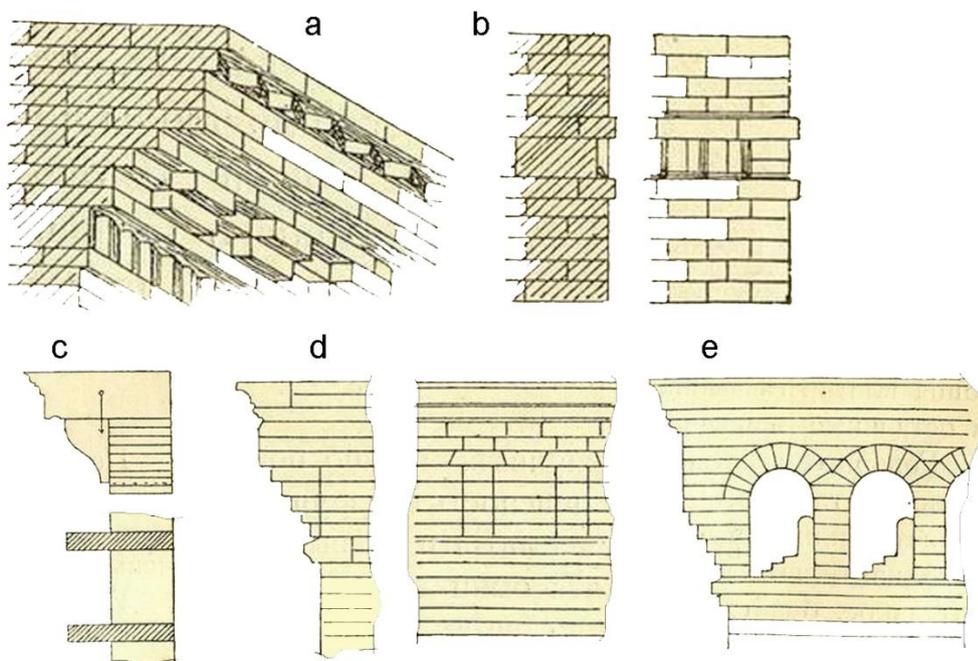


Рисунок 61 – Варианты простых карнизов: а – простой кирпичный карниз; б – поэтажные пояски; с – карниз на каменных консолях; д – карниз на кирпичных консолях; е – карниз на кирпичных консолях с арками [32]

Висячие карнизы могут иметь достаточно большой вынос, и при этом являться простыми по принципу работы (рис. 62). Главный элемент таких карнизов – так называемая «спусковая», или лещадная, плита, т.е. камень значительных размеров, заделанный в кладку стены с консольным вылетом за фасадную грань, и способный нести нагрузку от верхней части карниза. «Спусковая» плита должна быть достаточной высоты, соответствующей консольному вылету и приходящейся на нее нагрузке. Иногда в помощь плитам их опирают на выступающие из стены металлические балки, обеспечивающие им дополнительную опору.

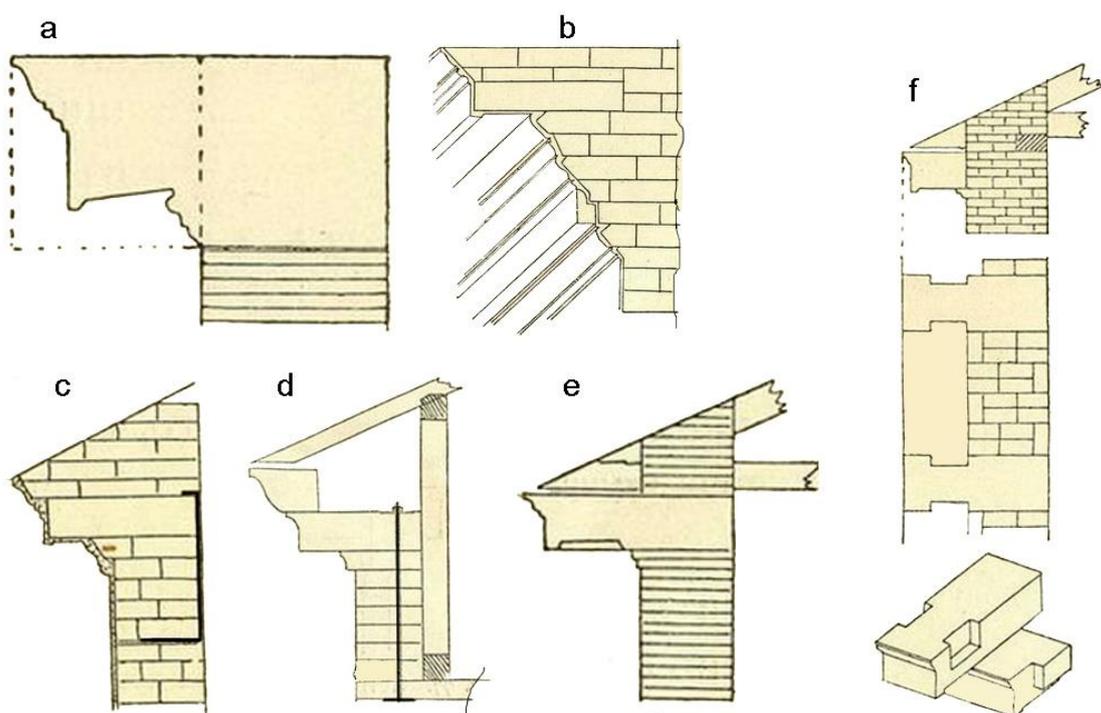


Рисунок 62 – Простые висячие карнизы: а – карниз из цельного камня; б – карниз с кирпичными переходами; с – карниз со спусковой плитой, уравновешенной скобами; d – карниз со спусковой плитой, зафиксированной болтом; e – карниз со спусковой плитой, уравновешенной кирпичной кладкой; f – карниз из естественного камня [32]

Простейший вид висячего карниза представляет собой камень, по высоте пригодный для вытески профиля – редкий случай, встречается при облицовке стен штучными камнями, например, из песчаника (рис. 62a). Обычно камень или плита имеют малую толщину, поэтому могут в качестве консоли нести малую нагрузку в верхней части карниза, а нижняя его часть решается обычным образом – выносом кирпича (рис. 62b).

Равновесное состояние карнизной консольной (лещадной) плиты обеспечивалось одним из двух способов [32]:

- грузом, лежащим выше плиты (рис. 62e). Равнодействующая всех сил в зоне карниза приходится на среднюю треть плиты, и карниз в статическом плане работает как просто карниз;

- грузом стены ниже плиты (рис. 62c, 62d). Плита связана с нижележащей кладкой скобой или болтом такой длины, чтобы захватываемая скобой или болтом часть стены была значительно больше свешиваемого груза, если выше плиты нет другой нагрузки – и в этом случае карниз будет работать по принципу простого. Данный способ распространился во второй половине XIX века в связи широким применением в массовом строительстве железа, а в конце века – прокатного металла; карнизы стали легче за счет меньшей толщины плиты и соответственно оказалось возможным уменьшение толщины стены в зоне карниза.

Карниз мог формироваться прочными плитами не широкими, но длинными – во всю толщину стены (рис. 62f). В этом случае плиты, имевшие пазы, укладывались тычком и чередовались с плитами с выступами, которые укладывались логом и опирались на впазы на тычковые плиты.

При анкеровке карнизной плиты болтом в кладку стены на нижнем конце болта был горизонтальный штырь, а на верхнем конце – винтовая нарезка. Болт проходил через отверстие в плите, сверху на него навинчивалась гайка с шайбой, что и предохраняло плиту от опрокидывания. Более эффективным считался способ, когда сверху плиты укладывалась железная балка, к которой крепились несколько болтов, число которых могло быть меньше, чем число плит. Недостатком последнего способа анкеровки была опасность коррозии железа в каменной кладке и необходимость защиты железа полудой (слоем олова) или цементным раствором.

Висячие карнизы, работающие на изгиб – по принципу сложного – это карнизы, устраиваемые на железных балках, заменяющих сами консольные плиты (рис. 63) [32].

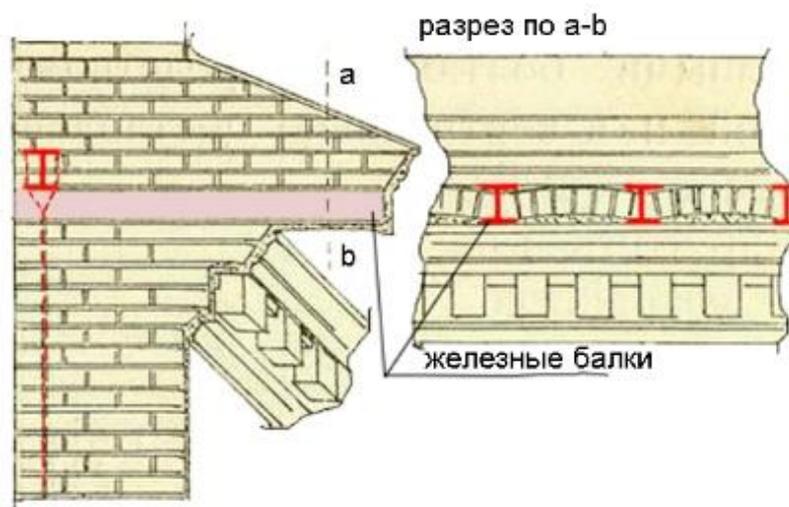


Рисунок 63 – Сложный висячий карниз на балках и сводах [32]

Равновесное состояние карниза обеспечивалась расположением на соответствующем выступу уровне тавровых балочек с их заделкой во всю толщю стены. Сверху балки пригружались кладкой, и по окончании кладки на концах балок устраивались кирпичные сводики, на которые клалась остальная часть карниза. Вместо сводиков мог укладываться ряд плит с опиранием на концы балок без захода в кладку стены. Вторым способом обеспечения равновесия карниза было использование анкерующих карнизные балки скоб и болтов.

Кирпичные карнизы большей частью штукатурились и профиль выводился по шаблону, перемещаемому по горизонтальным рейкам. Этот способ затратный в эксплуатации, требовал частых ремонтов и был небезопасным – штукатурка осыпалась. Поэтому со временем случился переход к декорирующим карнизы керамическим деталям, более надежным, но дорогим (рис. 64) [32].

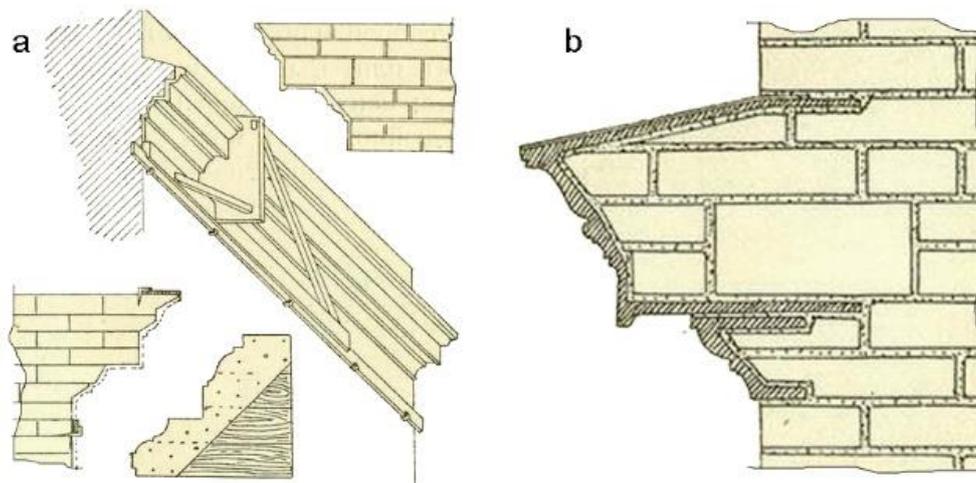


Рисунок 63 – Штукатурный (а) и гончарный (b), или керамический, карнизы [32]

В случае если карниз оставался кирпичным и не получал штукатурной, или другой поверхностной защиты, кирпич облицовочных слоев связывались с забутовочными рядами перевязкой швов и обеспечивал декоративные качества карниза посредством установки кирпича тычками, ребром, параллельно и под углом к стене.

Монолитные железобетонные карнизы, применявшиеся в основном для мансардных этажей, появились в жилье во второй половине XIX века, когда широко стал использоваться в строительстве цемент.

Обобщая представленную выше информацию по решению карнизов, следует указать на то, что наиболее распространенным вариантом в петербургской строительной системе был кирпичный карниз, используемый для дворовых фасадов, и кирпичный с лещадной плитой, применяемый в основном для лицевых фасадов.

Контрольные вопросы

Фахверковые и землелитные стены

1. Дайте определение фахверковой постройки и поясните его схемой принципиального решения фахверковой стены с обозначением изображаемых элементов и материалов. Дайте краткую справку по истории фахверковой технологии – появление, развитие, современное состояние.

2. Назовите время, причины и условия появления фахверковой технологии в Санкт-Петербурге и причины отказа от этой технологии.

3. Поясните технологию возведения землелитных стен и кратко охарактеризуйте историю ее применения в России.

4. Дайте общую характеристику Приоратскому замку как объекту, возведенному по технологии землелита.

Деревянные стены

1. Укажите причины длительного периода широкого распространения деревянного домостроения в Санкт-Петербурге и назовите этот период.

2. Назовите год выхода Указа о запрете деревянного строительства в Санкт-Петербурге и строительстве только каменных домов. Поясните, почему этот Указ не мог быть исполнен в полной мере.

3. Поясните, строились ли в Санкт-Петербурге дом с комбинацией разных материалов – дерева и камня. Если да, что из себя представлял такой дом по функциональной организации и конструктивному решению?

4. Дайте общую характеристику материалу для деревянного строительства (кондовый лес, габариты бревен, заготовка и сушка древесины).

5. Опишите кратко конструктивное решение традиционного русского деревянного дома с указанием составных элементов стен, перекрытий, крыши.

Кирпичные стены

1. Дайте краткую характеристику столичного кирпича в разные периоды строительства города – форма и размеры кирпича, категории кирпича по качеству, используемый для кирпичной кладки раствор.
2. Обоснуйте необходимость повышения качества кирпича во второй половине XIX века.
3. Кратко опишите технологию изготовления кирпича.
4. Поясните, какой была толщина стен жилых домов и как назначался этот параметр.
5. Поясните, была ли различной толщина стен при наличии сводчатых перекрытий подвалов и при плоских балочных перекрытиях, для стен зданий однопролетной схемы и двухпролетной схемы.
6. Назовите виды кирпичной кладки по способу перевязки швов и дайте им краткую характеристику.
7. Назовите вид кладки, которая в XVIII веке использовалась исключительно в Санкт-Петербурге, а в XIX веке широко распространилась по всей стране.
8. Обоснуйте причины широкого распространения приема оштукатуривания фасадов зданий в Санкт-Петербурге в XVIII – первой половине XIX века.
9. Поясните, что означает «кладка в пустошовку», для чего этот прием использовался и как реализовывался.
10. Назовите материалы для облицовки кирпичных стен и кратко охарактеризуйте особенности технологии устройства облицовочных слоев.
11. Покажите на схемах формы арочных проемов в кирпичной кладке стен и дайте им краткую характеристику.
12. Покажите на схемах и поясните разницу между клинчатой, лучковой и арочной перемычками над проемами кирпичных стен.
13. Поясните, как устраивается рядовая армированная перемычка в кладке кирпичной стены.
14. Поясните зависимость конструктивного решения перемычки и размер перекрываемого ею проема.
15. Покажите на схеме и поясните назначение разгрузочных арок при клинчатых и лучковых перемычках.
16. Назовите основные правила кладки арочных перемычек (количество камней в ряду, ориентация и толщина швов).
17. Назовите и обоснуйте основные параметры и основные формы цоколя кирпичной стены.
18. Назовите основные конструктивные решения цоколя и дайте им краткую характеристику.
19. Поясните кратко и покажите на схеме квадратную кладку закладного цоколя. Назовите используемые материалы кладки.
20. Поясните кратко и покажите на схеме кордонную кладку прислонного цоколя. Назовите используемые материалы кладки.
21. Покажите на схемах основные способы устройства проемов в цоколе в зависимости от ширины проема, обозначьте изображаемые конструктивные элементы кладки.
22. Покажите на схеме вариант устройства ступеней при входе в здание. Поясните назначение прозора под ступенями.
23. Укажите основные материалы и параметры венчающего карниза кирпичной стены – высоту и величину свеса.
24. Назовите виды карнизов по характеру статической работы и поясните разницу между ними.
25. Покажите схему простого кирпичного карниза малого вылета, обозначьте изображаемые элементы.

26. Покажите пример простого висячего карниза с лещадной плитой и укажите способы обеспечения равновесного положения плиты.

27. Покажите схему сложного висячего карниза на балках и сводах. Обозначьте элементы конструкции карниза.

3.3 Перекрытия

В жилых зданиях исторической застройки Санкт-Петербурга конструктивные решения перекрытий совершенствовались по мере введения в строительную практику новых материалов и совершенствования приемов их использования. В отдельных каменных постройках над подвалами и реже над первыми этажами сохранились сводчатые кирпичные перекрытия. Эти дома, как правило, относились постройкам XVIII – первой трети XIX века и позднее были надстроены в процессе реконструкции [2]. Еще в петровские времена все гражданские здания в соответствии с императорским указом должны были иметь подклет (цокольный или подвальный этаж). Уровень расположения цокольного или подвального перекрытия должен был быть выше уровня самых высоких наводнений и противостоять разрушениям в течение длительного периода времени. Поэтому подвальные перекрытия выполнялись кирпичными сводчатыми [17].

Балочные деревянные перекрытия как наследие русского деревянного зодчества широко представлено в жилых постройках до середины XIX века, когда наряду с деревянными балками стали использовать металлические балки в виде двутавра или швеллера. Межбалочное заполнение для деревянных балок было деревянным, для металлических балок – деревянным или кирпичным. Конструкции перекрытий по металлическим балкам с кирпичным сводчатым заполнением получили название «пруссских» или «шведских» сводов. В надподвальных перекрытиях встречается вариант кирпичных сводиков лучкового очертания или бетонных монолитных сводиков по металлическим балкам [17].

Перекрытия жилых этажей в XVIII – первой трети XIX века были кирпичными сводчатыми, с середины XIX века и до начала XX века – по деревянным балкам.

Перекрытия в зданиях любого назначения выполняют следующие функции:

- являются несущими конструкциями;
- работают совместно с вертикальными несущими конструкциями здания, распределяют между ними вертикальные и горизонтальные нагрузки, следовательно, обеспечивают пространственную жесткость и устойчивость зданию в целом (являются элементами жесткости);
- выполняют ограждающую функцию.

Таким образом, перекрытия петербургской исторической застройки XVIII – XIX веков по форме и конструктивному решению можно разделить на три вида: сводчатые, балочные деревянные и балочные огнестойкие.

3.3.1 Сводчатые перекрытия

Сводчатые перекрытия различаются формой свода и могут быть следующих видов: цилиндрические, крестовые, крещатые, прусские, сомкнутые, купольные [4]. Материал исторических сводчатых перекрытий – естественный камень и кирпич.

Своды известны с древних времен и ведут свою историю с так называемого «ложного» свода, повторяющего очертания настоящего свода, но отличного по характеру работы, что обусловлено технологией каменной кладки (рис. 64).

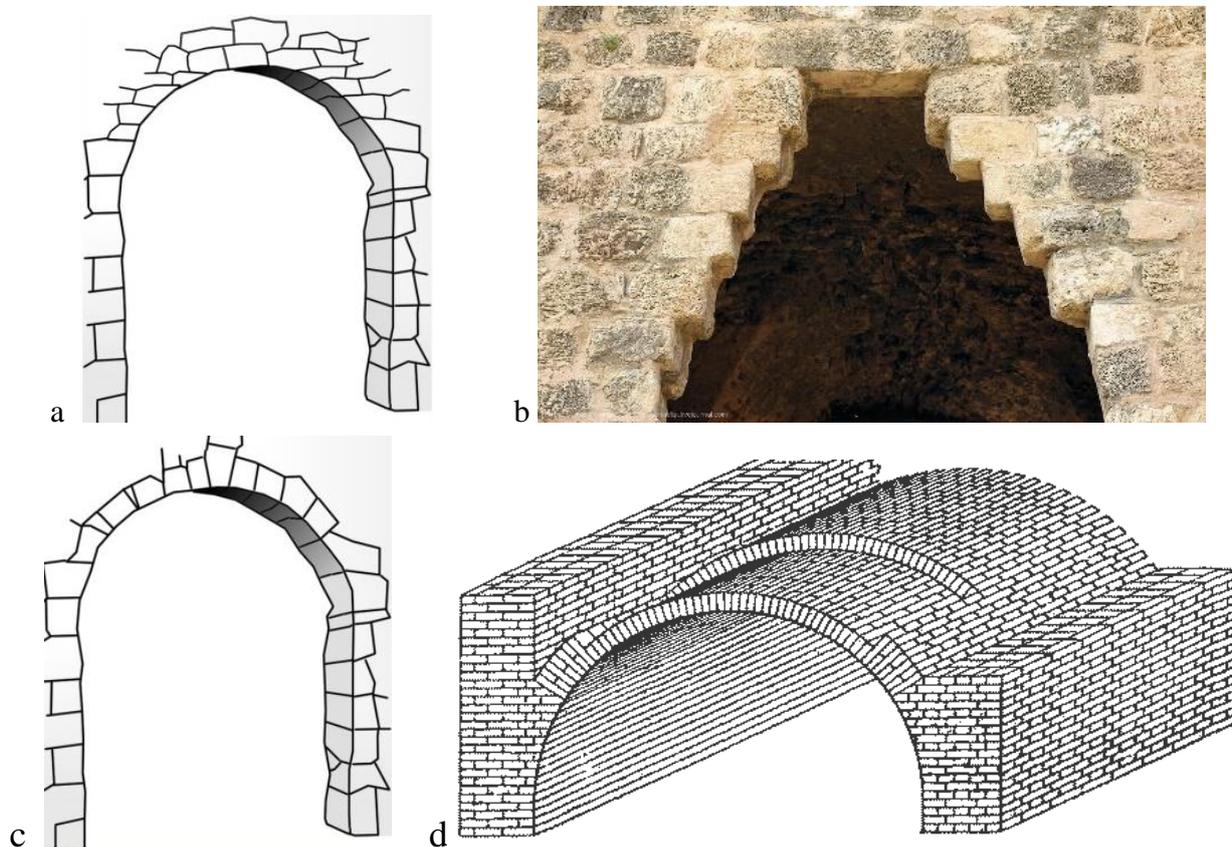


Рисунок 64 – Ложный и настоящий своды: а – пример кладки ложного свода; б – ложная арка как основа ложного свода (https://ic.pics.livejournal.com/carmelist/4291139/199408/199408_original.jpg); с – пример кладки настоящего свода; d – настоящий свод как распорная конструкция (<https://dwg.ru/lib/2963>)

Форма «ложного» свода образуется напуском камней, укладываемых горизонтально, поэтому в таком своде при работе под нагрузкой не появляется горизонтальных (распорных) усилий. Настоящий свод имеет радиальную схему

кладки камней, передача нагрузки на стену осуществляется посредством наклонной опорной площадки, что и обеспечивает работу свода как распорной системы, обеспечивая ей преимущества в способности перекрывать большие пролеты при малой высоте сечения конструкции.

Конструкции сводов получили развитие в Древнем Риме, где арочно-купольные системы использовались широко, следовательно, технология их возведения совершенствовалась при сохранении в постройках мощных стен, на которые передавались усилия распора. Такая же взаимосвязь между тяжелыми каменными сводами и мощными опорными стенами была и в архитектуре романской и византийской. Следующим этапом в развитии сводчатых систем была средневековая готика, в которой на замену массивным опорным стенам пришли новые опорные конструкции – контрфорсы и аркбутаны, перераспределявшие нагрузку от готического свода так, что толщина стен существенно уменьшилась. Массивный свод в готической архитектуре тоже претерпел изменения – стал сочетанием несущих жестких ребер (нервюр), промежутки между которыми заполнялись легким кирпичом – ограждение без несущей функции.

В строительной истории Санкт-Петербурга для надподвальных перекрытий и перекрытий первого этажа в XVIII – первой трети XIX века использовались следующие виды распорных сводчатых конструкций (рис. 65):

- цилиндрические (прямые, косые, ползучие, полуциркульные, коробовый) своды – самый распространенный вариант;
- крестовые своды;
- «пруссские» своды;
- сомкнутые своды;
- купольные своды;
- парусные своды.

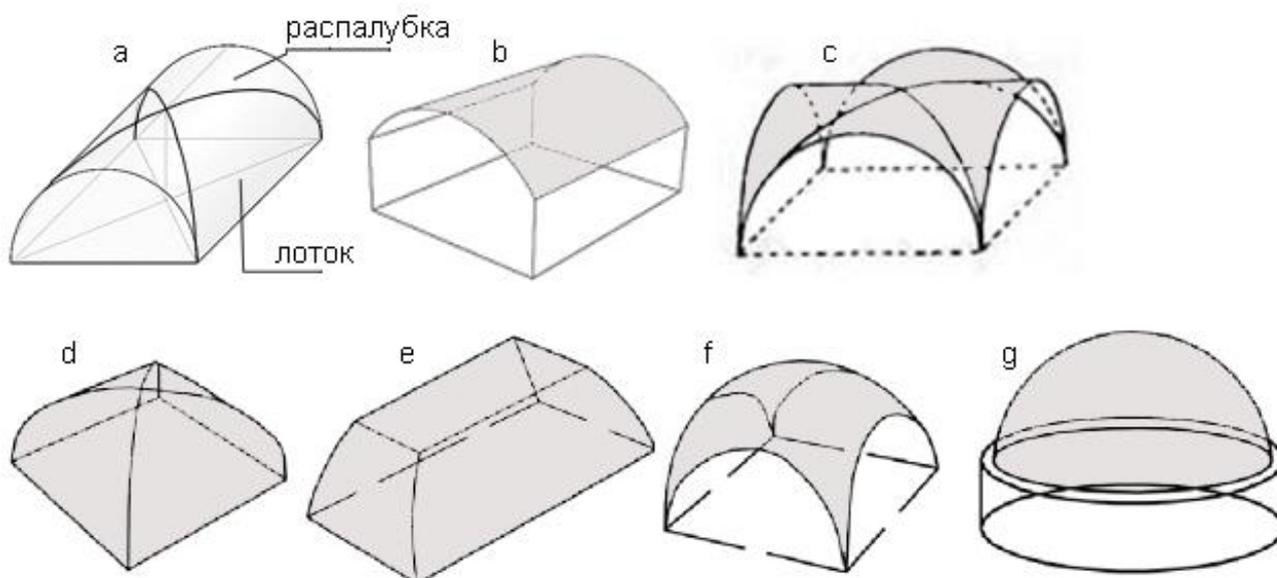


Рисунок 65 – Типы сводов в перекрытиях исторических построек: а – цилиндрический свод; б – коробовый свод; с – крестовый свод; d – сомкнутый свод; е – зеркальный свод; f – парусный свод; g – купольный свод

Общая характеристика сводчатых конструкций, представленных в исторических постройках в технике каменной кладки:

- цилиндрический свод (**рис. 65a**) опирается на параллельно расположенные стены (или ряд столбов, или аркады). Форма цилиндрического свода определяется очертанием исходной арки – полуциркулярная, стрельчатая, эллиптическая, параболическая;

- коробовый свод (**рис. 65b**) представляет собой разновидность цилиндрического свода; отличается от цилиндрического тем, что образует в поперечном сечении не простую дугу, а трехцентровую или многоцентровую кривую, которая получила название коробовой. Свод имеет большой распор, для погашения которого требуется установка металлических связей. Используется для перекрытия больших по пролету помещений, нежели при цилиндрическом своде;

- крестовый свод (**рис. 65c**) образуется путем пересечения под прямым углом двух цилиндрических сводов. Используется большей частью для перекрытия помещений с планом, близким к квадрату и опирается на угловые устои;

- сомкнутый свод (**рис. 65d**) образуется наклонными лотками (щеками), которые опираются по периметру на стены и сходятся в горизонтальной щельке свода при прямоугольном плане или в одной точке при перекрытии квадратного в плане помещения (последний вариант получил название «монастырского» свода). Свод передает вертикальное давление и распор по всей длине стен;

- зеркальный свод (рис. 65e) отличается от сомкнутого тем, что его верхняя часть представляет собой плоскую почти горизонтальную плиту-плафон (так называемое «зеркало»). Обычно зеркало отделяется от боковых граней, называемых падами, четкой рамой и может использоваться для живописи. Такой свод част применялся в декоративных целях и представлял собой подвесную конструкцию, закрепляемую к несущим балкам или стропилам;

- парусный, или вспарушенный, свод (рис. 65f) покоится на четырех опорах. Поверхность свода получена отсечением вертикальными плоскостями части сферической поверхности. Свод условно делится на две зоны: нижняя несущая и пологая верхняя несомая часть (скуфья), которая иногда могла получать полуциркульную форму;

- купольный свод (рис. 65g) – полусфера, опираемая на круглые в плане стены. В случае свода в виде половины сферы он называется конхой и опирается на полукруглые в плане стены.

В зависимости от вида свод может иметь следующие элементы:

- замок, замковый камень, ключ свода – средний клинчатый камень в щелье арки или свода, иногда получает декоративное оформление;

- пазуха свода – пространство между наружными поверхностями смежных сводов или сводом и стеной;

- подпружная арка – упорная арка, укрепляющая или поддерживающая свод;

- пролет свода – его ширина по линии кривизны;

- пята свода – нижняя часть арки, свода, опирающаяся на стену или столб; или же верхний камень опоры, на котором покоится арка или свод;

- распалубка – врезка в цилиндрический свод перпендикулярно расположенного цилиндрического свода обычно меньшего радиуса, чем основной, с линией пересечения поверхностей в виде сферического треугольника. При равных радиусах сводов результирующая форма – крестовый свод. Распалубки устраиваются над дверными и оконными проемами при расположении верхней точки проема выше пяты свода;

- стрела свода – расстояние от оси арки в ключе до хорды, соединяющей центры ее пят;

- щека свода (люнет) – торец свода, его срез;

- щековая арка – подпружная боковая арка крестового свода, расположенная по сторонам прямоугольника его плана;

- щековая стена – торцовая стена помещения, перекрытого цилиндрическим сводом, нагрузки не испытывает.

Каменные сводчатые конструкции являются огнестойкими, конструктивно стабильны, могут перекрывать большие пролеты и обладают высокими художественными достоинствами. Каменные своды возводились с большим запасом прочности, что обеспечило их сохранность в период уплотнительной застройки (реконструктивная надстройка зданий). Отказ от сводчатых перекрытий в пользу балочных случился в связи с необходимостью ускорения процессов массового строительства нового жилья.

Цилиндрические своды и их варианты, как отмечалось выше, имели наибольшее распространение. Универсальность цилиндрического свода обусловлена тем, что его поверхность, расчлененная диагональными вертикальными плоскостями, дает возможность видеть составляющие других распространенных вариантов – крестового, сомкнутого, лоткового и других сводов (рис. 65а). Пример устройства подвального перекрытия с применением цилиндрического (коробового) свода представлен на рис. 66.

В лотковую часть цилиндрического свода распалубки врезались с целью устройства оконных и дверных проемов, если свод выступал в качестве цокольного или подвального перекрытия (рис. 66с, 66d), а также при устройстве проемов в фасадных стенах надземной части, если свод перекрывал уровень первого этажа.

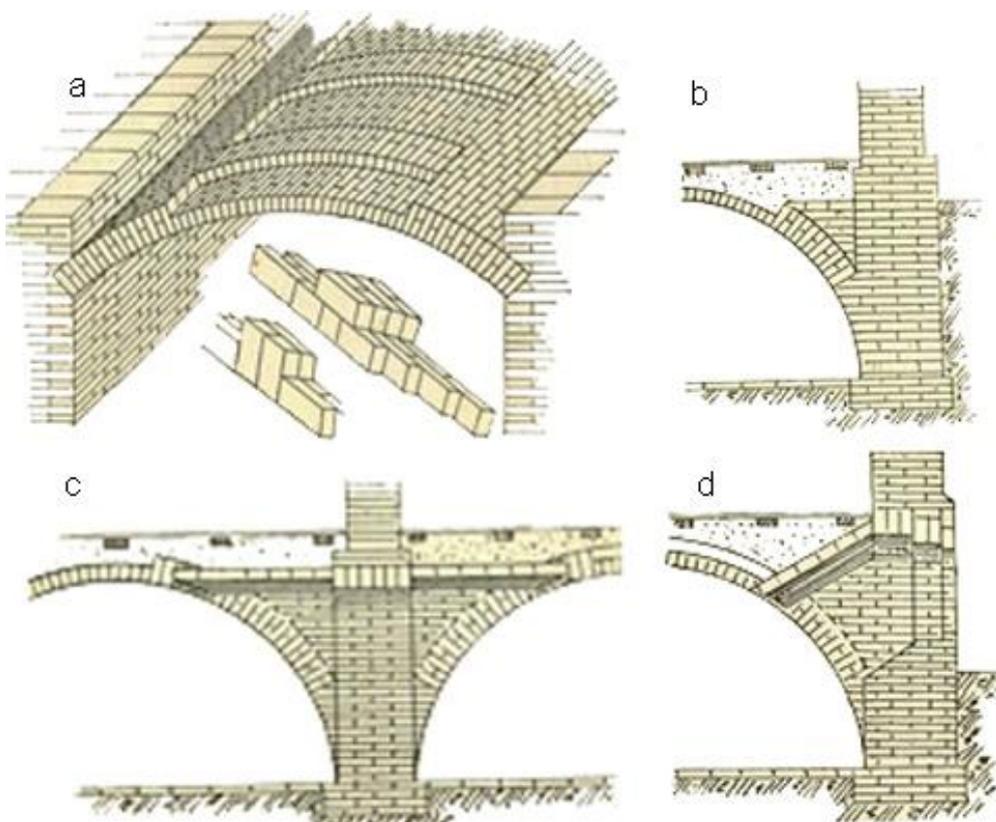


Рисунок 66 – Перекрытия с применением коробового свода: а – свод с гуртами (усилениями); б – свод в подвальном перекрытии; с – свод с распалубками в примыкании к внутренней стене для организации дверного проема; d – коробовый свод с распалубкой для устройства оконного проема в наружной стене [32]

Высота сечения свода определялась расчетом и зависела от пролета:

- при пролете до 4 м высота сечения свода составляла полкирпича;
- с увеличением пролета до 6 м высота сечения свода увеличивалась от половины кирпича в пролете до одного кирпича в пяте свода;
- при пролете более 6 м высота сечения свода составляла не менее чем один кирпич.

На практике в XIX веке толщина цилиндрических сводов, как и опорных стен, определялась по эмпирическим формулам Ронделе в зависимости от формы свода (очертание по линии кривизны) и величины пролета. Например, толщина полуциркульного кирпичного свода при полной забутовке по горизонтальной линии составляла $1/48$ часть пролета, а толщина опорных стен для этих же условий составляет $1/11$ часть пролета свода [33].

С целью повышения несущей способности свода при сохранении его малой толщины в кладке свода предусматривались утолщения (гурты, или внутренние ребра), выполнявшие функции повышенных или пониженных относительно поверхности свода подпружных арок (рис. 66а).

При устройстве сводчатого подвального или цокольного перекрытия пазухи забучивались на высоту от $1/5$ до $2/3$ подъема свода.

Каждый тип свода, в том числе и цилиндрический свод, может быть представлен системой элементарных арок или полуарок, образующих форму свода и несущих часть общей нагрузки (рис. 67).

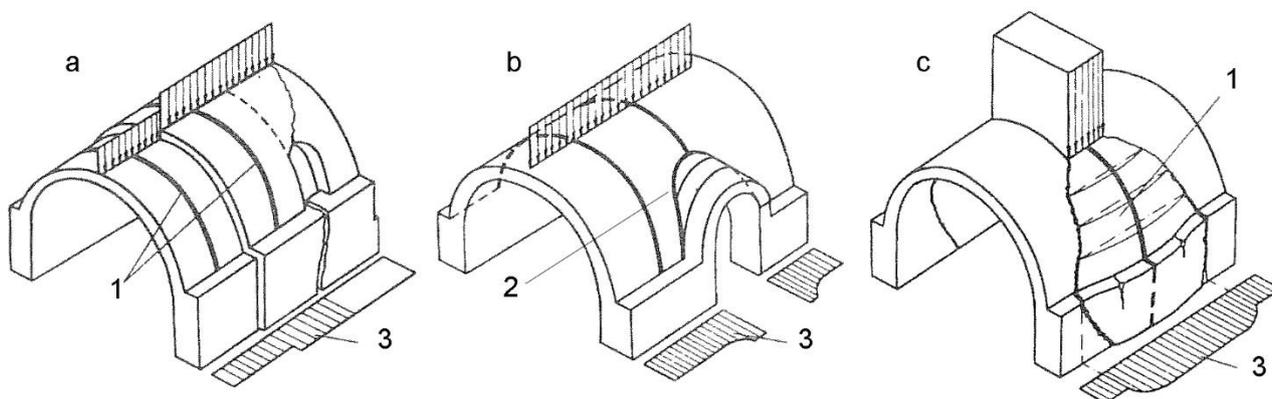


Рисунок 67 – Схемы работы цилиндрического свода: а – свод со ступенчато распределенной нагрузкой; б – свод с распалубкой; с – свод с сосредоточенной нагрузкой; 1 – элементарные арки; 2 – пространственная контурная арка распалубки; 3 – эпюры распора [16]

При равномерно распределенной нагрузке по поверхности свода все его элементарные арки работают одинаково, что полностью обеспечивает стабильность кладки свода с передачей вертикальной и распорной нагрузки от свода на опорные стены. Если равномерно распределенная нагрузка на свод меняет свою величину по длине свода, то это, скорее всего, приведет к образованию деформационных блоков (появлению трещин) – расчленению ранее цельной конструкции на независимо работающие части. Стабильность в работе каждой части свода будет обеспечена, в первую очередь, толщиной кладки. Целостность свода может быть сохранена при введении гуртов (утолщенных ребер) по линиям членения свода на деформационные блоки и соответствующей толщиной свода в пределах между гуртами (рис. 67а).

Если к цилиндрическому своду приложена сосредоточенная нагрузка (рис. 67с), то в работу по восприятию этой нагрузки включаются и соседние участки кладки, что обусловлено кладочной техникой и дополнительно – толщиной свода и прочностью раствора. В таком случае наличие утолщения кладки в зоне приложения сосредоточенной нагрузки гарантирует свод от разрушения.

При наличии распалубок элементарные арки основного свода и распалубки упираются в пространственную арку по линии пересечения сводов, и вертикальное давление и распор воспринимаются материалом этой контурной арки, которая испытывает сжатие с увеличением его величины к опоре свода в простенках (рис. 67b). Часть распора может восприниматься самим распалубочным сводом, если щельга распалубки направлена по касательной к своду, т.е. совпадает с направлением равнодействующей сил в основном своде. Ритмичное расположение распалубок с забутовкой между ними существенно снижает деформативность свода и разделяет свод на активную в пролете и неподвижную (в зоне распалубок) части. Активная часть свода фиксируется границами, проходящими по линии наклона радиальных швов кладки 30-40° к горизонтали. При этом уменьшенный пролет центральной активной части позволяет в этой зоне сделать свод тоньше.

Таким образом, распалубки в цилиндрических сводах являются средством разгрузки стен под распалубкой и перенесения нагрузки на боковые участки, позволяя устраивать под распалубками высокие проемы. При часто расположенных распалубках опорная стена может быть превращена в систему столбчатых опор.

Главным условием стабильности работы кладочного свода, как и отдельной арки, является сжатие по всей высоте сечения конструкции. Идеальным

случаем считается равномерное симметричное сжатие сечения, что имеет место при так называемой безмоментной кривой арки, по очертанию близкой к параболе. При отклонении арки от идеальной кривой в сечениях свода появляются растягивающие напряжения. Растянутая часть кладки в работе не участвует и сохраняется в толще кладки только за счет. Местоположение растянутых участков кладки определяется характером приложения нагрузки. Например, при центральном приложении нагрузки по линии щельги растяжение появляется в центральной трети пролета на нижней поверхности свода, а в боковых зонах – на верхней поверхности свода [16].

Крестовый свод представляет собой пересечение двух цилиндрических сводов, или по-другому – комбинацию четырех распалубок (рис. 68а). Вертикальное давление и распор от элементарных арок распалубок передаются на диагональные ребра крестового свода и их значение увеличивается по мере приближения к точечным опорам. Увеличение распора, направленного по диагоналям свода, с приближением к опорам обусловлено тем, что соответственно растет пролет элементарных арок. Суммарное действие вертикального давления и распора обеспечивает максимальное обжатие диагонального ребра свода у его опоры и минимальное обжатие в замке. Слабое обжатие верхней зоны крестового свода исключает возможность его загрузки центральной сосредоточенной нагрузкой.

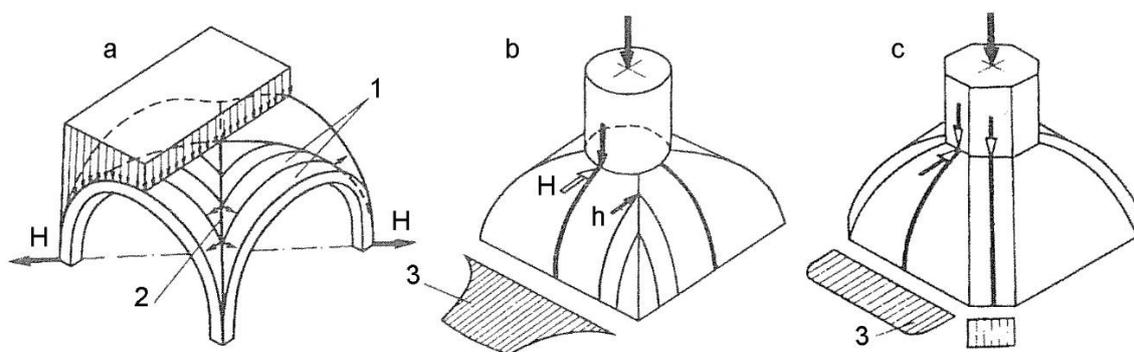


Рисунок 68 – Схемы работы сводов: а – крестовый свод; б – сомкнутый свод; 1 – элементарные арки; 2 – пространственная контурная арка распалубки; 3 – эпюра распора [16]

Для усиления крестовых сводов диагональные ребра делаются с утолщениями кладки – гуртами. Толщина и ширина гуртов назначалась в 1-2 кирпича в зависимости от подъема свода, толщина свода составляла полкирпича при размере стороны свода в плане до 5 м. Толщина опор крестового свода принималась на 20-25% больше, чем толщина опор цилиндрического свода, имевшего такой же подъем и пролет. Размер опоры крестового свода по диагонали должен был составлять двойную толщину опоры цилиндрического свода, подъем и

пролет которого соответствовал подъему и пролету диагонального гурта крестового свода. При этом стены по контуру крестового свода выполняют только ограждающие функции [33].

Сомкнутый свод – сочетание четырех цилиндрических фрагментов – лотков (рис. 68b). Элементарные полуарки сомкнутого свода передают распор в условные диагональные ребра (при наличии центрального проема – в верхнее кольцо) и в нижний опорный контур свода. Основными несущими элементами сомкнутого свода являются средние трети лотков и нижний опорный контур. По направлению от углов свода к центру лотка растет величина опорных реакций свода. Это определяет большую величину обжатия центральной части сомкнутого свода и практически отсутствие напряжений в диагональных ребрах, по линии стыка лотков. Обжатая центральная часть свода позволяет ему нести большие центральные сосредоточенные нагрузки. С целью выравнивания давления и распора между средними и угловыми зонами свода могли вводиться угловые вставки (рис. 68с), другой способ – устройство распалубок по центру лотков и перераспределение усилий на угловые зоны.

Толщина сомкнутого свода принималась равной толщине цилиндрического, из элементов которого составлен сомкнутый свод, при этом запас прочности для сомкнутого свода был выше, чем для цилиндрического. Толщина опорных стен сомкнутого свода составляла $2/3$ толщины опорных стен соответствующего цилиндрического свода в случае квадратного плана и $3/4$ опорных стен, если длина помещения в два раза больше ширины [33].

Ползучий свод – это цилиндрический свод, опоры которого расположены наклонно (рис. 69а) или на разных отметках (рис. 69б).

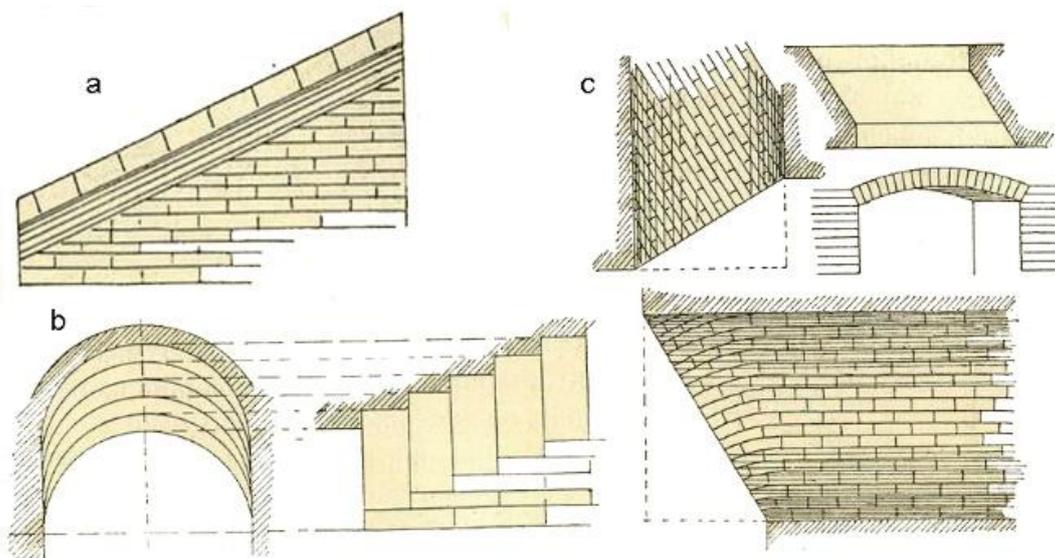


Рисунок 69 – Ползучие и косые коробовые своды: а – ползучий свод на наклонных опорах; b – ступенчатый ползучий свод; с – косые своды [32]

Ползучие своды в рядовой исторической жилой застройке встречаются большей частью в лестничных клетках и имеют наклонные опоры. Вариантом, обозначившим переход от горизонтального цилиндрического свода к наклонному можно видеть ползучий свод в виде ступенчатой конструкции – это наиболее ранний вариант, относимый еще к средним векам, в существующей жилой застройке практически не встречается. Ступенчатые ползучие своды выкладывались, как правило из тесаного камня на известковом растворе, ползучие своды на наклонных опорах – в кирпиче, как и стены здания [32].

Кладка *косых коробовых сводов* (рис. 69с) характерна для мостовых сооружений и в зданиях встречается редко. Одна из причин этого – сложность выкладки свода, для которого линии пят имеют различную конфигурацию или разную протяженность. Рациональным вариантом кладки косого свода считалось сочетание тесаного камня в пятах и щелыге и кирпича в остальной части свода. При этом швы протяженных сводов делали параллельными опорам, а концы складывались косо или по кривым [32].

Лестницы на ползучих сводах. Прежде чем рассматривать конструкцию лестницы на ползучих сводах, следует пояснить решения лестниц с применением сводчатых конструкций вообще. Наиболее простым вариантом каменной лестницы была лестница на стенах с арочными и сводчатыми конструкциями площадок (рис. 70). Устройство такой лестницы следующее. Посреди лестничной клетки возводится стена толщиной в 2-2.5 кирпича на длину маршей в плане. В этой стене делались пазы, посредством которых на нее опирались каменные плиты ступеней, с другой стороны опиравшиеся на продольные стены лестничной клетки. По линии внутренней стены на уровне площадки устраивались арки пролетом, равным ширине площадки с устройством пят на средней (внутренней) и торцевой стенах. Сама площадка устраивалась в виде цилиндрического или бочарного свода с опиранием соответственно на арку и боковые стены клетки [33].

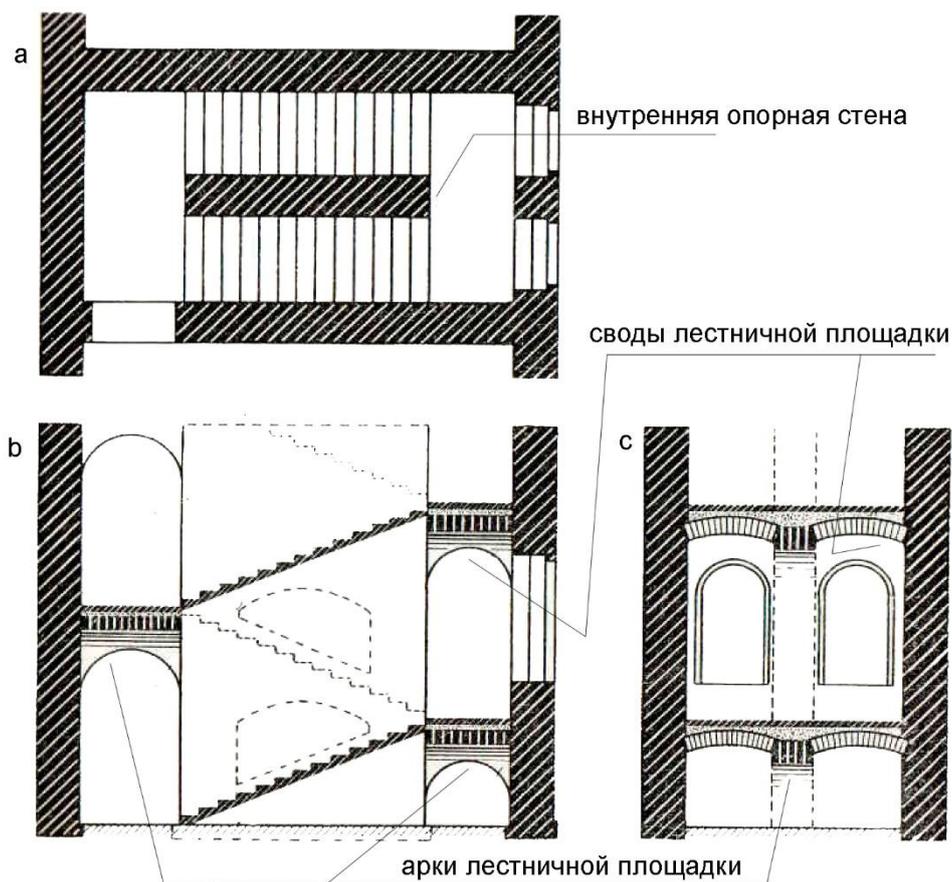


Рисунок 70 – Лестница на стенах с арчно-сводчатыми конструкциями площадок: а – план; б – продольный разрез; с – поперечный разрез по междуэтажной площадке [33]

Для лучшего освещения лестницы в ее средней стене устраивали арочные проемы, и это было переходом к устройству лестниц на столбах с арочными и сводчатыми элементами (**рис. 71**).

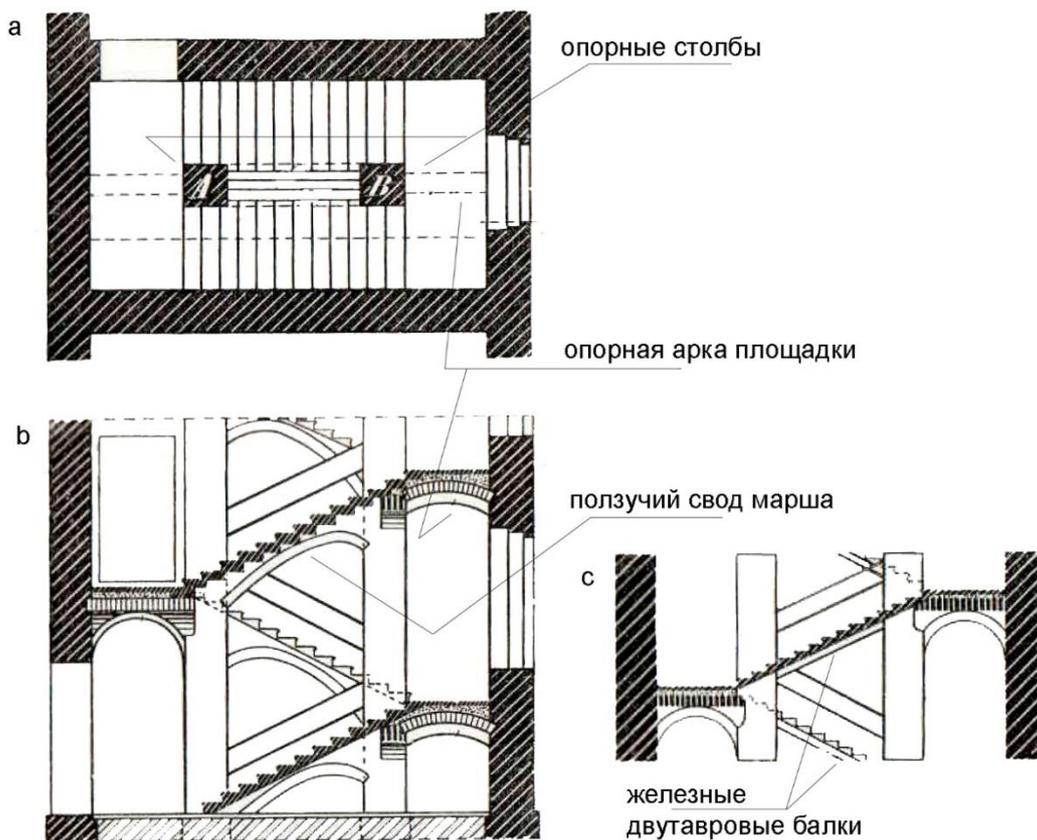


Рисунок 71 – Лестница на столбах с арочно-сводчатыми конструкциями площадок: а – план; б – продольный разрез с маршами на ползучих сводах; с – продольный разрез с маршами на железных балках [33]

Лестница на столбах в качестве внутренних опор имела два столба вместо стены. Столбы располагались между маршами в примыкании к площадкам и имели толщину до 2.5-3.5 кирпичей в зависимости от высоты этажа. Марши поддерживались ползучими арками (с пятами на разных отметках), опирающимися на столбы. Арки имели толщину в 1-1.5 кирпича и сверху забучивались под линию наклона маршей. На забутку арки и в борозды продольных стен опирались плиты степеней марша. Площадки выполнялись как цилиндрические, бочарные или крестовые своды, опирающиеся на боковые стены клетки и на арки, устраиваемые под площадками по линии внутренних столбов аналогично устройству площадок для лестниц на стенах. Позднее вместо ползучих арок под ступени стали укладывать рельсы или железные двутавровые балки, опираемые на столбы [33].

Лестницы собственно на сводах или арках, как наиболее сложный вариант решения, устраивались только в том случае, если стены лестничной клетки имели большую толщину, способную воспринять распор арок и сводов и при относительно малой высоте здания, так как с ростом этажности и высоты эта-

жей суммарное распорное усилие, передаваемое стенам, существенно возрастает.

Своды, поддерживающие площадки и марши лестницы, выполнялись сначала в кирпиче, позднее – в бетоне и железобетоне. Для двухмаршевой лестницы (рис. 72) площадки в кирпичном исполнении – цилиндрические, боковые или крестовые своды толщиной в один кирпич. Своды, устраиваемые под маршами – ползучие, толщиной в один или полкирпича, опираются на щечковые части площадочных сводов. Такой вариант устройства маршей использовался только при длине марша не более 1.8 м, иначе своды требуют увеличения высоты сечения, а распор непомерно растет. Своды под маршами забучивались кирпичом под наклонную плоскость, на которую укладывались ступени. Площадочные своды тоже имели забутку – до высоты чистого пола, выстилаемого лещадными плитами или гончарными плитками. Нижний марш поддерживался ползучим сводом, нижняя пята которого опиралась на фундаментную стенку [33].

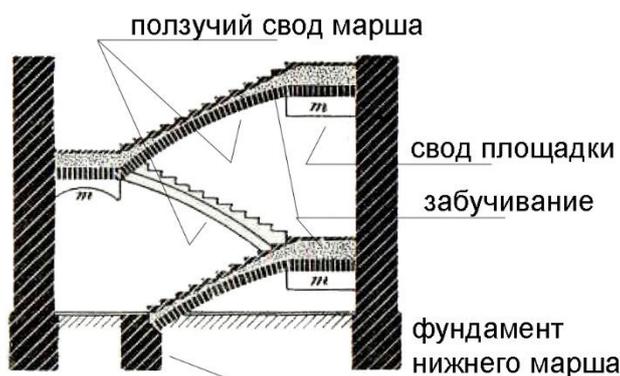


Рисунок 72 – Лестница двухмаршевая на ползучих сводах [33]

Для трехмаршевой лестницы (рис. 73) марши устраивались на ползучих арках или сводах, которые упирались верхними пятами в стены лестничной клетки, а нижними – в площадки. Таким образом каждый свод являлся основой марша и промежуточной площадки и был толщиной в один кирпич. Своды этажных площадок увеличивали к пятам свою толщину до 1.5 кирпичей. Своды из кирпича могли иметь армирование в виде гнутых железных полос сечением 7.5x2 см.

Бетонные и железобетонные своды рубежа XIX-XX веков имели ту же форму, но меньшую толщину: до 13-15 см в замке и 20-22 см в пяте для бетонных сводов; до 9 см в замке и 13.5-15 см в пяте для железобетонных сводов [33].

Лестницы в доходных домах Санкт-Петербурга разделялись на «парадные» и «черные». Парадные лестницы для жильцов дома, со входом с улицы и без выхода на чердак и в подвал, отапливались, внизу имели вестибюль, помещение для швейцара, снабжались широкими пологими маршами. Черные лестницы использовались прислугой, дворниками, вели в кузни, подвалы, на чердак, имели более крутые марши и скромный декор по сравнению с парадными лестницами. Ступени любых лестниц выполнялись, как правило, известняковыми.

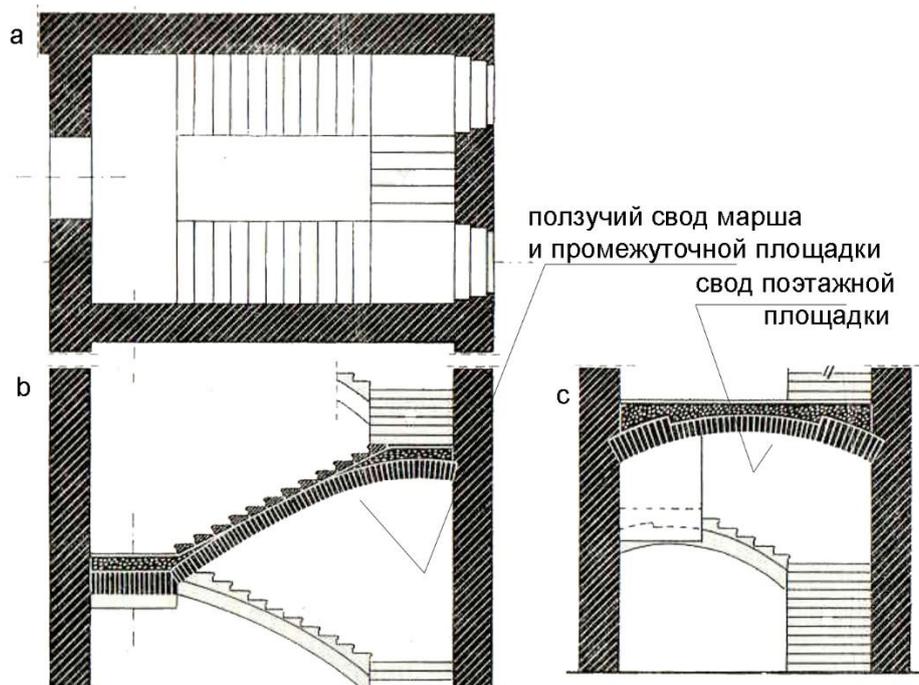


Рисунок 73 – Лестница трехмаршевая на ползучих сводах: а – план; б – продольный разрез; с – поперечный разрез по поэтажной площадке [33]

Прусские своды получили распространение по причине того, что популярные коробовые своды были неудобны при перекрытии протяженных в плане и достаточно больших по площади жилых помещений.

При устройстве перекрытия с применением прусского свода длинное помещение разбивалось гуртами на части. В данном контексте гурты – поперечные арочные стенки-вставки с расположением пяты арок примерно на половине высоты помещения. Шаг стен-гуртов составлял 1-2 сажени (0.7-1.4 м), сечение арки-гурта по высоте и толщине – 1.5-2 кирпича. При малой толщине стен в местах опирания гуртов стены получали утолщение, иногда вводились связи. Гурты всегда размещались между окнами. Пространство между гуртами перекрывалось пологим цилиндрическим сводом, минимальная толщина которого составляла полкирпича, если пролет не превышал сажени [32].

Организация прусского свода в жилых помещениях показана на рис. 74, прусский свод в подвальном перекрытии представлен на рис. 75. Следует указать, что в условиях Санкт-Петербурга прусские своды сохранились почти исключительно в перекрытиях подвалов. Этот тип свода позволял свободно организовывать проемы в наружных и внутренних продольных стенах.

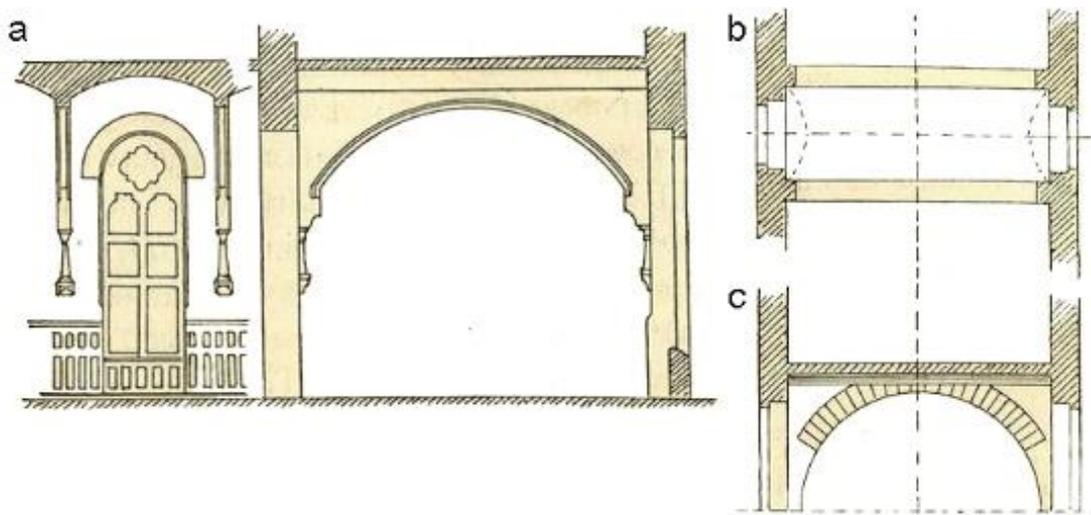


Рисунок 74 – Прусский свод в перекрытии жилого помещения: а – общий вид прусского свода в интерьере; б – план; с – разрез [32]

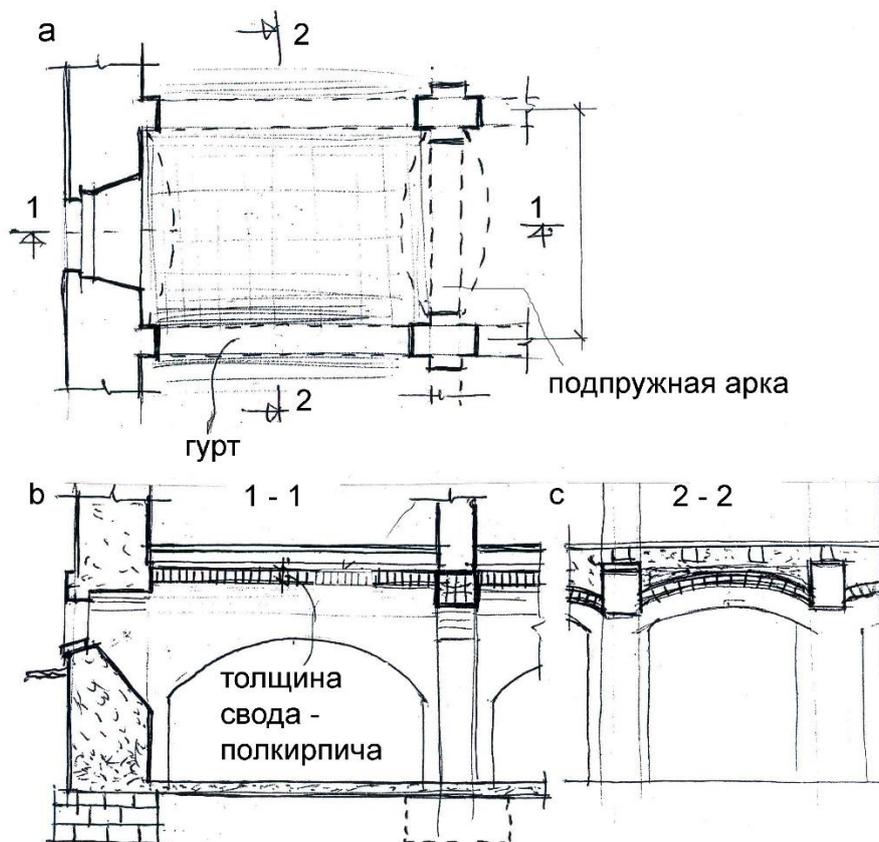


Рисунок 75 – Прусский свод в перекрытии подвала: а – план; б – разрез по линии щельги свода; с – разрез по линии кривизны свода [32]

Разница между коробовыми и прусскими сводами следующая:

- в коробовых сводах тоже могут быть гурты, но они по направлению кривизны совпадают с кривизной самого свода, являясь таким образом утолщениями свода; в прусском своде гурты по своему расположению и кривизне перпендикулярны пролету свода;

- в коробовых сводах нагрузка от свода передается на стены, стоящие вдоль свода и перпендикулярные щечковому сечению свода; в прусском своде нагрузка от основного свода передается на гурты, расположенные так же как стены обычного коробового свода, а от гуртов – на стены, параллельные щечковому сечению свода. При этом в коробовых сводах нагрузка передается равномерно распределенной, а в случае прусского свода – большей частью сосредоточенно с захватом большей части кладки несущей стены за счет перевязки швов с кладкой гурта.

Важно, чтобы все гурты прусского свода имели одинаковые отметки – это обеспечивало погашение распоров смежных сводов. Кроме того, именно гурты принимали на себя нагрузку от балок перекрытий, при этом своды полами не загружались.

В отличие от коробовых сводов прусские своды почти всегда выполнялись в кирпиче и редко встречаются в камне.

Зеркальные своды представляют собой производный вариант от классического сомкнутого свода на квадратном плане или от лоткового свода, который, в свою очередь, является разновидностью сомкнутого свода на прямоугольном плане. На **рис. 76** для сравнения представлен лотковый свод как исходная форма зеркального свода и собственно зеркальный свод.

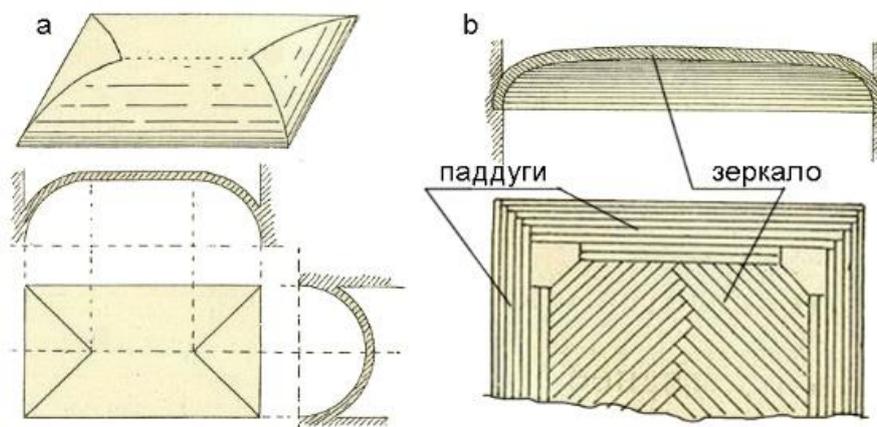


Рисунок 76 – Зеркальный свод как производный вариант лоткового свода: а – лотковый свод (общий вид, план, разрезы); б – зеркальный свод (разрез и план) [32]

Лотковый свод можно видеть так же как сочетание коробового свода и торцевых лотков – элементов сомкнутого свода. Зеркальный свод получается из сомкнутого или лоткового, у которых срезан верх и заменен очень плоским соответственно бочарным (двойкой кривизны) или коробовым сводом. Таким образом, верхняя часть зеркального свода представляет собой плиту-плафон (так называемое «зеркало»). Обычно зеркало отделяется от паддуг (боковых криволинейных граней свода) четкой рамой и используется для живописи, уместной в парадных помещениях, вестибюлях. Зеркало свода могло использоваться не только для декора, но могло обеспечивать верхнее освещение.

Зеркало не выполнялось абсолютно горизонтальным, а имело стрелу подъема, составляющую $1/36$ пролета (меньшей стороны) зеркала. Пролет такого условно плоского зеркала обычно не превышал 3.3 м. При этом толщина паддуг свода составляла один кирпич, а зеркало выкладывалось в полкирпича. При пролете зеркала более 3.3 м оно выполнялось в виде очень плоского коробового или бочарного свода, нижняя поверхность которого выравнивалась штукатурным слоем и воспринималась как горизонтальная. Опоры при таких сводах должны были быть по возможности сильно нагружены вертикальной нагрузкой и забучены с тем чтобы воспринимать распорные усилия. По причине кладочной конструкции зеркальная часть свода не может нести на себе вертикальную нагрузку. При устройстве верхнего света зеркало оформлялось железной рамой, которая, как правило, подвешивалась к железным балкам [32].

3.3.2 Балочные перекрытия

Принципиальное отличие горизонтальных балочных перекрытий от сводчатых заключается в отсутствии распора, что позволяет балочным перекрытиям опираться на стены малой толщины. При этом для плоских перекрытий не требуется излишняя высота помещений, как при сводчатых перекрытиях. Такие преимущества сделали балочные перекрытия в исторической застройке Санкт-Петербурга самым распространенным вариантом.

По материалу балочные перекрытия разделяют на следующие виды:

- перекрытия по деревянным балкам с деревянным межбалочным заполнением;
- перекрытия по металлическим балкам с деревянным межбалочным заполнением;
- перекрытия огнестойкие – по металлическим балкам с негорючим межбалочным заполнением.

В общем случае полы по балкам включают следующие составные части [33]:

- балки как основной несущий элемент;
- черный пол (подбор, межбалочное заполнение);
- смазка;
- чистый пол;
- подшивка и штукатурка потолка.

Для перекрытия над подвалом подшивка и штукатурка потолка не предусматривалась, так же как и чистый пол в чердачном перекрытии.

Перекрытия по деревянным балкам легкое, но горючее, поэтому требовало огнезащиты обертыванием и пропиткой специальными материалами и мастиками [4]. Для перекрытий использовали древесину хвойных пород – сосну, реже ель (прочность ели меньше, она легче поддается гниению). Пролеты, перекрываемые деревянными балками цельного сечения, составляли от 2.7 до 7.5 м. Балки из одной или двух досок применялись при малых пролетах – до 2.5 м.

Балки (рис. 77) сначала вытесывались из круглых бревен (диаметр бревна составлял 30-35 см) на два канта (сверху и снизу). Для устройства наборного черного пола с боков бревен вытесывались четверти – выступы, называемые черепами. На горизонтальный верх черепов укладывали настил черного пола, заполнявший промежутки между балками. Иногда четверть выбиралась только с одной стороны, а с другой стороны бревна черепной выступ заменялся пазом. Позднее в качестве балок стали использовать брус, к которому с двух боковых сторон прибивали малые черепные бруски примерным сечением 6х6 или 7х7 см для опирания элементов межбалочного заполнения. Брус стали использовать для чистых потолков – без подшивки и штукатурки [33].

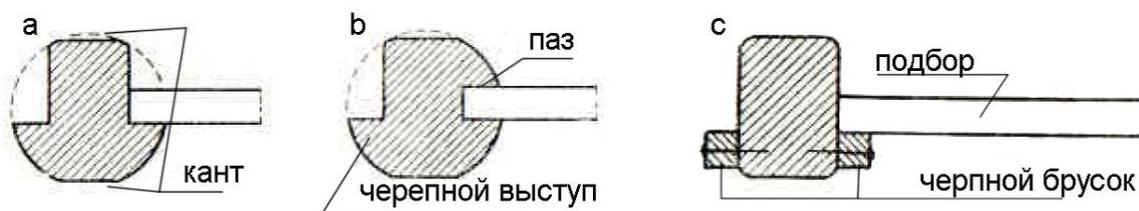


Рисунок 77 – Сечения деревянных балок перекрытий: а – бревенчатая балка с черепными выступами (четвертями); б – бревенчатая балка с четвертью и пазом; в – брусчатая балка с черепными брусками [33]

Шаг деревянных балок в перекрытии составлял в среднем 1 м; балки укладывались поперек помещения, т.е. перекрывали меньший его пролет. Высота сечения балок назначалась по расчету или для жилых зданий по правилу Ронделе: $1/24$ величины пролета, составляющего 6-8 м. При этом для пролетов

менее 6 м и более 8 м это правило не применялось, так как давало соответственно завышенный или заниженный результат, и тогда высота сечения назначалась по расчету. Применялся еще один способ определить высоту сечения балки: «толщина (высота) балки должна иметь вдвое больше вершков, чем длина сажень» [34]. Ширина сечения балки соотносилась с высотой как 5:7.

В случае если в опорных стенах устроены дымовые, вентиляционные каналы, оконные или дверные перемычки, балки отодвигались, чтобы не перекрывать каналы или не передавать на перемычки сосредоточенную нагрузку (рис. 78). При этом шаг балок увеличивался, но всегда находился в интервале 0.55-1.7 м в свету. Если это правило не могло быть соблюдено при надежной заделке балки в стену, то использовали дополнительный элемент – подвесной ригель, или короткую балку, которая на врубке или на металлической подвеске крепилась к основным балкам и являлась опорой для основной балки, не имеющей опоры на стену. Ригель располагался или вплотную к стене, или на расстоянии от нее не более чем 10-25 см, что исключало существенное увеличение пролетного момента в основной балке. Расположение балок над простенками обеспечивало лучшие условия их опирания и анкеровки. Со стороны стены ригель обивался вымоченным в глине войлоком и щель между ригелем и стеной заделывалась. Со второй половины XIX века при необходимости уложить балку над кирпичной перемычкой недостаточной толщины под деревянную балку подкладывали двутавровую балку небольшого профиля (высотой 10-15 см) с опиранием на стену на 9-10 см дальше пят перемычки.

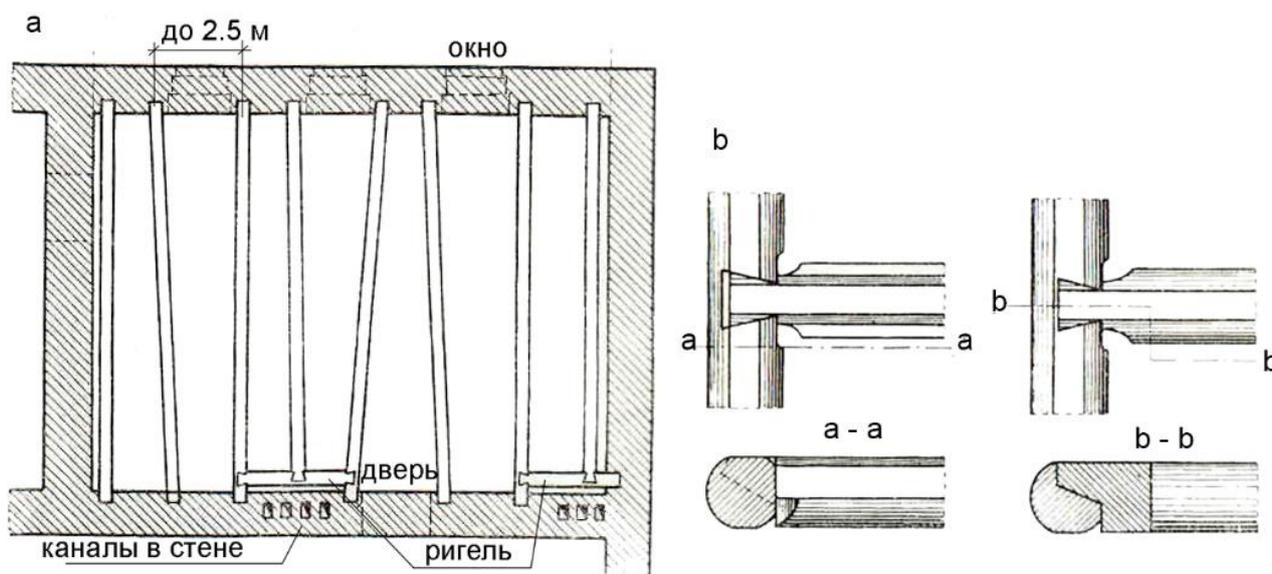


Рисунок 78 – Перекрытие по деревянным балкам: а – схема раскладки деревянных балок; б – варианты сочленения врубкой основной балки и ригеля [33]

Опираие деревянных балок высокого качества на каменные стены осуществлялось следующим образом (рис. 79):

- глубина заделки принималась равной высоте сечения балки и в этом случае превышала необходимый размер опорной зоны, или определялась в зависимости от пролета – 2 см на каждый метр пролета с добавлением еще 7-9 см; таким образом длина заделываемого в стену конца балки составляла от 15 см для балки длиной 2.7 м до 25 см для балки длиной 7.5 м;

- с целью уменьшения размера гнезд в стене опорная часть балок обтесывалась на четыре канта и не имела черепов (рис. 79а);

- под концы балок укладывались подкладки из осмоленной доски толщиной 4-5 см в качестве изолирующего слоя от влажной кирпичной кладки; вокруг балки и за ее торцом в гнезде оставлялись вентиляционные зазоры, исключавшие гниение древесины (рис. 79б).

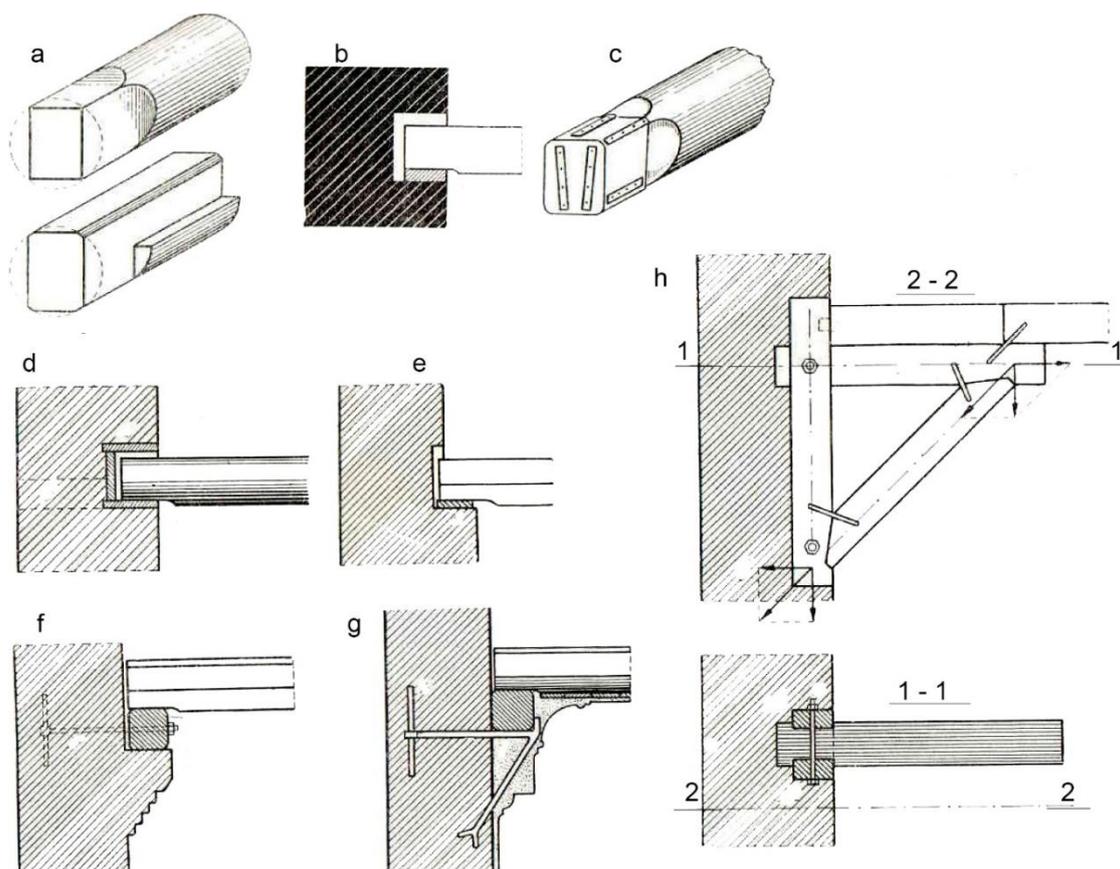


Рисунок 79 – Попираие деревянных балок на кирпичные стены: а – обтесанные концы балок; б – установка балки на осмоленную подкладку; с – обивка конца балки войлоком с креплением дранкой; д – прозор в стене (пунктир) для проветривания заделанного конца балки; е – опираие балки через подкладку на обрез стены; ф – опираие балки на выступ стены через мауэрлат; г – опираие балки на железные кронштейны через мауэрлат; h – опираие укороченных балок на деревянную консоль [33]

Если древесина балок была не высокого качества, ее сохранность во времени обеспечивалась такими мерами [33]:

- в гнезда стены вставлялись деревянные короба из досок толщиной 4-5 см, хорошо осмоленные со всех сторон, чтобы исключить их гниение (рис. 79d); часто вместо коробов использовали другой прием – обертывали концы балок толем;

- концы балок на длину заделки покрывались раствором сулемы (или раствором медного или цинкового купороса), затем обмазывались горячей смолой, при этом торец смолой не покрывался с тем чтобы исключить в теле балки накопление влаги; осмоленные концы обивались с боков и с торца войлоком, зафиксированным узкими дощечками – дранкой (рис. 79с);

- балка устанавливалась в короб гнезда так, чтобы со всех сторон сохранялся зазор в 3.5-5 см;

- в стенах против торца каждой балки оставляли сквозное отверстие размером 13.5x13.5 см – прозор – для облегчения проветривания концов в течение первого года, пока кладка стен еще сохраняет избыточную влагу; заделка отверстий снаружи осуществлялась кирпичом при окончательной отделке фасадов (рис. 79d).

В случае, если концы балок надежно изолировались, т.е. покрывались раствором сулемы, смолились, а затем обивались войлоком или толем, они могли быть заделаны в стены вплотную, без зазоров.

При малой глубине заделки балки в стену (менее 15 см для балок длиной более 3 м) предусматривалась их анкеровка в кладку с помощью полосового анкера и железных штырей.

При наличии поэтажного утолщения стен, гнездо устраивалось меньшей глубины, и балка опиралась большей частью на обрез стены (рис. 79е); например, при ширине обреза 13 см и пролете балки 6 м она заходила в гнездо стены только на 7-9 см. Иногда с целью исключить глубокие гнезда и возможное в дальнейшем промерзание стен в зоне гнезд в стене делали выступы, на которые укладывались мауэрлаты, а на них – балки (рис. 79f). Вместо кирпичных выступов встречаются железные кронштейны (рис. 79g) или деревянные консоли (рис. 79h), позволявшие перекрывать большой пролет меньшими по длине балками. Консольные элементы требовали объемной декоративной обшивки.

Кроме балок основными и обязательными составляющими деревянного балочного перекрытия являются черный пол, или межбалочное заполнение, и смазка, для междуэтажных перекрытий дополнительно – подшивка, штукатурка, чистый пол. Сначала межбалочное заполнение устраивалось с применением

накатника – тонких бревен диаметром 11-14 см, из пластин (половин бревен диаметром 22 см), а в более поздний период – из досок толщиной не менее 4 см в один или два ряда с прокладкой войлоком или толем.

Черный пол служил для поддержания смазки и был двух видов – простильный и наборный (рис. 80).

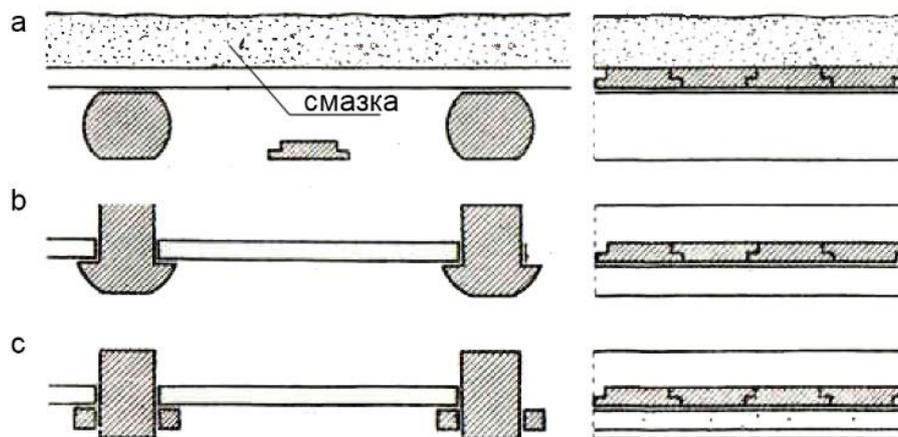


Рисунок 80 – Черные полы в перекрытиях по деревянным балкам: а – простильный черный пол с опиранием по верху балок; б – наборный черный пол с опиранием на черепа бревенчатых балок; с – наборный черный пол с опиранием на черепные бруски брусчатых балок [33]

Простильные черные полы применялись в чердачных перекрытиях, а также при устройстве «чистых потолков» и устраивались из сосновых досок толщиной 6 см, настилаемых по верху балок, сплачиваемых в четверть и прибиваемых к балкам гвоздями (рис. 80а).

Наборные черные полы (подборы) применялись в междуэтажных перекрытиях: короткие сосновые доски толщиной 4-6 см в зависимости от веса смазки укладывались на черепа балок и заполняли собой межбалочное пространство без крепления к балкам (рис. 80б, 80с).

Слой смазки предназначался для уменьшения тепло-, газо- и звукопроводности потолков. Материал смазки должен был быть легким, огнестойким, не приводить к гниению деревянных балок и черных полов. Смазка устраивалась из глины, половняка, строительного мусора, пробковых обрезков и проч. (рис. 81).

Глиняная смазка (рис. 80а) делалась из сырой глины, уложенной по доскам черного пола толщиной слоя в 9-13 см с последующей трамбовкой. Если глина была жирной и при высыхании растрескивалась, то по истечении 4-6 месяцев после устройства такую смазку заливали сверху известковым прыском с целью заполнить трещины или вместо заливки засыпали 9-сантиметровый слой смазки слоем песка толщиной 4-10 см [33].

Смазка из половняка (кирпичная смазка) выполнялась по слою мятой глины толщиной 2-4 см (рис. 81a). Кирпич-половняк укладывался максимально плотным слоем, вжатым в глину, излишки которой заполняли швы между кирпичами. Для снижения звукопроводности в толщу смазки иногда вводили войлок или слой толя или устраивали двойную кирпичную смазку (рис. 81b): по первому ряду вжатого в глину кирпича укладывается новый слой глины, в который вжимается верхний слой кирпичей. После просушки смазка проливается сверху известковым прыском, а по балкам укладываются бруски высотой 6-7 см для устройства чистых полов. Общая толщина одинарной кирпичной смазки составляла 8-9 см, двойной – 13-17 см.

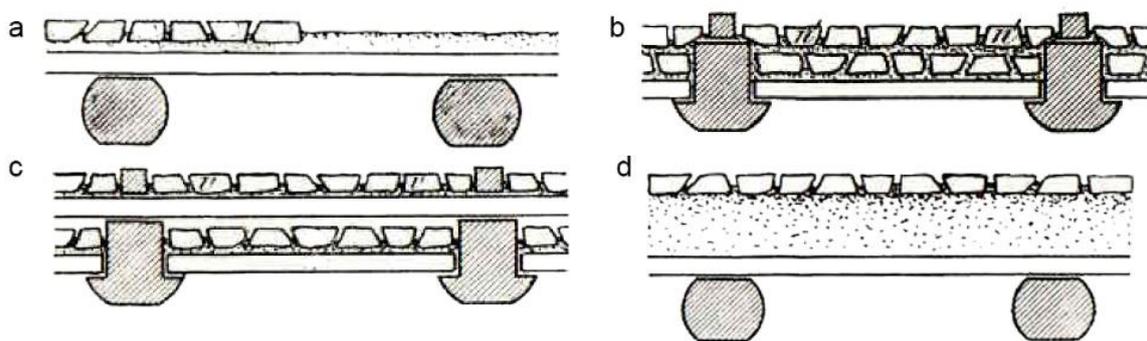


Рисунок 81 – Смазка в перекрытиях по деревянным балкам: а – кирпичная смазка (из половняка по глине); б – двойная кирпичная смазка; в – двойная кирпичная смазка с двойным черным полом; д – смазка из засыпки строительным мусором [33]

Максимальные изоляционные качества перекрытий по деревянным балкам достигались при устройстве двойной кирпичной смазки с двойным черным полом (рис. 81c): сначала по подбору устраивается обычная кирпичная смазка, после просушки которой по балкам настилается простильный черный пол из досок толщиной 5-6 см; по черному полу вдоль основных балок укладывают бруски для настила чистого пола, а между брусками располагается вторая кирпичная смазка. Эффективность такого варианта смазки повышалась при укладке кирпича по войлоку или толю.

В любом случае использования глины (долго удерживает в себе влагу) при устройстве смазки необходимо было обеспечить ее полную просушку до настилки чистых полов, чтобы избежать увлажнения и гниения досок пола, или по углам помещений оставляли в полах отверстия, закрытые решеткой и позволяющие вентилировать глиняные слои до их полного высыхания.

Самый дешевый вариант смазки представлял собой слой строительного мусора (кирпичный бой, известь, глина, опилки, земля, др.) толщиной 9-25 см, насыпанным по картону или толю на черном полу с последующим легким

трамбованием. На чердаках такая смазка покрывалась известковым прыском или выстилалась половником с покрытием известковым прыском, чтобы не было пыли (рис. 81d).

Поздним вариантом считается бетонная и гипсовая смазки. При бетонной смазке тощий бетон сложного состава с добавлением кирпичного щебня, шлака (изгарина) укладывается на черный пол слоем в 7-13 см и утрамбовывается. Иногда для чердаков комбинировали смазки из мусора и бетона: на слой мусора толщиной 9-13 см укладывали слой бетона толщиной 5-7 см. Гипсовая смазка представляла собой массу пробковый отходов, залитых в несколько приемов жидким алебастровым раствором. Монолитные гипсовые смазки имели альтернативу в виде гипсовых досок толщиной 7.5-10 см, укладываемых по черепам или по черепным брускам балок с заделкой швов гипсовым раствором. Гипсовые доски изготавливались из смеси камыша, драни, соломы, залитой алебастровым раствором. При устройстве гипсовых смазок во избежание гниения дерева, контактирующего с гипсом при увлажнении среды, дерево от гипса изолировалось толем или просмоленным картоном, а в случае использования гипсовых досок черепа или черепные бруски балок промазывались горячей смолой или карболинеумом (продукт перегонки дегтя).

Устройство потолков (рис. 82) осуществлялось по следующим вариантам: подшивка доской с оштукатуриванием; подшивка доской и покраска; чистый потолок без подшивки.

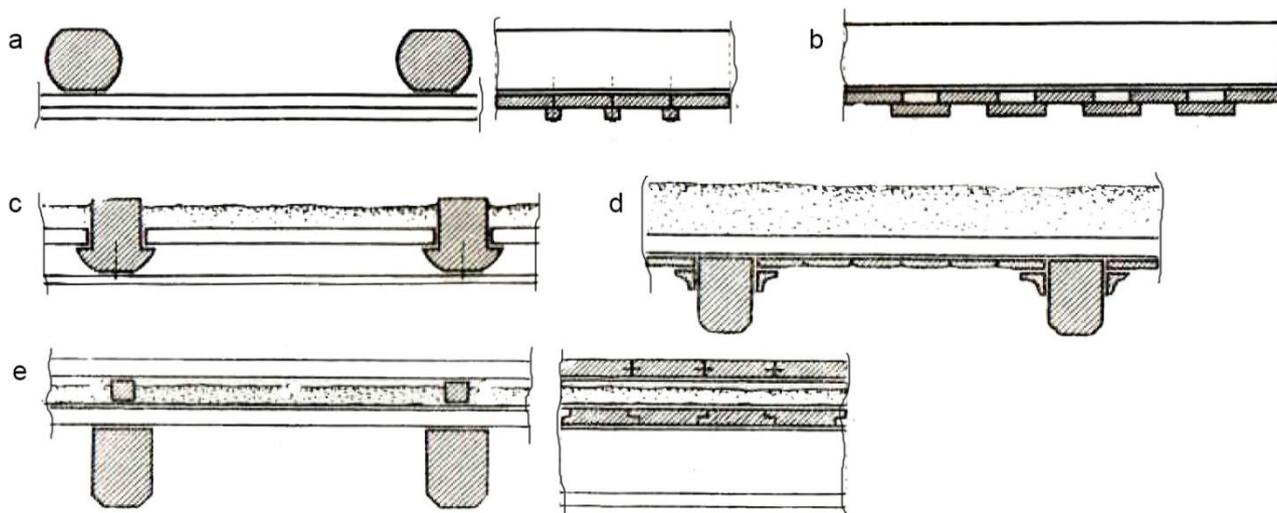


Рисунок 82 – Потолки в перекрытиях по деревянным балкам: а – чистая подшивка доской впритык; б – чистая подшивка доской вразбежку; с – подшивка из гипсовых досок; д – чистые потолки с открытыми балками в чердачном перекрытии; е – чистые потолки с открытыми балками и чистыми полами в междуэтажном перекрытии [33]

Подшивка под штукатурку устраивалась из сосновых досок толщиной 2.5 см, прибиваемых к балкам гвоздями. Снизу подшивка подбиралась накрест дранью и оштукатуривалась известковым раствором с добавлением алебастра.

Чистая подшивка предусматривала использование чисто струганых сосновых или еловых досок толщиной 2.5 см или еловой вагонной обшивки (узкая доска) толщиной 1.25-2 см, прибитых гвоздями к балкам. Доски прибывались в один ряд впритык с набивкой на швы реек, прикрывающих щели от усушки досок (рис. 82а), или доски прибывались вразбежку и образовывали два слоя (рис. 82б). Один из вариантов чистой подшивки – крепление к балкам тонких гипсовых досок (2.5-4 см) с заполнением швов алебастровым раствором и затиркой алебастровым раствором поверхности потолка (рис. 82с). Дорогостоящий гипсовый вариант повышал огнестойкость перекрытий.

Чистые потолки предусматривали визуально открытые снизу и чисто оструганные снизу и с боков брусчатые балки, уложенные с равным шагом и параллельно стенам (рис. 82д). По балкам устраивается простильный черный пол с использованием струганой снизу и шпунтованной доски, а сверху – смазка по слою картона или толи между брусками над каждой балкой для устройства чистого пола. Чистые потолки покрывались олифой или масляной краской.

Общая толщина перекрытия по деревянным балкам в среднем составляла 45 см (10 вершков).

Следует указать, что в Санкт-Петербурге перекрытия по деревянным балкам были наиболее распространены, несмотря на появление в конце XIX века металлических балок. С целью увеличения пролета перекрытий по деревянным балкам их делали двойными по высоте: один уровень балок принимал на себя основную нагрузку, а второй (нижний уровень) балок использовался для крепления потолочных конструкций. С введением металлического крепежа в деревянных перекрытиях и с началом использования металлических балок пролеты перекрытий увеличивались, вслед за этим росла высота этажей, т.е. менялись объемно-планировочные характеристики всего здания [4].

Перекрытия по металлическим балкам применялись в застройке Санкт-Петербурга с последней трети XIX века и позволяли перекрывать большие пролеты по сравнению с деревянными балками (обычно до 11 м), имели меньшую высоту сечения, были более надежны в работе, не горели, обеспечивали совместную работу несущих стен, т.е. обеспечивали пространственную жесткость сооружению. Преимущества преобладали над недостатками – большая стоимость и более низкая звукоизоляция перекрытия.

Сначала в качестве балок перекрытий использовались рельсы, сечение которых было не выгодно, но они были доступны. Позже стали использовать прокатные и клепаные балки, чаще всего двутавровые балки длиной до 12 м и высотой сечения 22-27 см (высота сечения определялась расчетом). Большой пролет для прокатных балок был редкостью, и такие балки изготавливались на заказ. Шаг металлических балок составлял 0.8-1.4 м [33].

Заделка металлических балок в кирпичную стену жилого здания зависела от пролета и учитывала действующие в жилье нагрузки:

- длина заделываемых концов балки составляла от 15-18 см при пролете 2-4 м до 25-27 см при пролете 8-10 м;

- чтобы распределить сосредоточенную нагрузку от балки на большую часть кладки стены при пролетах свыше 6 м и при большой нагрузке под балку подкладывали лещадную плиту или чугунные плитки толщиной 2-2.5 см шириной и длиной 20-25 см, подобно деревянным подкладкам при использовании деревянных балок;

- концы балок плотно заделывались в кладку и располагались на удалении не менее 40 см от наружной поверхности стены с целью исключить промерзание и образование конденсата при охлаждении;

- балки укладывались на стены с учетом наличия каналов в стене подобно тому, как это делалось при деревянных балках;

- балки не укладывались над проемами в стенах или, если этого нельзя было избежать, перемычка над проемом увеличивалась по высоте на один кирпич или под конец балки подкладывали рельс или другую металлическую балку высотой сечения 10-12 см и длиной 0.8-1 м;

- для снижения звукопроводности иногда заделываемые концы обертывали войлоком или толем;

- совместная работа стен и балок обеспечивалась анкерровкой последних с помощью анкеров из полосового железа с отогнутыми концами или с вертикальными штырями; две балки, опираемые по одной линии на одну стену, так же соединялись парными полосовыми анкерами между собой.

Составляющие перекрытий по металлическим балкам аналогичны решениям, представленным выше для перекрытий по деревянным балкам (рис. 83).

Черные полы делали простильными для чердачных перекрытий (рис. 83а): сосновые доски толщиной 6 см настилались поверх балок в перпендикулярном им направлении, поверх досок – смазка.

Наборный черный пол для междуэтажных перекрытий (рис. 83б) состоял из коротких досок толщиной 4-6 см, уложенных концами на нижние полки дву-

тавровых балок. Чтобы балка снизу не выступала, доски подбора в зоне опирания подрезались (рис. 83с).

Смазки для перекрытий по железным балкам выполнялись аналогично перекрытиям по деревянным балкам, при этом преимуществом обладали пробково-гипсовые и соломенно-гипсовые смазки по причине их меньшего веса и малой теплопроводности; для междуэтажных перекрытий лучшим вариантом считалась смазка с применением строительного мусора или тощего бетона по картону.

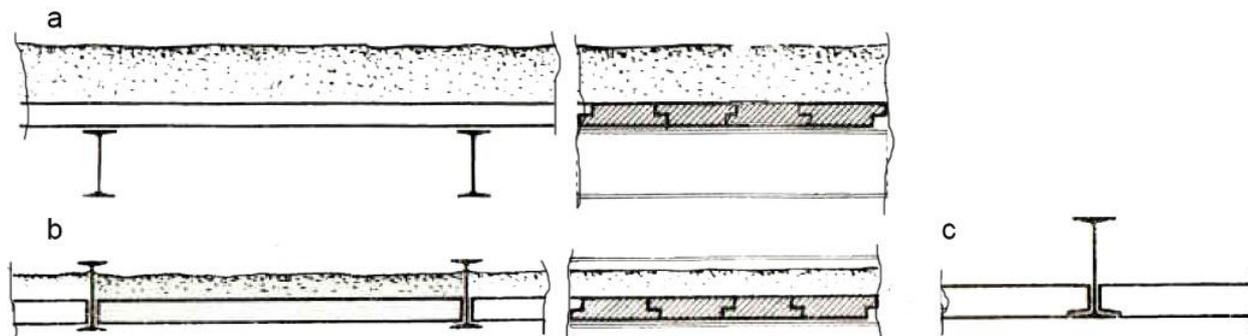


Рисунок 83 – Черный пол в перекрытиях по металлическим балкам: а – простильный черный пол чердачного перекрытия; б – наборный черный пол междуэтажного перекрытия; в – стык подбора и металлической балки с подрезкой доски подбора [33]

Потолок подшивался в случае наборного черного пола досками толщиной 2.5 см; при этом доски могли располагаться параллельно, перпендикулярно, или под углом к балкам. Такая обшивка применялась если доски подбора не имели подрезки на опоре и подлежала подбивке дранью и оштукатуриванию (рис. 84а). Если доски подбора прирезались по полкам балок, то подшивку обычно не делали, а на подбитую к черному полу дрань наносили штукатурный слой. Для лучшей звукоизоляции под штукатурный слой вводили слой войлока.

При простильных черных полах потолки устраивались двумя способами. По первому способу вместо подшивки устраивался подбор из досок толщиной 4-5 см; доски прижимались планками к нижним поясам балок и расклинивались от верхних поясов (рис. 84б). В отдельных случаях подшивка из досок прибивалась к поставленным на ребро на нижние полки балок кобылками из досок толщиной 5-6 см (рис. 84с). Кобылки устанавливались с шагом 1 м и расклинивались для сохранения устойчивого положения. По этому варианту звукоизоляция и теплозащита перекрытия были выше.

Конструкция подвального перекрытия по металлическим балкам (рис. 84д) выполнялась следующим образом: подшивка прибивалась к кобылкам из досок или брусков (6-7.5 см); по кобылкам выстилался черный пол из досок толщиной 4-5 см, расположенных параллельно балкам; по черному полу после

слоя картона и толя или войлока и толя устраивалась смазка вровень с верхним поясом балки; по балкам укладывались доски-подкладки толщиной 4-5 см, а по ним настилался чистый пол. Иногда на подкладки в перпендикулярном направлении укладывалась подрешетка из досок толщиной 5-6 см с шагом элементов, равным 1 м, и сверху настилался чистый пол.

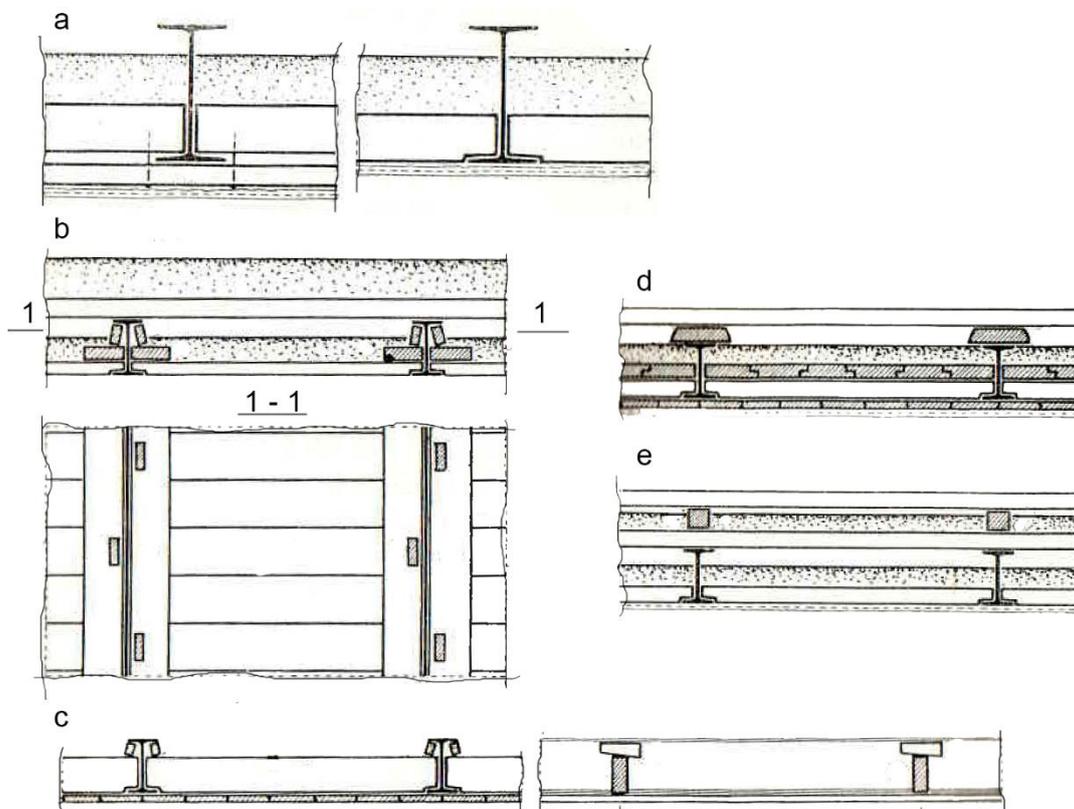


Рисунок 84 – Потолки в перекрытиях по металлическим балкам: а – оштукатуривание по подшивке к доскам черного пола (слева) и оштукатуривание по драни (справа); б – оштукатуривание подбора, прижатого к нижнему поясу балок, планками, расклиненными от верхних поясов; с – оштукатуривание подшивки, закрепленной к расклиниваемым кобылкам; d – конструкция подвального перекрытия; e – конструкция междуэтажного перекрытия с двойным черным полом [33]

Второй способ устройства потолков при простильных черных полах (рис. 84e) заключался в замене подшивки черным наборным полом со смазкой по картону или толю. По балкам настилают второй черный пол из досок толщиной 4-5 см, вдоль над балками укладывают бруски толщиной 6 см, между которыми устраивается вторая смазка по толю или картону. Чистый пол настилается или прямо по брускам или по подрешетке из досок толщиной 6 см.

Для снижения звукопроводности часто под бруски и под доски обрешетки подкладывался войлок с толем, отделявший железную балку от других элементов перекрытия.

Толщина перекрытия по металлическим балкам была меньше, чем в случае деревянных балок, и достигала 35 см [34].

Огнестойкие балочные перекрытия начали использоваться со второй половины XIX века. В основе огнестойкого перекрытия лежат металлические балки в виде рельс, железных клепаных двутавровых, чугунных (с кирпичным или горшечным заполнением и при частых опорах), прокатные двутавровые германского и российского производства. Концы балок, просмоленные и обернутые войлоком, заделывали в стену на 35 см.

Межбалочное огнестойкое заполнение устраивалось с применением кирпичных сводиков («пруссские» сводики толщиной в полкирпича по металлическим балкам), монолитных бетонных сводиков малой толщины, а также к началу XX века стали использоваться плиты Монье, привозимых на стройку в готовом виде (плиты армировались проволокой или имели в себе керамиковые пустотелые камни, имеющие вид клиньев свода) [4].

Кирпичные своды между балками (рис. 85) устраивались толщиной в полкирпича, выкладывались по опалубке и кружалам на цементно-песчаном (состав 1:3) или цементно-известково-песчаном растворе (состав 1:1:6).

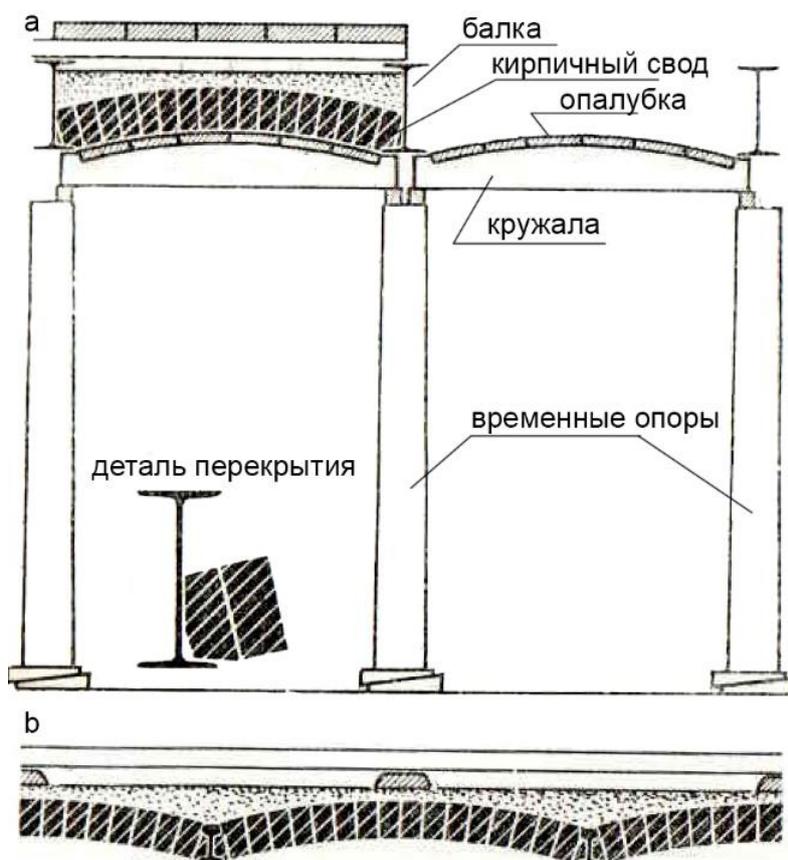


Рисунок 85 – Огнестойкое перекрытие с кирпичными сводами: а – возведение кирпичных сводиков по металлическим балкам; б – кирпичные сводики по рельсам с устройством полов по лагам [33]

Шаг железных балок составлял от 1 до 1.5 м, при использовании в качестве балок железнодорожных рельс шаг их установки не превышал 1 м. Стрела подъема кирпичного сводика составляла 9-15 см. По сводикам устраивали смазку из мусора или тощего бетона и выше укладывали лаги непосредственно на смазку или на кирпичные подкладки, или по балкам устраивали подрешетку, по которой настилали чистый пол.

Бетонные сводики между металлическими балками (рис. 86) устраивались тоже по опалубке, при этом шаг балок не превышал 2 м и обычно составлял 1-1.25 м. Подъем свода на каждый метр пролета принимался равным 6 см. Верхняя поверхность сводов могла быть горизонтальной или криволинейной. При малой высоте балок они полностью закрывались толщиной бетонного свода.

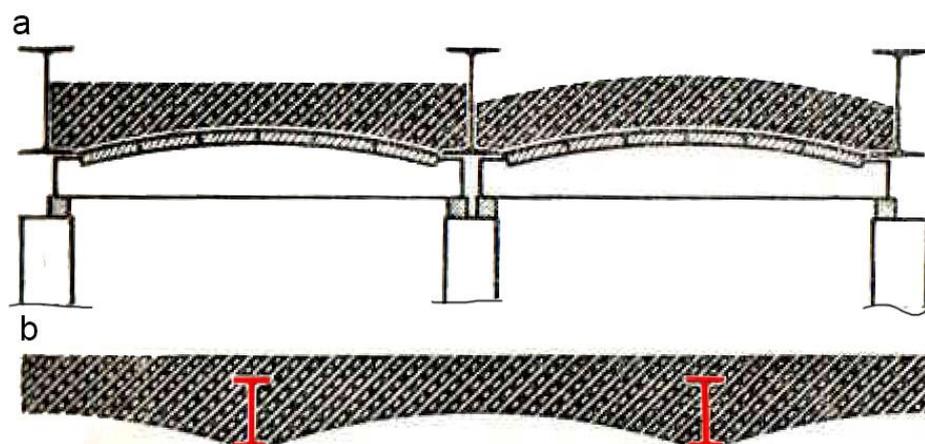


Рисунок 86 – Огнестойкое перекрытие с монолитными бетонными сводами:
 а – свод с горизонтальной или криволинейной поверхностью по металлическим балкам;
 б – свод малой высоты металлических балок [33]

Межбалочное заполнение выполнялось также в виде плоских монолитных бетонных плит толщиной 9-12 см при пролете балок от 0.5 до 1.25 м. К началу XX века стали использовать монолитное межбалочное заполнение с армированием, что позволило увеличить шаг балок до 2.5 м, а при необходимости даже до 4 м [33].

Кроме описанных выше вариантов устройства перекрытий в жилых домах исторической части Санкт-Петербурга встречаются и другие решения, особенно в тех постройках, которые пережили реконструкцию и многочисленные ремонты. Варианты конструктивного решения перекрытий в домах исторической жилой застройки конца XIX – начала XX веков представлены на рис. 87 [34].

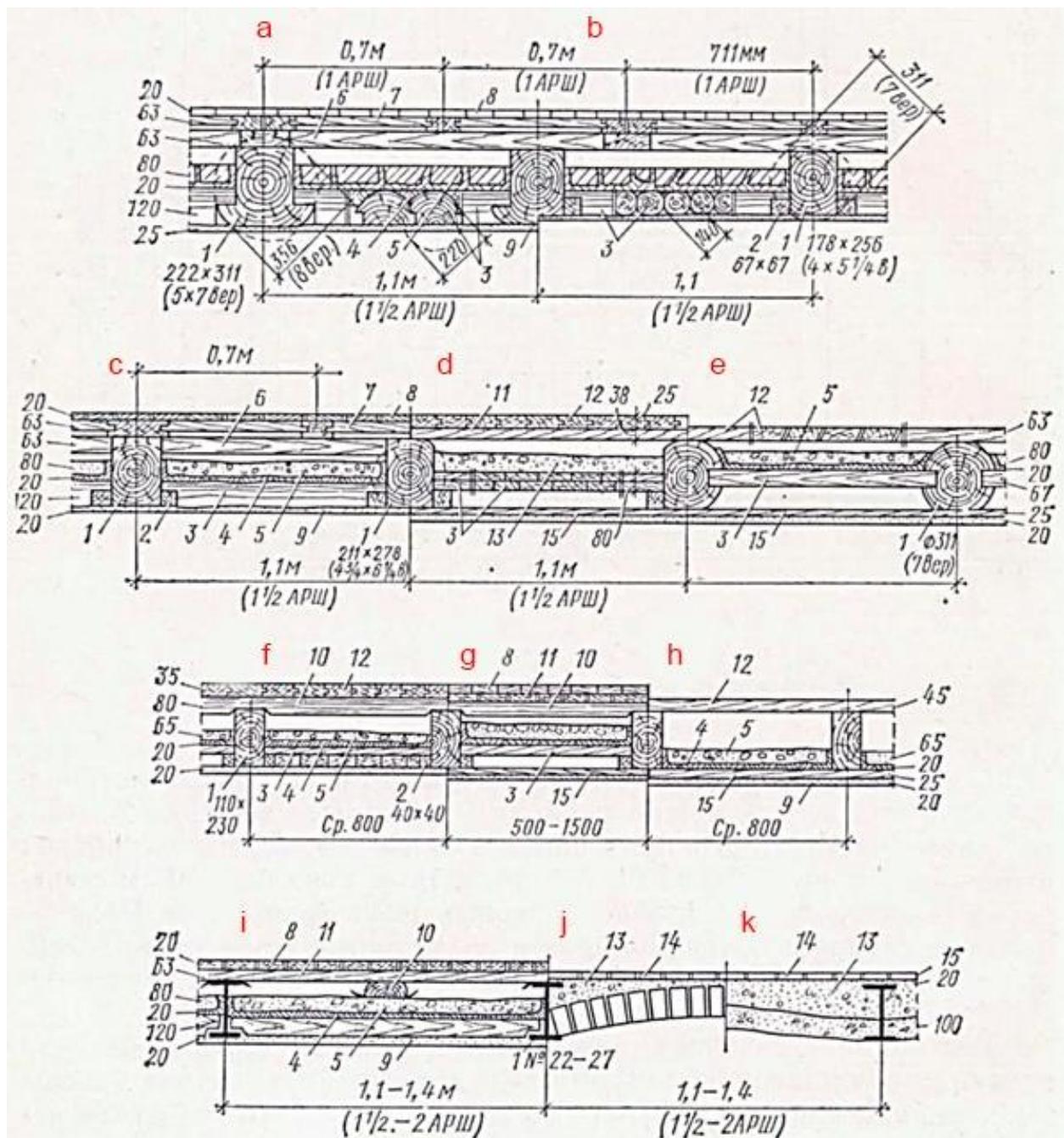


Рисунок 87 – Перекрытия в зданиях рядовой застройки конца XIX – начала XX веков: а – перекрытие по деревянным балкам с черепами, обрешетка на балках, накат из пластин; б – то же, балки с черепными брусками, подбор из накатника; с – то же, обрешетка между балками; д – то же, балки с жуковинами, накат (подбор) из двух слоев досок, подшивной потолок, пол из двух слоев досок (черный и чистый); е – то же, балки круглые, подбор в пазах, пол из шпунтованных досок, подшивной потолок; ф – балки из брусьев, щитовой накат (доски внизу, рейки сверху), пол из шпунтованных досок по лагам; г – дощатый накат, подшивной потолок, пол из двух слоев досок по лагам; h – подшивной накат, дощатый пол; i-k – перекрытия по металлическим балкам: i – с деревянным заполнением; j – с кирпичными сводами; k – с бетонным заполнением; 1 – балка; 2 – черепной брусок; 3 – накат; 4 – глиняная смазка; 5 – выстилка кирпичом, засыпка строительным мусором, легкий бетон; 6 – обрешетка; 7 – щит основания паркета; 8 – паркет; 9 – штукатурка; 10 – лага; 11 – пол черный дощатый; 12 – то же, чистый; 13 – тощий бетон; 14 – пол из керамических плиток на цементном растворе; 16 – подшивка потолка [34].

Контрольные вопросы

Сводчатые перекрытия

1. Назовите виды и покажите схемы сводчатых перекрытий в петербургских жилых постройках, укажите места расположения сводов в зданиях и материалы сводов. Дайте краткую характеристику различным типам сводов (формообразование, схема передачи нагрузки)

2. Обоснуйте работу свода как распорной системы и покажите на схемах отличие «ложного» и настоящего свода.

3. Покажите на схеме и поясните геометрические параметры (пролет, высота сечения) и работу цилиндрического свода (коробового свода), обоснуйте наличие гуртов, пилонов в опорных стенах и распалубок. Назовите главное условие стабильности работы кладочного свода.

4. Покажите на схеме и дайте общую характеристику работы крестового свода. Укажите роль диагональных ребер в работе свода.

5. Покажите на схеме и дайте общую характеристику работы сомкнутого свода. Укажите роль диагональных (угловых) вставок и распалубок в работе свода.

6. Дайте понятие ползучего коробового свода, покажите его схематично и назовите область применения в гражданских зданиях исторической застройки.

7. Дайте понятие косоугольного коробового свода, покажите его схематично и назовите область применения в гражданских зданиях исторической застройки.

8. Покажите на схеме и поясните организацию двухмаршевой лестницы на стенах с арочно-сводчатыми конструкциями.

9. Покажите на схеме и поясните организацию двухмаршевой лестницы на столбах с арочно-сводчатыми конструкциями.

10. Покажите на схеме и поясните организацию двухмаршевой лестницы на ползучих сводах.

11. Покажите на схеме и поясните организацию трехмаршевой лестницы на ползучих сводах.

12. Покажите на схеме и дайте общую характеристику конструктивного решения «пруссского» свода. Обоснуйте целесообразность применения данного типа свода в жилых зданиях. Укажите отличия в работе «пруссского» и коробового сводов.

13. Покажите на схеме и дайте общую характеристику работы зеркального свода. Укажите геометрические параметры элементов свода.

Балочные перекрытия

1. Назовите виды балочных перекрытий в жилых зданиях исторической застройки Санкт-Петербурга и укажите периоды их применения.

2. Назовите составляющие традиционного решения балочного перекрытия, укажите основные виды используемых материалов и назначение различных элементов перекрытия.

3. Покажите на схемах и укажите параметры деревянных балок (пролеты, сечения, шаг установки).

4. Покажите примерную схему раскладки деревянных балок в помещении с проемами и каналами в стенах. Поясните показанное на схеме.

5. Покажите схематично варианты опирания деревянных балок на стены, обозначьте элементы сопряжения, их материалы и назначение.

6. Поясните, что такое «черный пол» деревянного балочного перекрытия, каково его назначение и какие он имел решения в исторических постройках? Поясните ответ схемами.

7. Что такое «смазка» в структуре деревянного балочного перекрытия, каково ее назначение, из каких материалов устраивалась. Поясните ответ схемами.
8. Покажите на схемах и поясните конструктивное решение потолков при деревянных балочных перекрытиях.
9. Дайте краткое сравнение балочным перекрытиям с применением деревянных и металлических балок по показателям конструктивного и экономического характера.
10. Покажите на схемах варианты перекрытий с применением металлических балок, обозначьте составляющие элементы, их назначение и материалы.
11. Покажите на схемах и поясните, с какой целью устраивали перекрытия с двойным черным полом и двойной смазкой.
12. Покажите на схемах вариант огнестойкого балочного перекрытия с кирпичными сводами, укажите его элементы, их назначение и материалы.
13. Покажите на схемах вариант огнестойкого балочного перекрытия с бетонными сводами, укажите его элементы, их назначение и материалы.

3.4 Покрытия

Покрытия в сохранившихся жилых зданиях исторической застройки Санкт-Петербурга практически все скатные, выполнены с металлической кровлей и основаны на деревянной стропильной системе. Крыши большей частью чердачные, но уже в XVIII веке появились мансарды, сначала как выгороженные в объеме чердака помещения, а позже, в конце XIX века, мансарда как этаж получила архитектурное оформление [2].

На первом этапе строительства города, в 1700-е годы при строительстве жилых домов практиковались старые приемы устройства земляных кровель по слоям гидроизоляции из бересты. Позже, в 1710-х годах крыши стали скатные, кровля выполнялась деревянной из теса и гонта. К 1720-м годам такие крыши были запрещены указом императора, и появились варианты кровли с применением черепицы, металла (луженая жечь, медь, реже – свинцовые листы). Кровли из луженой жести получили в Санкт-Петербурге наибольшее распространение. Медные кровли применялись для уникальных зданий. С начала XX века снова стала популярным вариантом черепичная крыша.

Мода начала XVIII века на сложные по форме крыши с многочисленными переломами, подобно европейским образцам, в северном петербургском климате не прижилась в силу невозможности в то время обеспечить должные изоляционные качества, поэтому в 1734 году по императорскому указу такие крыши были запрещены и заменены на простые четырехскатные. Вместо запрещенных мансард лицевые корпуса домовладений могли иметь одноуровневые мезонины. Устройство мансарды как жилого этажа в рядовой застройке столицы официально было разрешено только с конца XIX века [17].

Стропильные деревянные системы, применявшиеся в жилых домах, позволяли перекрывать пролеты от 6-9 до 15-18 м. Уклон скатов кровли со временем установился в пределах 18-30°.

Формы крыш столичных жилых построек разного времени представлены на рис. 88 и разделяются на следующие типы:

- односкатная – применялась для однопролетных дворовых корпусов, хозяйственных построек;
- двухскатная, или щипцовая;
- четырехскатная, или вальмовая (вариант – полувальмовая);
- шатровая, характерная для многоугольного плана;

- крещатая (крестовая) – двускатные покрытия на плане крестовидной формы;

- мансардная.

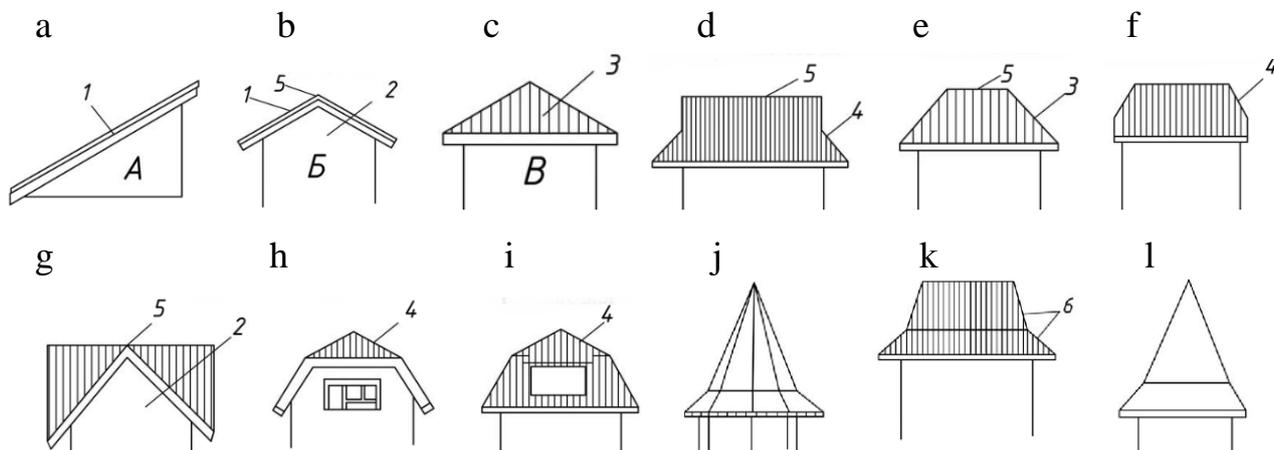


Рисунок 88 – Типы крыш по форме в зданиях застройки конца XIX – начала XX веков:

a – односкатная; b – двухскатная щипцовая; c – шатровая; d – полувальмовая; e – вальмовая; f – полувальмовая; g – крещатая, или крестовая (многощипцовая); h – полувальмовая; i – мансардная вальмовая; j – пирамидальная; k – полувальмовая; l – коническая; 1 – скат; 2 – щипец; 3 – вальма; 4 – полувальма; 5 – конек; 6 – ломаный скат [17]

Популярность скатных крыш была обусловлена, во-первых, традицией, во-вторых, отсутствием атмосферостойкого кровельного материала с герметично стыкующимися элементами.

С переходом на металлическую кровлю конструкции наиболее распространенных деревянных стропильных покрытий почти не менялись и осуществлялись в двух вариантах решений (рис. 89):

- наслонные стропила (рис. 89а, 89б) – используются при наличии в здании промежуточных опор в дополнение к наружным стенам; каждая стропильная нога как основной элемент системы имеет две неподвижные опоры;

- висячие стропила (рис. 89с) – используются при отсутствии промежуточных опор, решаются по принципу треугольной фермы или фермы с ломаным верхним поясом с ее опиранием на наружные стены.

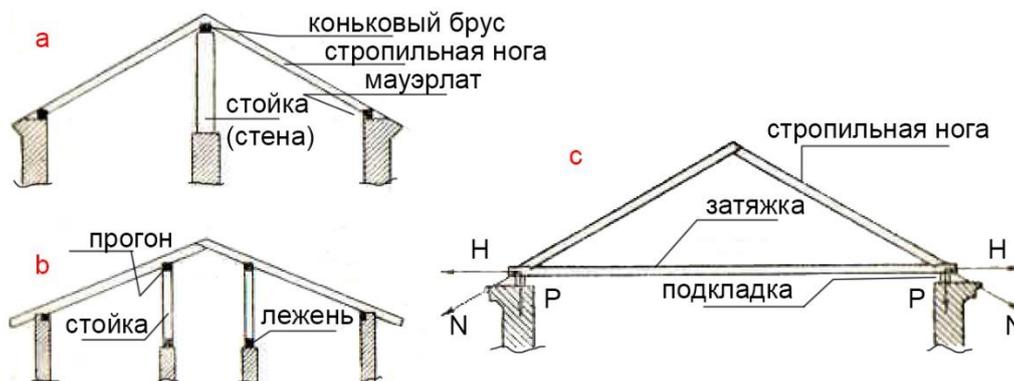


Рисунок 89 – Принципиальные решения стропильных систем: а – наслонная система с одной промежуточной опорой; б – наслонная система с двумя промежуточными опорами; с – система висячих стропил [33]

Основное отличие в работе двух систем в том, что в наслонных системах не возникает распорных усилий, а в висячих системах распор формируется и этим объясняется обязательное наличие нижнего элемента системы – затяжки, воспринимающей горизонтальное усилие распора.

3.4.1 Наслонные стропила

Наслонные стропила односкатных крыш (рис. 90) устраиваются с шагом стропильных балок, равным 1.8-2.0 м, и с их опиранием по концам на мауэрлаты, уложенные на стену на разных высотных отметках.

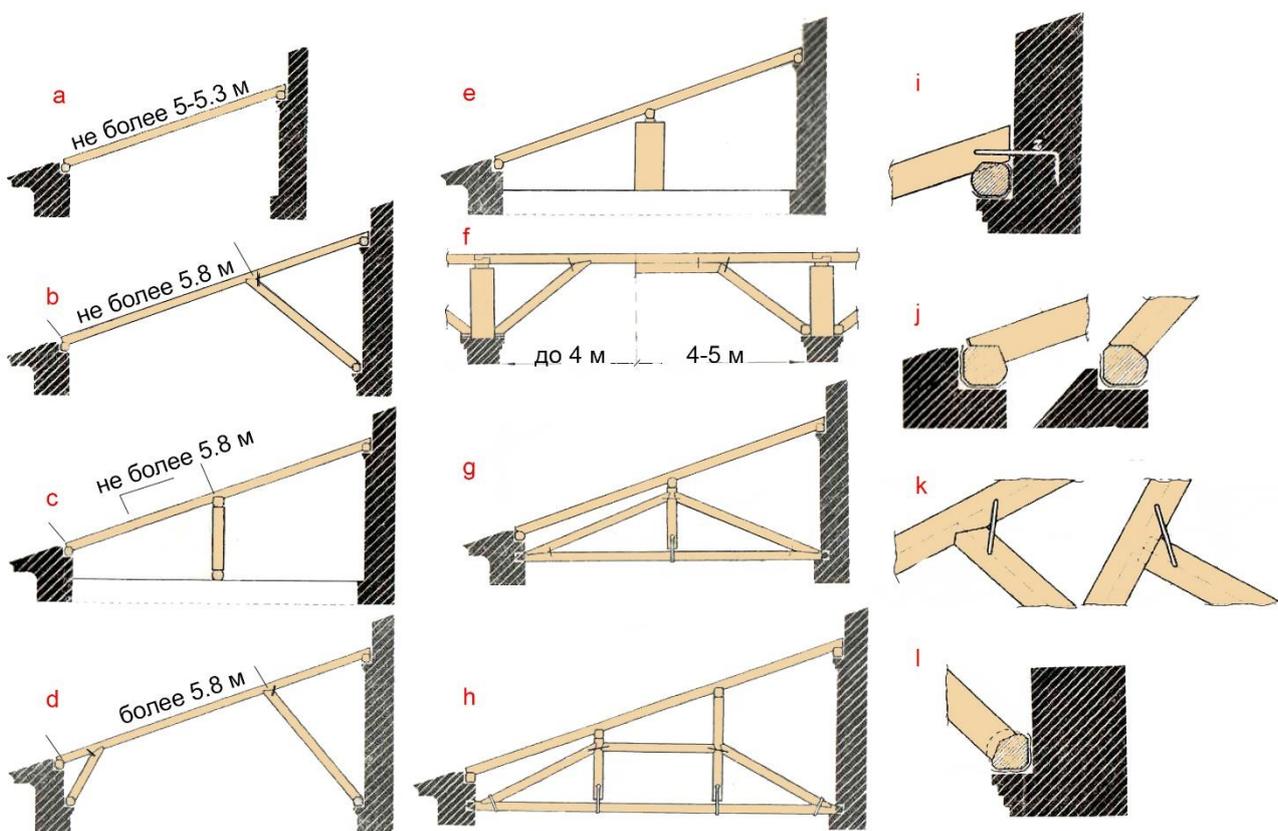


Рисунок 90 – Наслонные стропила односкатных крыш: а – стропила малого пролета с опиранием на стены; б – стропила с промежуточной опорой в виде подкоса; с – то же с опорой в виде промежуточного прогона на стойках; д – стропила большого пролета с двумя промежуточными опорами в виде подкосов; е – то же с промежуточной опорой на прогон по кирпичным столбам; ф – организация дополнительных опор промежуточного прогона при большом шаге поперечных несущих стен; г – организация промежуточной опоры стропильной ноги с помощью висячей ферменной системы; h – организация двух промежуточных опор стропильной ноги с помощью висячей ферменной системы; l – опирание стропильной ноги на верхний мауэрлат врубкой с анкерровкой в кладку; j – варианты опирания стропильной ноги на нижний мауэрлат врубкой; k – варианты

сопряжения стропильной ноги и подкоса: соединение зубом – слева, соединение гребнем – справа; 1 – опирание подкоса на мауэрлат [33]

Такая система была жизнеспособной при длине стропильных ног не более 5.0-5.3 м (рис. 90a). При большей длине стропильной ноги ее чрезмерный прогиб требует организации промежуточной опоры, например, посредством устройства подкоса (рис. 90b) или стоек, объединенных нижним прогоном, уложенным на поперечные стены и верхним прогоном, на который передают свою нагрузку стропильные ноги (рис. 90c).

Мауэрлат изготавливался из бревна диаметром 22-27 см с отеской на два канта и защитой тесаных сторон, примыкающих к кладке, смолением и обивкой войлоком (рис. 90i, 90j). Соединение стропил с мауэрлатом осуществлялось врубкой, на верхнем уровне дополнительно предусматривался анкер.

Врубка подкосов в стропильные ноги выполнялась зубом, а если оси были перпендикулярны, то вместо зуба врубка производилась гребнем, когда выступающая часть сечения подкоса вставлялась в паз стропильной ноги (рис. 90k). Подкос с ногой дополнительно скрепляется скобами, а внизу врубается в прогон (рис. 90l).

При расположении подкосов выполнялись следующие правила [33]:

- подкос является опорой стропильной ноге в средней трети ее длины;
- оси стропильной ноги и подкоса должны быть примерно перпендикулярны;
- угол наклона подкоса к горизонтали должен быть не менее 45°;
- длина стропильной ноги от верхнего конца до подкоса не должна превышать 5 м; длина оставшейся нижней части ноги может достигать до 5.8 м, т.к. ноги укладываются комлевыми концами вниз. Если длина нижней части ноги превышает 5.8 м, ее подпирают вторым подкосом (рис. 90d).

Если в здании имелись поперечные стены, шаг которых не превышал 8.5 м, то по этим стенам устраивались кирпичные столбы (в сечении – 1.5-2 кирпича) и по ним на подкладки из просмоленных досок укладывался прогон, поддерживающий стропильные ноги (рис. 90e). При этом если расстояние между поперечными стенами были от 5.3 до 8.5 м, то устраивались подкосы для уменьшения прогиба прогона. Если расстояние между стенами составляло от 8.5 до 10.3 м, то прогон дополнительно поддерживался подбалкой (рис. 90f).

Если внутренние стены вовсе отсутствовали, или их шаг превышал 10 м опорой для прогона могли быть висячие фермы, расположенные с шагом 4.25-6.5 м (рис. 90g). При очень большой длине стропильных ног их поддерживали

или двумя прогонами, опирающимися или на столбы по внутренним поперечным стенам, или на сложную ферменную конструкцию (рис. 90h).

Наслонные стропила двускатных крыш (рис. 91) устраивались при наличии внутренней продольной стены, ряда столбов, или часто расположенных внутренних поперечных стен.

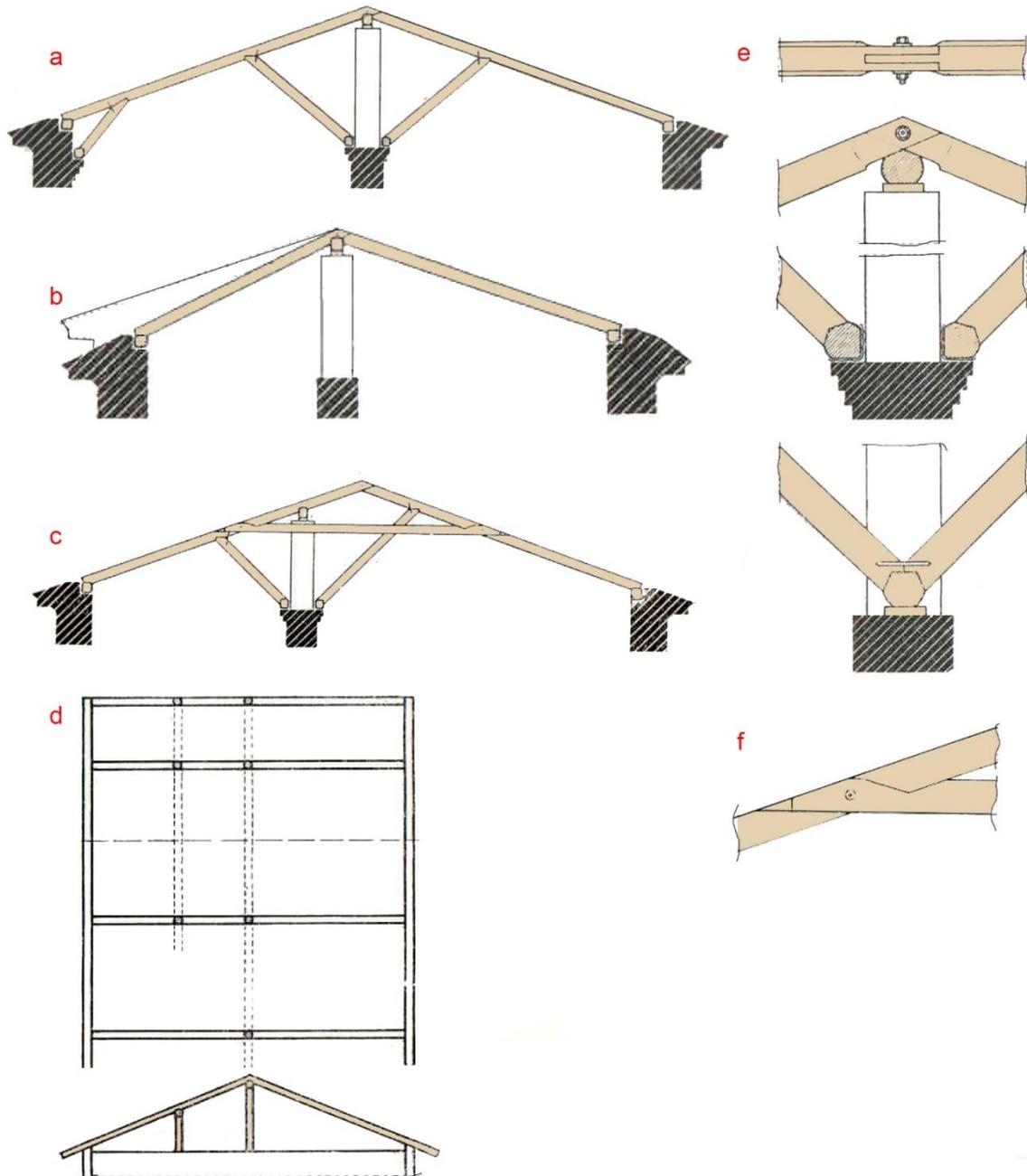


Рисунок 91 – Наслонные стропила двускатных крыш: а – стропила с подкосами при пролетах более 5 м; б – неравностатная крыша со скатами разного уклона или разной длины; с – стропила с соединением ног в коньке без опорного элемента; д – стропила при двух внутренних продольных стенах; е-ф – узловые соединения элементов стропильной системы [33]

Наслонные стропила в данном случае представляли собой ряд ферм, состоящих из стропильных ног, связанных между собой в верхних концах и лежащих верхними концами на коньковом прогоне, а нижними – на мауэрлатах. Такая конструкция и такой состав элементов обеспечивал требуемую несущую способность стропильной системе при пролетах до 5 м. При больших пролетах дополнительно устраивались подкосы от центральных опор, а иногда и второй ряд подкосов – от наружных стен (рис. 91а).

Детали соединений отдельных элементов аналогичны рассмотренным выше для односкатных систем. Новые узловые соединения решались следующим образом. Верхние концы стропильных ног соединялись в прорезной шип или проушину и скреплялись болтом или парными скобами (рис. 91е). Коньковый прогон представлял собой бревно диаметром 22-27 см, укладывался на просмоленные дощатые подкладки по столбам (сечение столба имело размеры 1.5-2 кирпича), поднимавшимся над внутренними стенами. Шаг столбов составлял 4.25-8.5 м. При шаге столбов более 5.3 м прогон усиливался подкосами, а при шаге 8.5-10.0 м дополнительно вводилась подбалка. Подкосы упирались нижними концами или в прогоны по внутренней продольной стене, или в короткие брусья между столбами. В последнем случае подкосы связывались между собой скобами.

Если внутренняя продольная стена располагалась не точно посередине между наружными стенами, устраивалась неравноскатная крыша – с разными уклонами скатов или со скатами одного уклона, но разной длины (рис. 91б). Возможен третий вариант – устройство равных скатов с соединением стропильных ног в коньке без опорного элемента (рис. 91с). В этом случае прогоном поддерживались стропильные ноги только одного ската, а ноги другого ската подпирались подкосами. Для большей жесткости и устойчивости конструкции фермы стропильные ноги двух скатов соединялись между собой ригелем в виде парных схваток из досок толщиной 6 см, закрепленных к ногам болтами.

Если в здании были две внутренние продольные стены, то на обе стены ставились стойки, соединялись ригелем или дощатыми схватками; по стойкам укладывались прогоны, на которые опирались стропильные ноги (рис. 91д). При большой длине стропильных ног дополнительно устанавливались подкосы.

3.4.2 Висячие стропила

Висячие стропила устраивались в случае отсутствия промежуточных опор, позволяющих поддерживать коньковый прогон. Если в отсутствии про-

межуточной опоры соединить две стропильные ноги сверху и опереть каждую на мауэрлат, установленный на наружных стенах, то такая конструкция под действием внешней нагрузки передавала бы на стены большой распор, поэтому стены во избежание потери устойчивости нужно было бы увеличивать по толщине. Повышение жесткости самой стропильной системы и обеспечение устойчивости стен потребовало введения в стропильную конструкцию специального элемента – затяжки, или ригеля (рис. 92). Благодаря затяжке стропильная система превратилась в стропильную ферму, имеющую замкнутый контур и две опоры. Стропильные ноги в такой системе врубаются в концы затяжки. Затяжка работает на растяжение, а стропильные ноги – на сжатие с изгибом как результат восприятия нагрузки от кровли.

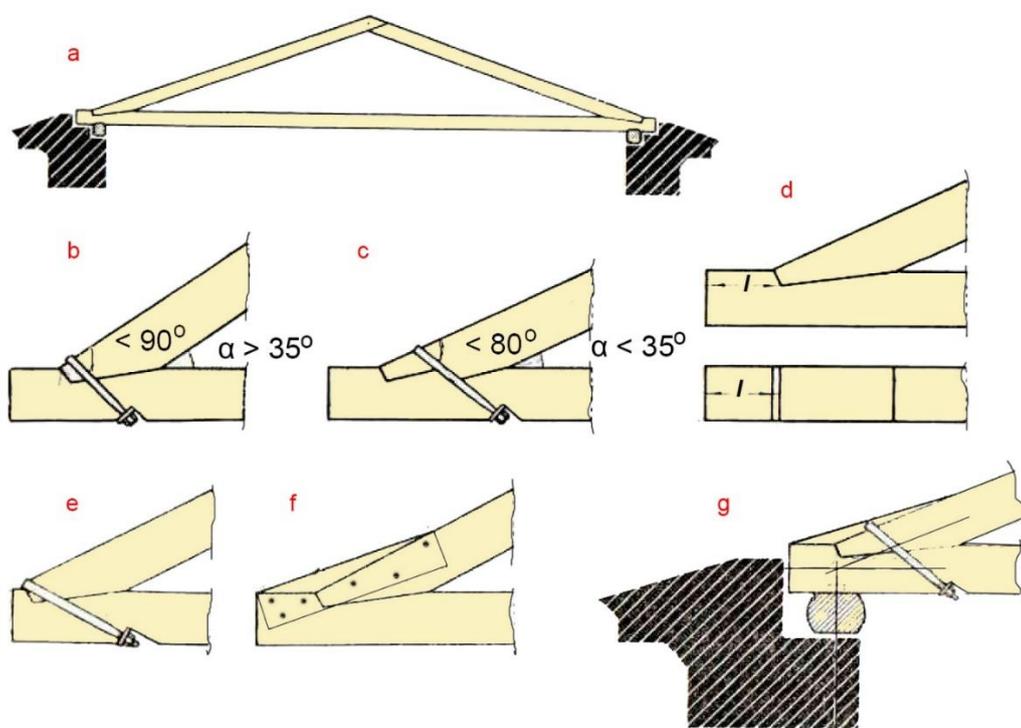


Рисунок 92 – Висячие стропила двускатных крыш пролетом до 7.5 м: а – общий вид стропильной фермы; б – врубка стропильной ноги в затяжку простым зубом; с – врубка стропильной ноги в затяжку двойным зубом; d – организация врубки стропильной ноги с расчетным параметром свободного конца затяжки l ; e – врубка стропильной ноги с малым свободным концом затяжки при установке «узды» расчетной геометрии; f – введение кобылки с целью исключения перелома кровли нижнего участка ската; g – опирание затяжки на мауэрлат с выполнением правил пересечения осей элементов в одной точке [33]

Висячие фермы для пролетов до 7.5 м состояли из двух стропильных ног и затяжки. Пролет ограничивался тем, что при его увеличении свыше указанного затяжка провисала под собственным весом, а стропильные ноги требовали промежуточных опор.

Верхние концы стропильных ног соединялись между собой посредством крепления болтом или скобами аналогично наслонным стропилам (рис. 91e). Ноги врубались в затяжку простым зубом (угол $\alpha > 35^\circ$) или двойным зубом (угол $\alpha < 35^\circ$) с шипом или без шипа, как это показано на рис. 92b и рис. 92c соответственно. Такая врубка скреплялась обоймой, получившей название «узды», и составляющей с осью стропильной ноги угол менее 90° при простом зубе и менее 80° при двойном зубе. Назначение «узды» – обеспечить целостность конструкции в случае аварийной ситуации, например, снеговой перегрузки. Глубина врубки зуба (рис. 92d) составляла $1/3$ или $1/4$ длины затяжки, а свободный конец затяжки определялся расчетом в зависимости от величины распора с тем чтобы избежать скалывания древесины свободного конца затяжки. Если длина свободных концов получалась большой, ее уменьшали введением узды особого расположения и размеров, отвечающих величине и действию горизонтального распора (рис. 92e). Если длинный конец сохранялся, то избежать перелома кровли на концевом участке ската удавалось введением кобылки (рис. 92f): сбоку на фермы набивались доски толщиной 4-5 см, к которым затем прибивалась обрешетка под кровлю.

Опираение затяжки на мауэрлат, уложенный по внутреннему обрезу стены, осуществлялся таким образом, чтобы оси затяжки, стропильной ноги и мауэрлата пересекались в одной точке (рис. 92g) – это исключало изгиб конца затяжки.

Висячие фермы для пролетов от 7.5 до 13 м требовали устройства составной затяжки. Составная затяжка поддерживалась вертикальным брусом (бабкой), врубленным верхним концом в месте стыка стропильных ног (рис. 93a). Если длина стропильных ног была более 5 м, дополнительно устраивались подкосы, упирающиеся нижними концами в бабку, а верхними – в стропильные ноги. В такой ферме стропильные ноги работают на сжатие с изгибом, подкосы – на сжатие, затяжка и бабка – на растяжение.

Сопряжение стропильных ног и бабки определялось углом наклона стропильных ног с усилением врубки железными креплениями – двумя скобами по одной с каждой стороны (рис. 93b) или обоймой, соединенной с бабкой болтом (рис. 93c).

Врубка стропильных ног в затяжку осуществлялась аналогично фермам меньшего пролета – зубом с последующим креплением уздой.

Затяжка сращивалась из двух брусьев прямым или косым замком и скреплялась по верхней и нижней граням накладками из полосового железа шириной 6-9 см и двумя-четырьмя болтами. Затяжка подвешивалась к бабке

посредством хомута с болтом. Регулирование уровня подвески затяжки осуществлялось подбивкой железных клиньев в зазор между хомутом и нижней гранью затяжки (рис. 93d). Другой способ регулирования высоты затяжки заключался в особой конструкции хомута, состоящего из двух половин, верхние концы которых крепились к бабке болтом, а нижние поддерживали затяжку через накладку, подтягиваемую к хомуту болтами (рис. 93е).

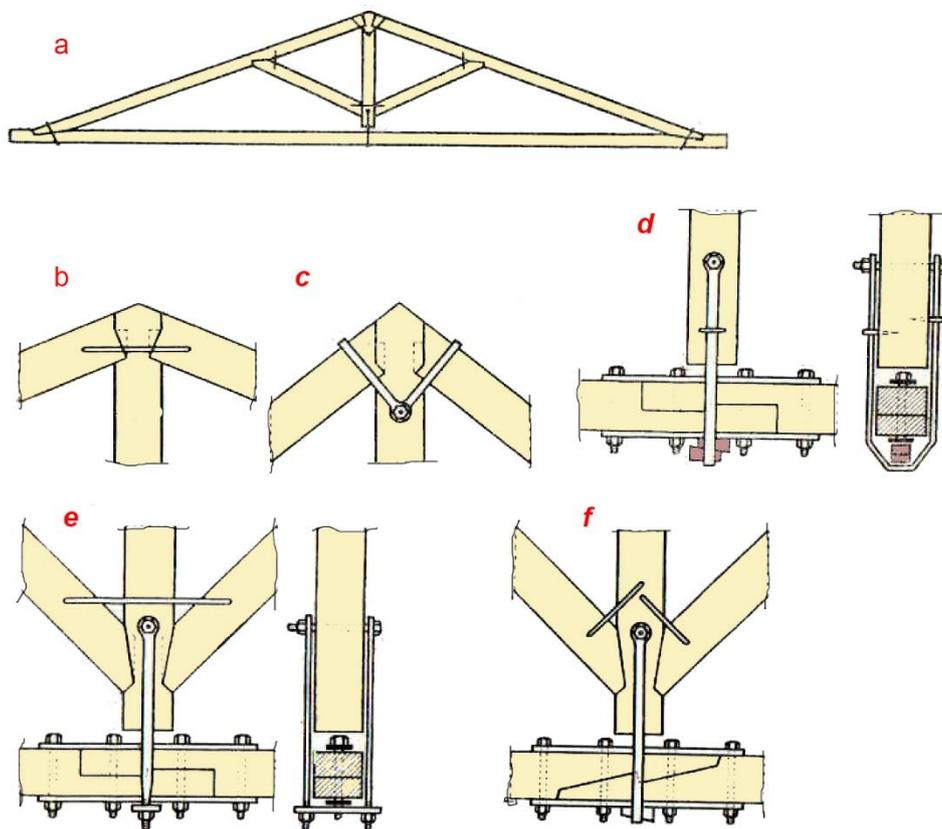


Рисунок 93 – Висячие стропила двускатных крыш пролетом 7.5-13 м: а – общий вид стропильной фермы с подвеской затяжки; б – сопряжение стропильных ног и бабки при малом уклоне ската; с – сопряжение стропильных ног и бабки при большом уклоне ската; d – конструкция подвески с регулируемыми металлическими клиньями; е – конструкция подвески с регулируемой опорной планкой; f – скрепление подкосов и бабки двумя парами малых скоб [33]

Подкосы врубались в концы бабки на таком расстоянии, чтобы исключить скалывание ее концов. При этом два подкоса скреплялись между собой одной парой больших скоб (рис. 93е) или двумя парами малых скоб (рис. 93f).

Соединение подкосов со стропильными ногами осуществлялось на врубке по общим правилам и фиксировалось парными скобами (рис. 90k).

Висячие стропила для пролетов 13-18 м организовывались с устройством двух бабок, поддерживающих затяжку в местах наращивания ее длины (рис. 94). Составные элементы такой фермы: две стропильные ноги; затяжка из трех брусев; две подмоги, наращивающие высоту сечения стропильных ног в при-

порной части; две бабки с хомутами для затяжки; ригель, врубленный концами в верхние концы бабок. Стропильные ноги и подмоги работают на сжатие с изгибом; ригель – на сжатие; затяжка и бабки – на растяжение. Если фермы пролетом до 13 м использовались как в деревянных, так и в каменных строениях, то фермы такого большого пролета (до 17 м) применялись только в каменных зданиях и устанавливались на парные мауэрлаты с целью исключить перекашивание затяжки.

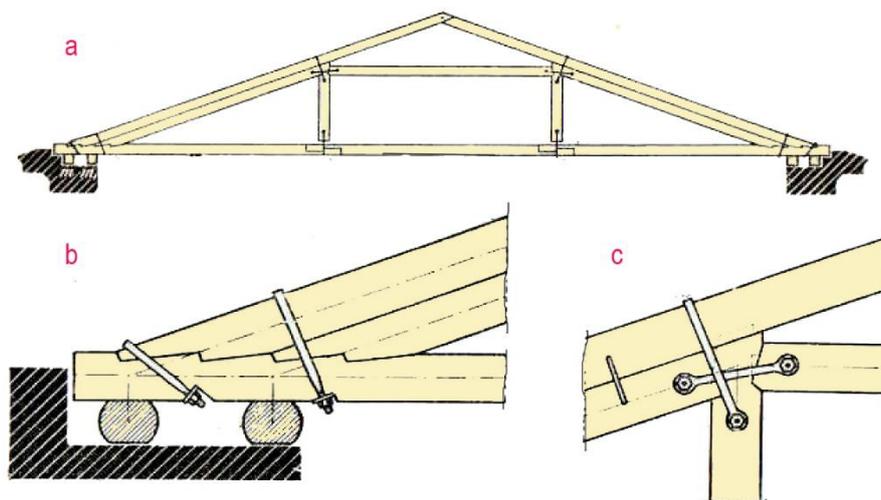


Рисунок 94 – Висячие стропила двускатных крыш пролетом 13-18 м: а – общий вид стропильной фермы с двойной подвеской затяжки; б – сопряжение стропильной ноги, подмоги и затяжки с опиранием фермы на двойной мауэрлат; с – сопряжение стропильной ноги, подмоги, ригеля и бабки [33]

Соединение стропильных ног фермы осуществлялось со скреплением болтом или двумя скобами, как это было показано для других вариантов висячих стропил меньшего пролета.

Нижние концы стропильных ног и подмог под ними врубались в затяжку простым или двойным зубом с шипом и скреплялись двумя уздами-обоймами (рис. 94b).

Бабки врубались в ногу шипом и соединялись с подмогой зубом и шипом, а с ригелем – зубом без шипа или с шипом. Соединение усиливалось прибитыми гвоздями накладками между ригелем и подмогой и обоймой, закрепленной на бабке и охватывающей стропильную ногу (рис. 94c).

Размещение стропил определялось формой покрытия и шириной здания. Для жилых зданий рядовой застройки наибольшее распространение получили одно- и двускатные щипцовые и вальмовые крыши.

Для одно- и двускатных щипцовых крыш стропила наслонных систем или висячие фермы устанавливались с шагом 2 м при ширине строения до 11 м и с

шагом 1.8-2 м при ширине здания более 11 м (рис. 95а).

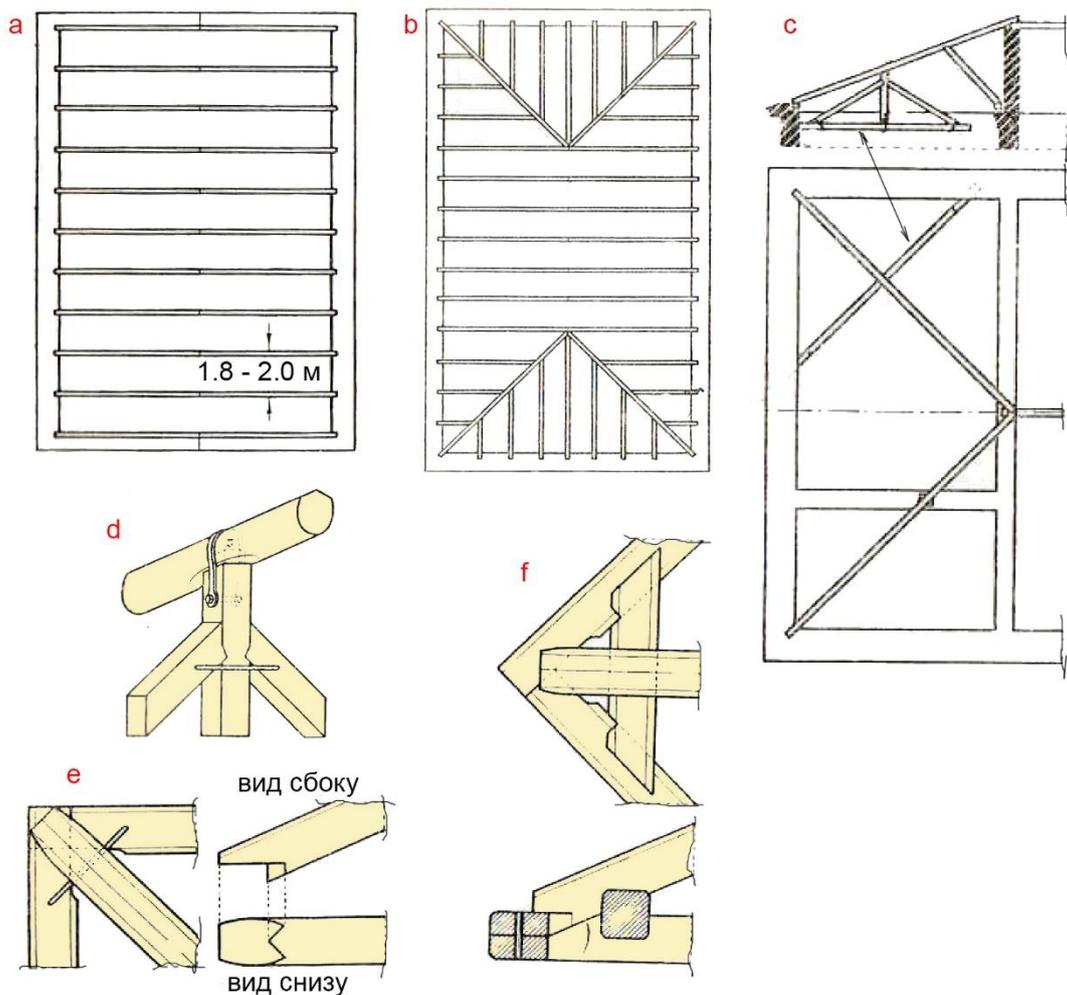


Рисунок 95 – Схемы размещения стропильных элементов крыши: а – план стропил щипцового одно- или двускатного покрытия; б – план стропил вальмового покрытия; с – схемы расположения дополнительных опор угловой стропильной ноги – подкос, висячая ферма, стойка; д – опирание угловой ноги на бабку висячей фермы; е – опирание угловой ноги на связку мауэрлатов; ф – опирание длинной угловой балки на вспомогательный ригель [33]

Шатровые, или вальмовые, крыши (рис. 95б) собирались следующими элементами:

- в средней части – фермами (парными стропильными ногами);
- в концах – угловыми полуфермами или ногами, идущими от концов конька к углам;
- быками, идущими наклонно от концов конька к середине карнизной линии вальмы;
- нарожниками – короткими ногами, врубленными верхними концами в угловые полуфермы (ноги).

При ширине строения до 6.5 м быков не делали, ограничивались врубкой

нарожников. При любой ширине строения шаг нарожников не превышал 2 м.

Если длина угловых стропильных ног превосходила 6.5 м, то их подпирали подкосом, или, если есть внутренняя опора, то на нее устанавливали стойку. Если внутренней опоры не было, а одного подкоса было недостаточно, угловую ногу поддерживали вспомогательной висячей фермой (рис. 95с). Вспомогательная ферма устанавливалась концами на наружных и внутренних стенах. Бабка этой фермы поднималась выше ее верхнего контура, и на нее посредством шипа насаживалась угловая нога с последующим скреплением уздой (рис. 95d).

Нижние концы бьика и нарожников укладывались на мауэрлат аналогично стропильным ногам. Нижние концы угловых ног укладывались непосредственно на стык мауэрлатов в углу (рис. 95e), при этом брусья мауэрлатов стягивались между собой скобами. Если длина угловых ног была большой, то они укладывались нижним концом на короткие ригели длиной 0.9-1 м, зарубленные в мауэрлат с креплением скобами или гвоздями (рис. 95f).

Контрольные вопросы

- 1. Укажите уклоны крыши и пролеты, перекрываемые в жилых домах деревянными стропильными системами. Обоснуйте отказ от мансард при крутых скатах с XVIII и до конца XIX века.*
- 2. Назовите и изобразите схематично формы крыши столичных жилых построек.*
- 3. Дайте общую характеристику висячей стропильной системы, назовите ее составные элементы и область применения по конструктивной схеме здания.*
- 4. Дайте общую характеристику наслонной стропильной системы, назовите ее составные элементы и область применения по конструктивной схеме здания.*
- 5. Приведите схематично примеры наслонной стропильной системы для односкатного покрытия малого пролета и для пролетов, требующих промежуточных опор в виде подкосов и прогонов. Кратко поясните работу системы и отдельных ее элементов.*
- 6. Приведите схематично пример наслонной стропильной системы для односкатного покрытия, требующего промежуточных опор в виде висячих ферм. Кратко поясните работу системы и отдельных ее элементов.*
- 7. Приведите схематично пример наслонных стропил для двускатных крыши симметричного и несимметричного решений. Кратко поясните работу системы и отдельных ее элементов.*
- 8. Приведите схематично пример висячих стропил пролетом до 7.5 м. Кратко поясните работу системы и отдельных ее элементов.*
- 9. Приведите схематично пример висячих стропил пролетом от 7.5 до 13 м. Кратко поясните работу системы и отдельных ее элементов.*
- 10. Приведите схематично пример висячих стропил пролетом от 13 до 18 м. Кратко поясните работу системы и отдельных ее элементов.*
- 11. Поясните, в каких случаях стропильной системы использовались угловые стропильные ноги и вспомогательные ригели или фермы для них. Проиллюстрируйте ответ схемами.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудин, Н. Время охранительных историй. Минкульт определил границы градостроительной неприкосновенности для Петербурга [Электронный ресурс] : URL: <https://www.fontanka.ru/2020/08/25/69441622/> (дата обращения: 18.02.2021).
2. Шарлыгина, К. А. Опыт реконструкции исторических жилых зданий Санкт-Петербурга. – Санкт-Петербург : ИД «Петрополис», 2019. – 136 с.
3. Головина, С. Г. Конструкции и архитектурная форма объектов жилой исторической застройки (с учетом реконструкции Санкт-Петербурга). – Автореферат дисс. на соиск. уч. степени канд. архитектуры по специальности 18.00.01 – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. – СПб: СПбГАСУ, 2008. – 25 с.
4. Головина, С. Г. История развития конструкций зданий жилой исторической застройки на примере Санкт-Петербурга: учеб. пособие / сост. С. Г. Головина, С. В. Семенцов; Санкт-Петербург : СПбГАСУ. – 2012. – 39 с.
5. Семенцов, С. В. О некоторых неизвестных моментах биографии знаменитого Доменико Трезини / X Региональный творческий форум с международным участием «Архитектурные сезоны в СПбГАСУ» [14–17 апреля 2020 года] : сборник трудов научно-практической конференции. – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 11-14).
6. Пасхина, М. В. Выявление, типология и оценка городских морфотипов (на примере г. Ярославля) // Ярославский педагогический вестник – 2012 – № 4 – Том III (Естественные науки). – С. 245-250.
7. Дорожный, А. Как застраивался Петербург... / А. Дорожный, И. Ананина [Электронный ресурс]. Сайт газеты «Деловой Петербург». – URL: www.dp.ru/a/2017/04/07/Как_zastraivalsja_Peterburg (дата обращения: 21.04.2021).
8. Чистякова, Н. Население северной столицы / Н. Чистякова [Электронный ресурс]. Демоскоп Weekly. Электронная версия бюллетеня «Население и общество» Центра демографии и экологии человека Института народнохозяйствен-

ного прогнозирования РАН. – № 163-164, 2004. – URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2004/0163/tema01.php> (дата обращения 26.04.2021).

9. Семенцов, С. В. Санкт-Петербург в конце XIX века: стихийное развитие или сохранение традиций ансамблевого решения градостроительной среды // Вестник гражданских инженеров. – 2017. - № 6 (65). – С. 55-64.

10. Мангушев, Р. А. Геотехника Санкт-Петербурга. Монография / Р. А. Мангушев, А. И. Осокин – Москва: Изд-во АСВ, 2010 – 264 с.

11. Красовский, А. Гражданская архитектура. Части зданий / Аполлинарий Красовский, Профессор Гражданской Архитектуры в Институте Корпуса Инженеров Путей Сообщения и в Строительном Училище Главного Управления Путей Сообщения и Публичных Зданий. – Санкт-Петербург, 1851. Второе издание – Москва, 1886. – 443 с. (<http://science.totalarch.com/book/2807.rar>; дата обращения – 14.06.2021).

12. Основания и фундаменты / Составил В. Карлович, адъюнкт-профессор Николаевской Инженерной Академии, инженер-подполковник. – Санктпетербург, 1869. – 468 с. (<https://elima.ru/books/?id=5060>; дата обращения – 14.06.2021).

13. Основания и фундаменты: Чертежи / Составил В. Карлович, адъюнкт-профессор Николаевской Инженерной Академии, инженер-подполковник. – Санктпетербург, 1869. – XLI л. (<http://tehne.com/library/karlovich-v-m-osnovaniya-i-fundamenty-chertezhi-sanktpeterburg-1869>; дата обращения – 14.06.2021).

14. Краткое руководство к гражданской архитектуре или зодчеству. – Санктпетербург, 1789. – 137 с.

(https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_A1_1428/; дата обращения – 14.06.2021).

15. Богов, С. Г. К вопросу об обследовании фундаментов исторических зданий в условиях Санкт-Петербурга и их усилении // Реконструкция городов и геотехническое строительство, 2003. - № 7. – С. 201-209.

16. Реставрация памятников архитектуры: Учеб. пособие для вузов / С. С. Подъяпольский, Г. Б. Бессонов, Л. А. Беляев, Т. М. Постникова; Под общ. ред. С. С. Подъяпольского. 2-е изд. – Москва: Архитекура-С, 2014. – 288 с.

17. Кондратьева, Л. Н. Конструктивные системы и материалы исторической жилой застройки Санкт-Петербурга XVIII – начала XX веков / Л. Н. Кондратье-

ва, С. В. Семенцов, Ю. В. Пухаренко // Вестник гражданских инженеров, 2016. – № 6 (59). – С. 53-58.

18. Мангушев, Р. А. Фундаменты исторических зданий Санкт-Петербурга. Доклад на VI научно-практической конференции «Обследование зданий и сооружений: Проблемы и пути их решения», 15.10.2015. – Презентационные материалы доклада [Электронный ресурс]. – URL: <https://present5.com/fundamenty-istoricheskix-zdaniy-sankt-peterburga-problemy-stroitelstva-i-rekonstrukcii/> (дата обращения: 01.09.2021).

19. Мангушев, Р. А. Устройство и реконструкция оснований и фундаментов на слабых и структурно-неустойчивых грунтах / Р. А. Мангушев, А. И. Осокин, Р. А. Усманов. – Москва: Издательство «Лань», 2021. – 460 с.

20. Устройство гидроизоляции в Санкт-Петербурге в XIX – начале XX веков [Электронный ресурс]. – URL: https://stroy-log.ru/waterproofing_history.php (дата обращения: 01.09.2021).

21. Как делали фундамент в старину [Электронный ресурс]. – URL: <https://betfundament.com/kak-delali-fundament-v-starinu/> (дата обращения: 02.09.2021).

22. Устройство и состояние фундаментов зданий дореволюционной постройки в центре Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – URL: <https://vk.com/@ecgoroda-ustroistvo-i-sostoyanie-fundamentov-zdaniidorevolucionnoi-p> (дата обращения: 03.09.2021).

23. Самойлова А. Фахверк на петербургской почве [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2692555> (дата обращения: 06.09.2021).

24. Дома из земли. Часть 2. Землебит – история технологии [Электронный ресурс]. – URL: <https://mamonino.livejournal.com/16306.html> (дата обращения: 06.09.2021).

25. Юхнева, Е. Д. Петербургские доходные дома. Очерки из истории быта. – Москва: Издательство: Центрполиграф, 2021. – 491 с.

26. Булах, А. Г. Каменное убранство Петербурга. – Москва: Издательство: Центрполиграф, 2009. – 320 с.

27. Датирующие свойства петербургского кирпича XVIII-XX вв. [Электронный ресурс]. – URL: <http://tellis.ucoz.ru/publ/14-1-0-22> (дата обращения: 10.09.2021).

28. История размеров кирпича [Электронный ресурс]. – URL: <https://klinkerprom.ru/presscenter/muzey-kirpicha/istoriya-razmerov-kirpicha/> (дата обращения: 09.09.2021).
29. Ковалев, Д. С. Доходные дома центральных районов Санкт-Петербурга (1860-1917): градостроительные и конструктивно-планировочные характеристики // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова – 2016 – № 5. – С. 67-79.
30. Соколов, Д. Д. Курс гражданской архитектуры, читанный ординарным профессором Соколовым Д. Д. в Институте Гражданских Инженеров. – Санкт-Петербург, Типография Деклерона и Евдокимова, 1883. – 296 с.
31. Федоров, В. В. Реконструкция и реставрация зданий: учебник. – Москва: Издательство: ИНФРА-М, 2019. – 208 с.
32. Полещук, А. А. Курс строительного искусства в десяти частях. Часть IV. Каменные стены и своды. – Санкт-Петербург, 1903. – 303 с.
33. Стаценко, В. Части зданий. Гражданская архитектура. Издание 7-е / Под ред. В. Колпычева, Н. Касперовича. – Москва – Ленинград: Государственное издательство, 1930. – 656 с.
34. Традиционные конструкции перекрытий и полов [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.remontlib.ru/traditsionnye-konstruktsii-perekrytiy-i-polov.html> (дата обращения: 24.09.2021).

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
РАЗЛИЧНЫХ ПЕРИОДОВ ЗАСТРОЙКИ С 1703 ДО 1917 ГОДОВ

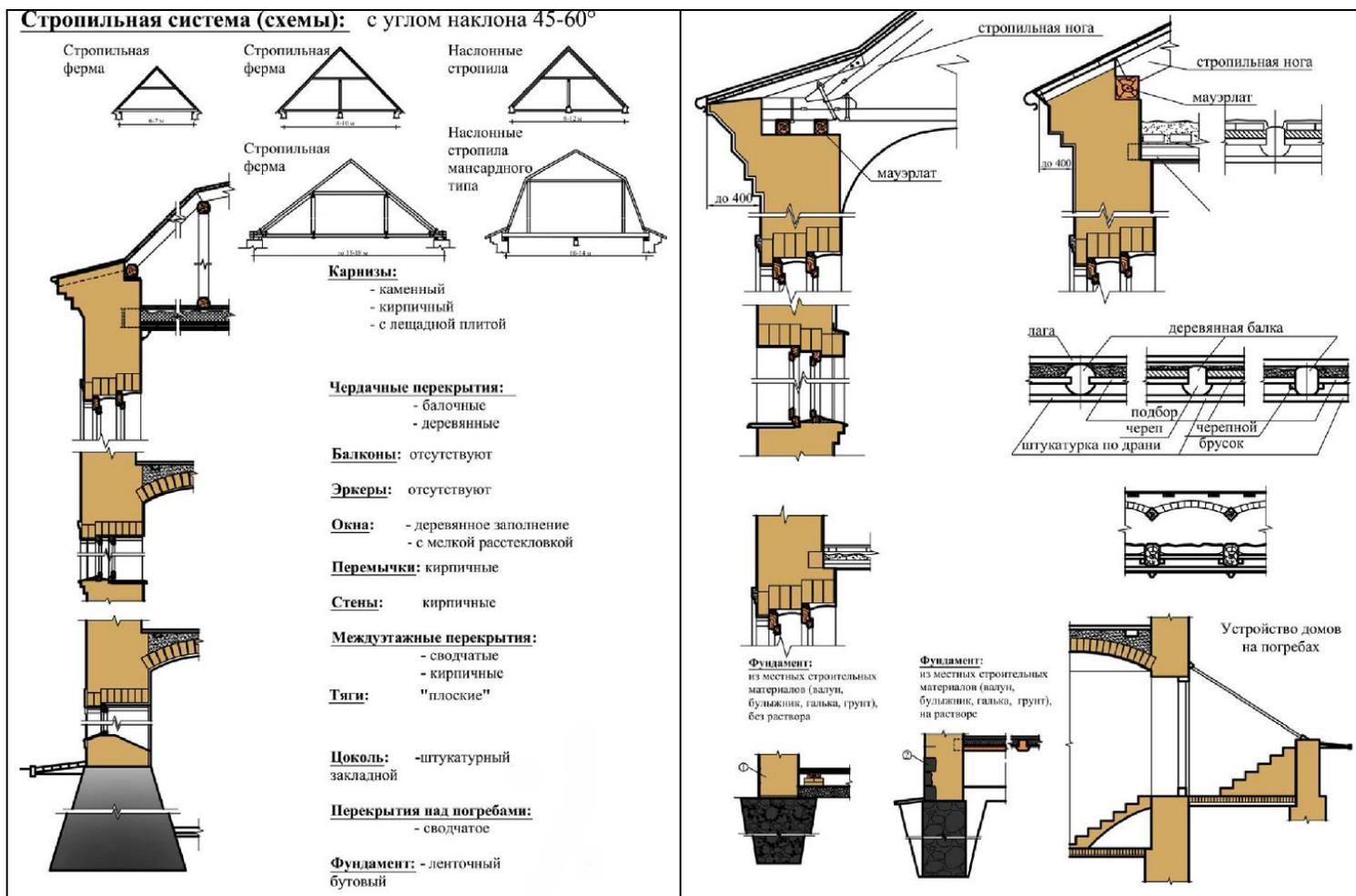


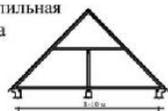
Рисунок 1 –
Конструктивные решения зда-
ний периода 1712-1736 годов
(1 этап) [4]

Стропильная система (схемы):

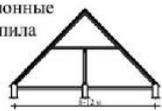
Стропильная ферма с углом наклона 30°



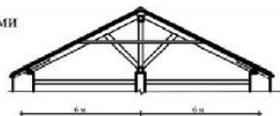
Стропильная ферма



Наслонные стропила



Стропильная система с наслонными стропилами



Карнизы:

- каменный
- кирпичный
- с лещадной плитой

Чердачные перекрытия:

- балочные
- деревянные

Балконы: отсутствуют

Эркеры: отсутствуют

Окна:

- деревянное заполнение,
- с мелкой расстекловкой

Перемычки:

- кирпичные

Стены:

- кирпичные

Междуэтажные перекрытия:

- балочные
- деревянные

Цоколь:

- штукатурный
- закладной
- прислонный

Надподвальные перекрытия:

- сводчатые

Фундамент:

- ленточный
- бутовый

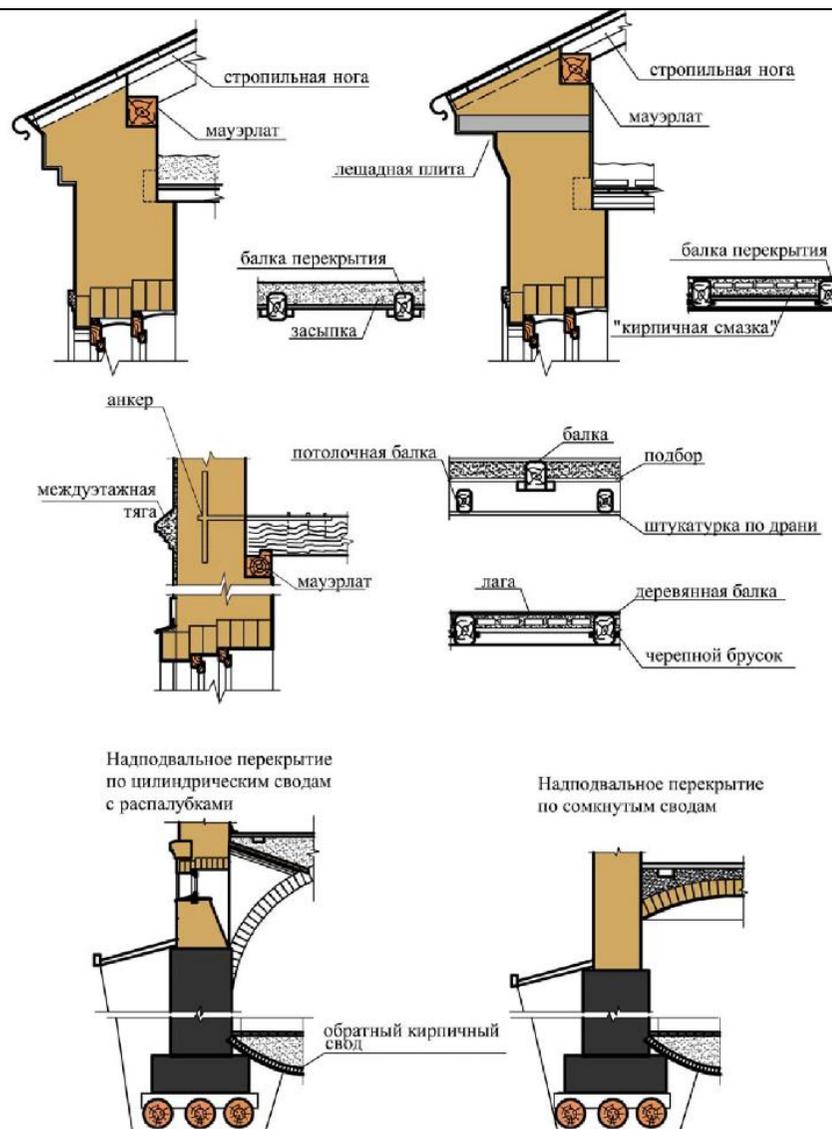
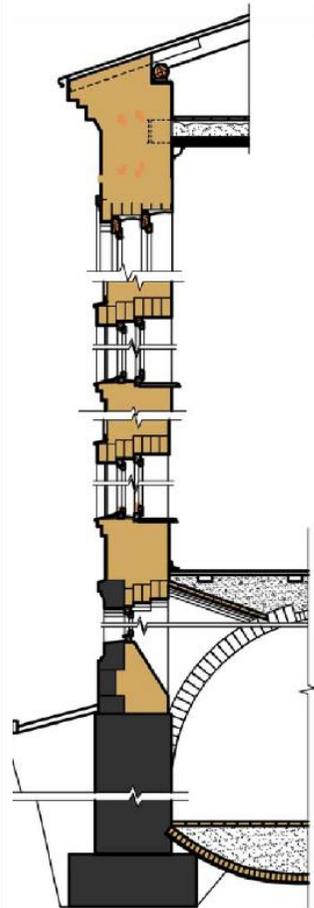


Рисунок 2 – Конструктивные решения зданий периода 1737-1760 годов (2 этап) [4]

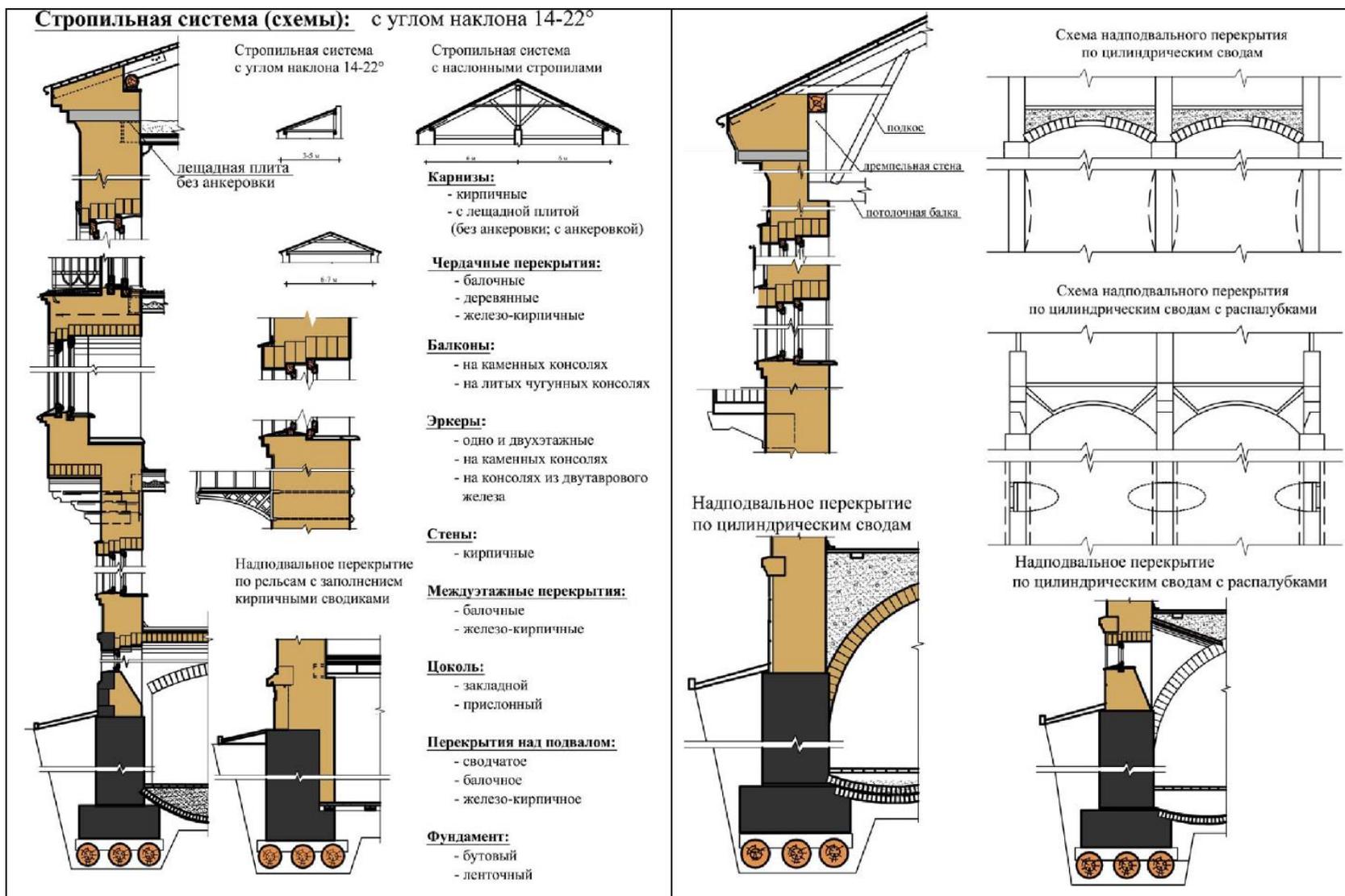


Рисунок 3 – Конструктивные решения зданий периода 1760-1800 годов (3 этап) [4]

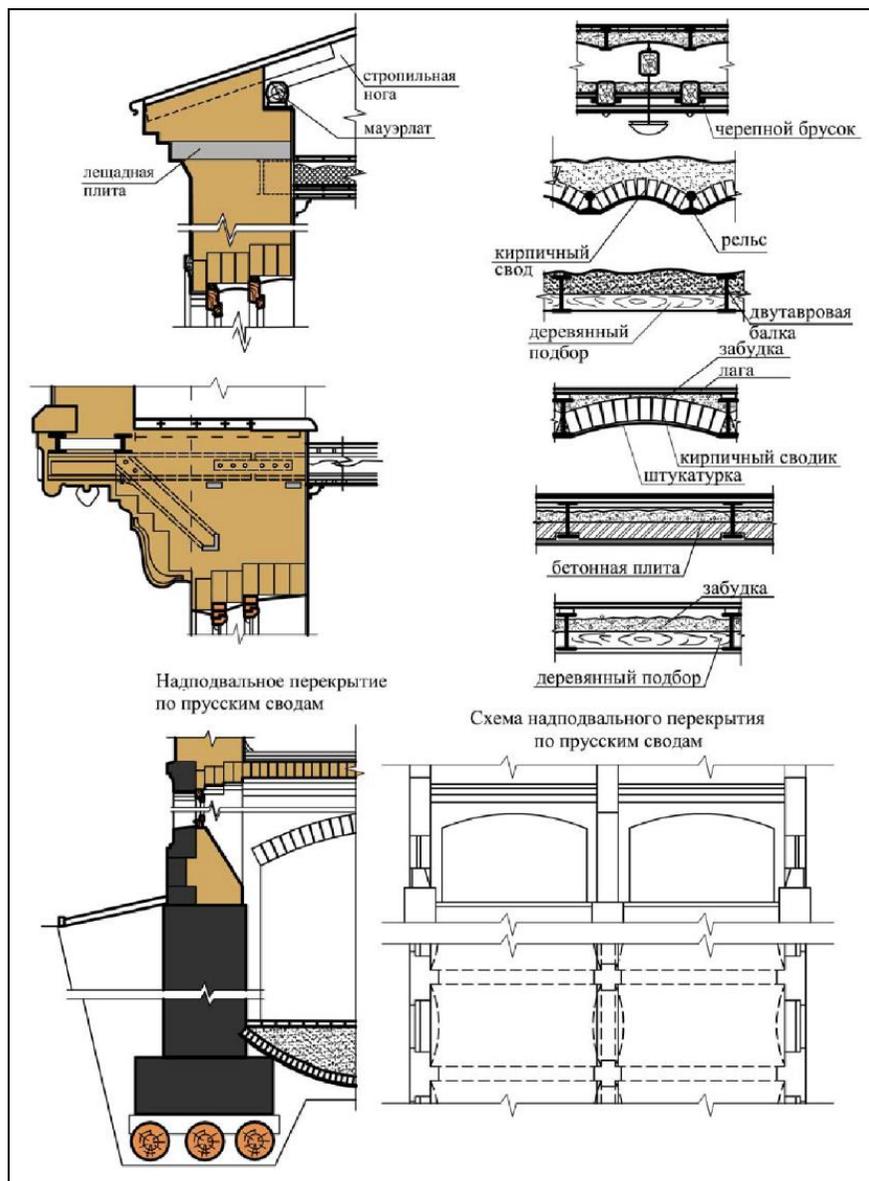


Рисунок 4 –
 Конструктивные
 решения зданий
 периода 1800-1860 годов
 (4 этап) [4]

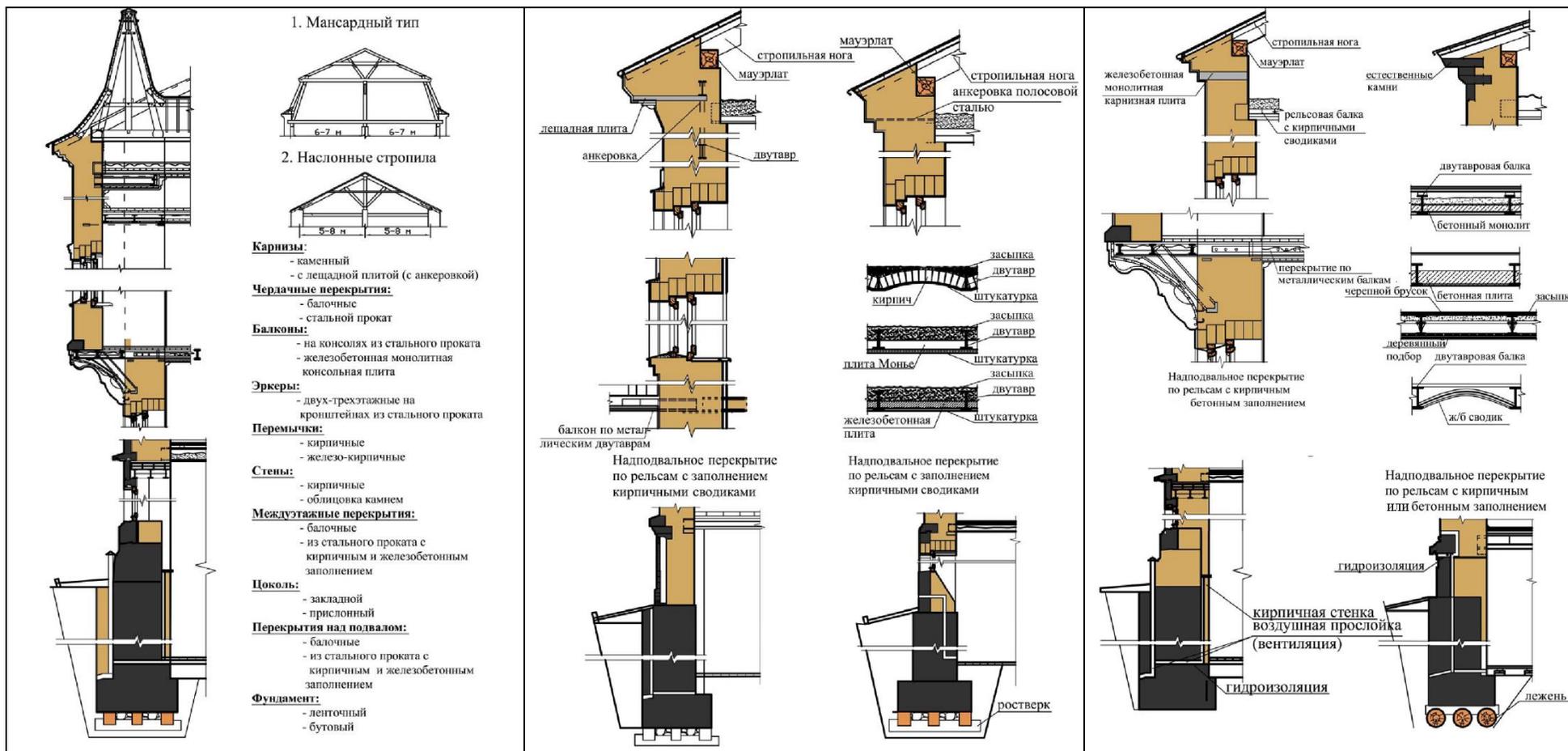


Рисунок 5 – Конструктивные решения зданий периода 1860-1917 годов (5 этап) [4]

Учебное издание

Галина Ивановна Пименова
Сергей Федорович Гришин

**Конструкции жилых зданий исторической застройки
(на примере Санкт-Петербурга)**
Учебное пособие

Редактор
Технический редактор

План 2021 г., позиция _____. Подписано в печать _____ г.
Компьютерный набор. Гарнитура Times New Roman.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Усл. печ. л. _____. Уч.- изд. л. _____. Тираж 100 экз. Заказ № _____.

Санкт-Петербургская государственная академия художеств
имени Ильи Репина.
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 17.
Издательство Санкт-Петербургской академии художеств.
199034, Санкт-Петербург, 4-я линия Васильевского острова, дом 3.