



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Строительство уникальных зданий и сооружений»

## **Учебное пособие**

«Архитектурные конструкции гражданских и  
промышленных зданий»  
по дисциплинам

# **«Архитектура», «Основы архитектуры и строительных конструкций»**

Авторы  
Кашина И. В.,  
Григорян М. Н.,  
Иванова П. В.

Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Изложены основные сведения по конструктивным решениям гражданских зданий, объемно-планировочные и конструктивные решения зданий промышленного назначения. Учтены современные требования по использованию новых конструктивных, тепло- и гидроизоляционных материалов и совершенствованию технологических и архитектурно-планировочных решений.

Предназначено для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализациям «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений», «Строительство автомагистралей, аэродромов и специальных сооружений».

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений» Кашина И. В.,  
ст. преподаватель кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений» Григорян М. Н.,  
ст. преподаватель кафедры «Строительство уникальных зданий и сооружений» Иванова П. В.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ.....	6
1.1. Основания и фундаменты .....	6
1.2. Конструктивные решения стен .....	174
1.3. Перекрытия .....	285
1.4. Покрытия.....	32
1.5. Кровли .....	38
1.6. Каркасно-панельные конструкции зданий.....	450
1.7. Лестницы .....	483
1.8. Большепролетные конструкции покрытий .....	55
2. АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ.....	58
2.1. Классификация промышленных зданий .....	58
2.2. Подъемно-транспортное оборудование .....	671
2.3. Требования, предъявляемые к промышленным зданиям .....	69
2.4. Функционально-технические основы проектирования промышленных зданий .....	70
2.5. Железобетонный каркас одноэтажного промздания .....	65
2.6. Стальной каркас одноэтажных промышленных зданий.....	80
2.7. Несущие конструкции покрытий из древесины .....	79
2.8. Наружные стены промышленных зданий .....	89
2.9. Фонари промышленных зданий .....	85
2.10. Полы.....	89
2.11. Перегородки. ворота.....	91
2.12. Конструкции многоэтажных промышленных зданий .....	94



Библиографический список..... 99

Рекомендуемая литература.....99

## ВВЕДЕНИЕ

В пособии рассмотрены конструктивные решения, которые помогут в углубленном изучении дисциплин и выполнении курсового проекта по проектированию гражданских и промышленных зданий.

Задачей студента является освоение материала по объемно-планировочным и конструктивным решениям гражданских зданий и их элементов и использование приобретенных знаний при самостоятельном выполнении курсового проекта и подготовке к сдаче экзамена по данной дисциплине.

Учебное пособие соответствует действующей программе и разработано в дополнение к имеющейся в библиотеке литературе по конструкциям гражданских и промышленных зданий.

# 1. АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

## 1.1. Основания и фундаменты

### Основания

Основанием называется массив грунта, непосредственно воспринимающий нагрузку от здания и сооружения.

В своем естественном виде грунт может служить основанием, если удовлетворяет следующим требованиям: прочности (несущей способности), мощности (толщине пласта), неподвижности (неразмываемости грунтовыми водами). Если грунт не соответствует этим требованиям, то устраивают искусственные основания.

Способы устройства искусственных оснований: поверхностное уплотнение, гидровиброуплотнение, цементация, битумизация, силикатизация, замена слабых грунтов более прочными.

### Определение и классификация фундаментов

Заглубленный ниже поверхности грунта конструктивный элемент, воспринимающий нагрузки от здания и передающий их основанию, называют *фундаментом*.

Расстояние от спланированной поверхности грунта до подошвы фундамента – это **глубина заложения фундамента**.

Фундаменты классифицируют по:

- *материалу*: из естественных материалов (дерево, бутовый камень) и искусственных (бутобетон, бетон, железобетон);
- *форме*: теоретической формой поперечного сечения жестких фундаментов является трапеция, где обычно угол распределения давления принимают: для бута и бутобетона 27 – 33°, бетона – 45°. Практически эти фундаменты с учетом потребностей расчетной ширины подошвы могут быть прямоугольными и ступенчатыми. Блоки-подушки выполняют прямоугольной или трапециевидной формы;
- *способу возведения*: неиндустриальные (построечного изготовления) и индустриальные (из укрупненных элементов заводского изготовления);

– *конструкционному решению* – ленточные, столбчатые, свайные, сплошные;

– *характеру статической работы*: жесткие, работающие только на сжатие, и гибкие, конструкции которых рассчитаны на восприятие растягивающих усилий. К первому виду относят все фундаменты, кроме железобетонных. Гибкие железобетонные фундаменты способны воспринимать растягивающие усилия;

– *по глубине заложения*: мелкого (до 5 м) и глубокого (более 5 м).

Минимальную глубину заложения фундаментов под наружные стены для отапливаемых зданий принимают в зависимости от вида грунта основания, уровня грунтовых вод и глубины промерзания и не менее 0,7 м; под внутренние стены – не менее 0,5 м.

### **Особенности конструктивных решений, материалы фундаментов.**

#### **Ленточные фундаменты**

Ленточные фундаменты устраивают под все капитальные стены, а в некоторых случаях и под колонны, когда расстояние между колоннами очень мало и устройство отдельно стоящих фундаментов нецелесообразно. Они представляют собой заглубленные в грунт ленты – стенки из бутовой кладки, бутобетона, бетона или железобетона (рис.1.1, 1.2 и 1.3).

Неиндустриальные ленточные фундаменты выполняются из бутового камня, бутобетонные, бетонные.

В малоэтажных зданиях фундаменты выполняют:

– *из бутового камня* постелистой или рваной формы; их укладывают на цементно-песчаном растворе с перевязкой (несовпадением) вертикальных швов. Переход от широкой части фундамента к узкой выполняют уступами шириной 150 – 250 мм и высотой не менее двух рядов кладки. Наименьшая ширина фундаментов – 500 мм – принята по условиям перевязки швов. Фундаменты из бутового камня требуют значительных затрат ручного труда, однако там, где природный камень является местным материалом, их возведение экономически целесообразно;

– *бутобетонные* – из бутового камня, втопленного в цементно-песчаный раствор или бетон. Их возводят в малоэтажных зданиях, в щитовой опалубке или траншеях (при плотных грунтах). Уширение фундаментов ведут уступами шириной 150 – 250 мм и высотой 300 мм. Наименьшая ширина бутобетонных фундаментов 350 мм. По сравнению с фундаментами из бутового камня они менее трудоемки, но отличаются повышенным расходом цемента;

– *бетонные* – в опалубке из монолитного бетона классов прочности на сжатие В 7,5 – В 30. Устройство таких фундаментов требует повышенного расхода цемента.

### **Индустриальные ленточные фундаменты из сборных железобетонных конструкций**

Большинство бескаркасных зданий на непросадочных грунтах возводят на фундаментах из сборных бетонных и железобетонных конструкций. Их монтируют из плит прямоугольного или трапециевидного сечения, укладываемых на выровненное основание или песчаную подушку. Поверх фундаментных плит по слою раствора устанавливают бетонные фундаментные блоки. Ряды блоков укладывают, соблюдая перевязку швов. Продольные и поперечные стены ленточных фундаментов в местах сопряжения должны иметь перевязку.

Прерывистые фундаменты из сборных железобетонных конструкций монтируют из плит, укладываемых с разрывом от 0,2 до 0,9 м. Это сокращает расход материала, уменьшает затраты труда; в итоге полнее используется несущая способность основания.

### **Столбчатые (отдельно стоящие) фундаменты**

Столбчатые фундаменты возводятся под колонны каркасных зданий или под стены в тех случаях, когда грунт основания лежит глубоко и возведение ленточных фундаментов неэкономично. Фундаменты под колонны состоят из подколонника и плитной части (рис.1.4).

По способу возведения столбчатые фундаменты могут быть **монолитными**, возводимыми на месте строительства в опалубке, в которую укладывают бетонную смесь и арматуру и **сборными**, изготовленными на предприятиях строительной индустрии. Под кирпичные столбы фундаменты выполняют из железобетонных плит, уложенных одна на другую, или в виде ступенчатых опор из природного камня.

При опирании стен на столбчатые фундаменты по ним укладывают фундаментные железобетонные балки, передающие нагрузки от стен на фундаменты. Для предупреждения деформаций от осадки и пучения основания под фундаментными балками устраивают утепляющую «подушку» из шлака или песка.

### **Сплошные фундаменты**

Такие фундаменты возводят при значительных нагрузках и небольшой площади здания или при слабых и неоднородных грунтах основания. Сплошные фундаменты компенсируют неравномерность осадки здания и



защищают подвальные помещения от подпора грунтовых вод. Их проектируют в виде балочных или безбалочных бетонных или железобетонных плит. Ребра балочных плит могут быть обращены вверх или вниз. Места пересечения ребер служат для установки колонн каркаса. Пространство между ребрами в плитах с ребрами вверх заполняют песком или гравием, а поверх устраивают бетонную подготовку. Бетонные плиты не армируют, железобетонные армируют по расчету. При большом заглублении сплошных фундаментов и необходимости обеспечить большую их жесткость фундаментные плиты можно проектировать коробчатого сечения с размещением между ребрами и перекрытиями коробок помещений подвалов (рис. 1.5).

### **Свайные фундаменты**

Стержни из бетона, железобетона и других материалов в толще грунта, воспринимающие нагрузку от здания, называют свайным фундаментом. Они состоят из погруженных в грунт свай, объединенных поверху ростверком в виде железобетонной балки или плиты (рис.1.6 и 1.7).

### **Конструкции свайных фундаментов**

Свайные фундаменты классифицируют по:

- *характеру работы*: на сваи-стойки, передающие нагрузку от здания на скальное или малосжимаемое основание, и висячие сваи, уплотняющие толщу грунта и работающие за счет трения стенок свай о грунт;
- *роду материала*: на железобетонные, деревянные (из бревен хвойных пород), металлические (стальные) и комбинированные;
- *способу заглубления* свайные фундаменты могут быть: из забивных свай, изготовленных на предприятиях стройиндустрии и строительной площадке, погружаемых в грунт с помощью механизмов; из набивных свай, выполняемых на месте строительства путем бурения скважин и последующего заполнения их бетоном или железобетоном;
- *глубине заложения*: короткие сваи (3 – 6 м) и длинные (более 6 м).

Свайные фундаменты применяют на малосжимаемых грунтах, при глубоком залегании прочных материковых пород, больших нагрузках. В последнее время свайные фундаменты широко распространены для обычных оснований, т.к. их использование дает значительную экономию объемов земляных работ и расхода бетона.

### **Технико-экономическая оценка выбора фундаментов**

Эффективность применения того или иного типа фундаментов зависит от объема, стоимости, трудоемкости и расхода материалов (табл. 1).

Из ленточных фундаментов наиболее экономичны бутобетонные, однако по трудоемкости предпочтительно применять сборные бетонные.

Свайные фундаменты экономичнее ленточных на 32 – 34 % по стоимости, на 40 – по затрате бетона и на 80 – по объему земляных работ. Такая экономия позволяет снизить стоимость здания в целом на 1 – 1,5%, трудозатраты – на 2, расход бетона – на 3 – 5%. Однако затраты стали увеличиваются: 1 – 3 кг на 1 м<sup>2</sup>. Свайные фундаменты дают значительную экономию объемов земляных работ и затрат бетона по сравнению с ленточными.

Таблица 1

Сравнительные технико-экономические показатели различных видов фундаментов, %

Фундаменты	Стоимость	Объем фундамента	Трудоемкость	Расход	
				стали	цемента
Бутовые	100	100	100	0	100
Бутобетонные	68	52	58	100	120
Сборные бетонные блоки	85	52	55	100	150

## Иллюстрации к разделу 1.1

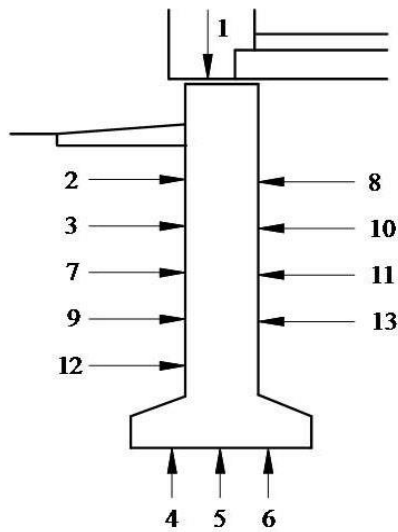


Рис.1.1. Воздействия на фундаменты:

силовые: 1 – нагрузка от здания; 2 – боковое давление грунта; 3 – сейсмические нагрузки;

4 – упругая реакция грунта; 5 – силы пучения грунта; 6 – вибрации;

несиловые: 7 – температура грунта; 8 – температура помещения подвала;

9 – влага грунта; 10 – влага воздуха подвала; 11 – агрессивные компоненты воздуха подвала; 12 – агрессивные компоненты влаги грунта; 13 – биологические факторы

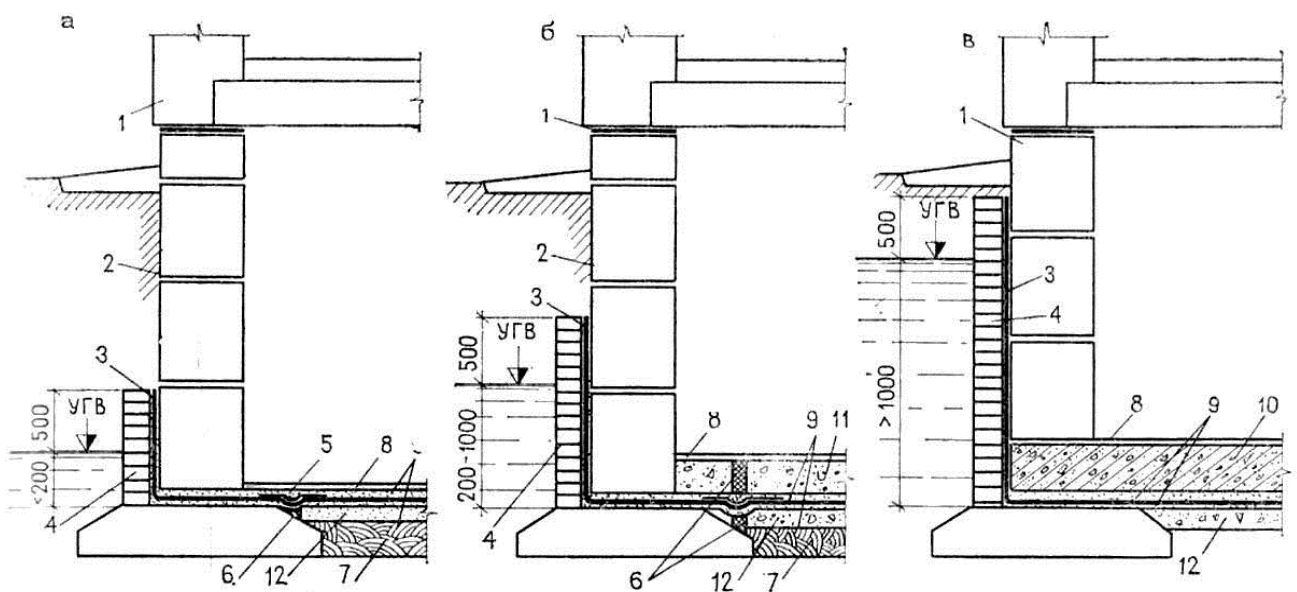


Рис. 1.2. Гидроизоляция фундаментов:

а – при напоре грунтовых вод менее 200мм; б – при напоре 200–1000 мм; в – при напоре свыше 1000 мм; 1 – рулонная гидроизоляция; 2 – окрасочная гидроизоляция (промазка горячим битумом за 2раза); 3 – оклеечная гидроизоляция; 4 – защитная кладка из кирпича; 5 – стеклоткань; 6 – деформационный шов; 7 – глина; 8 – пол подвала; 9 – стяжка; 10 – железобетонная плита; 11 – пригрузочный слой из бетона; 12 – подготовка

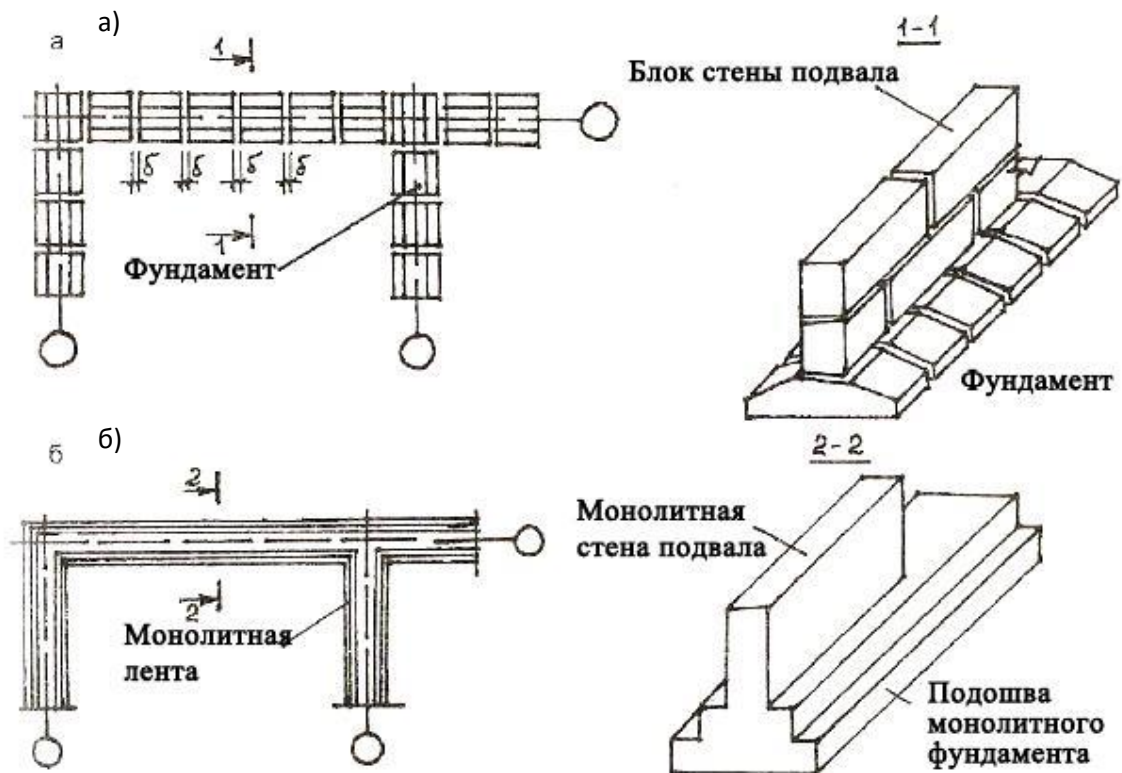


Рис.1.3. Ленточные фундаменты для обычных условий:

а – сборный; б – монолитный

а)

б)

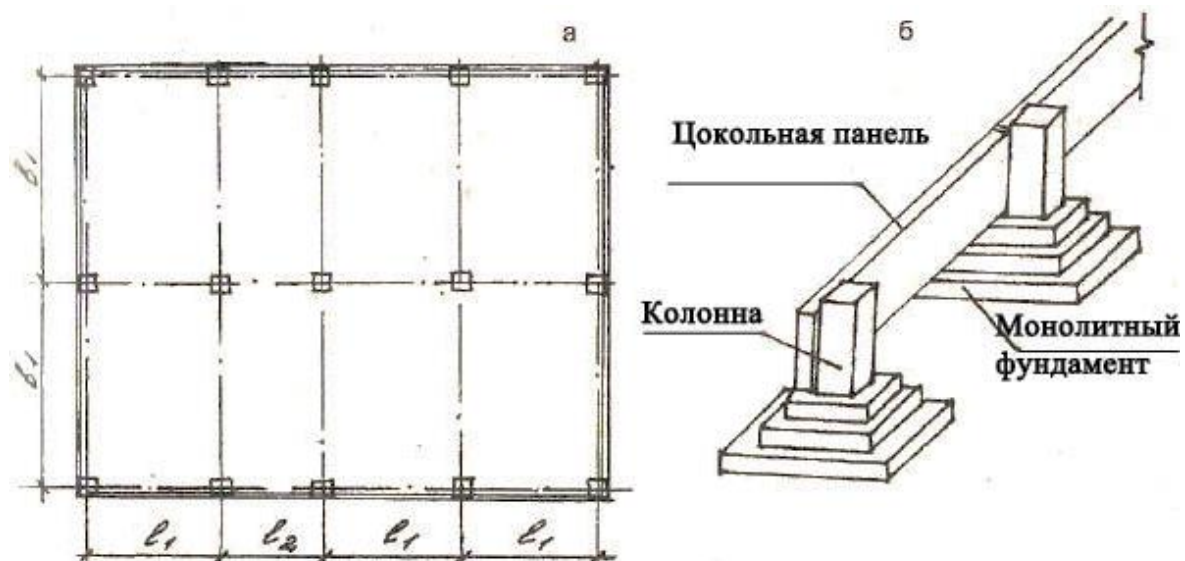


Рис. 1.4. Фундамент каркасных зданий:

а – план фундамента; б – опирание цокольных панелей на сборные башмаки

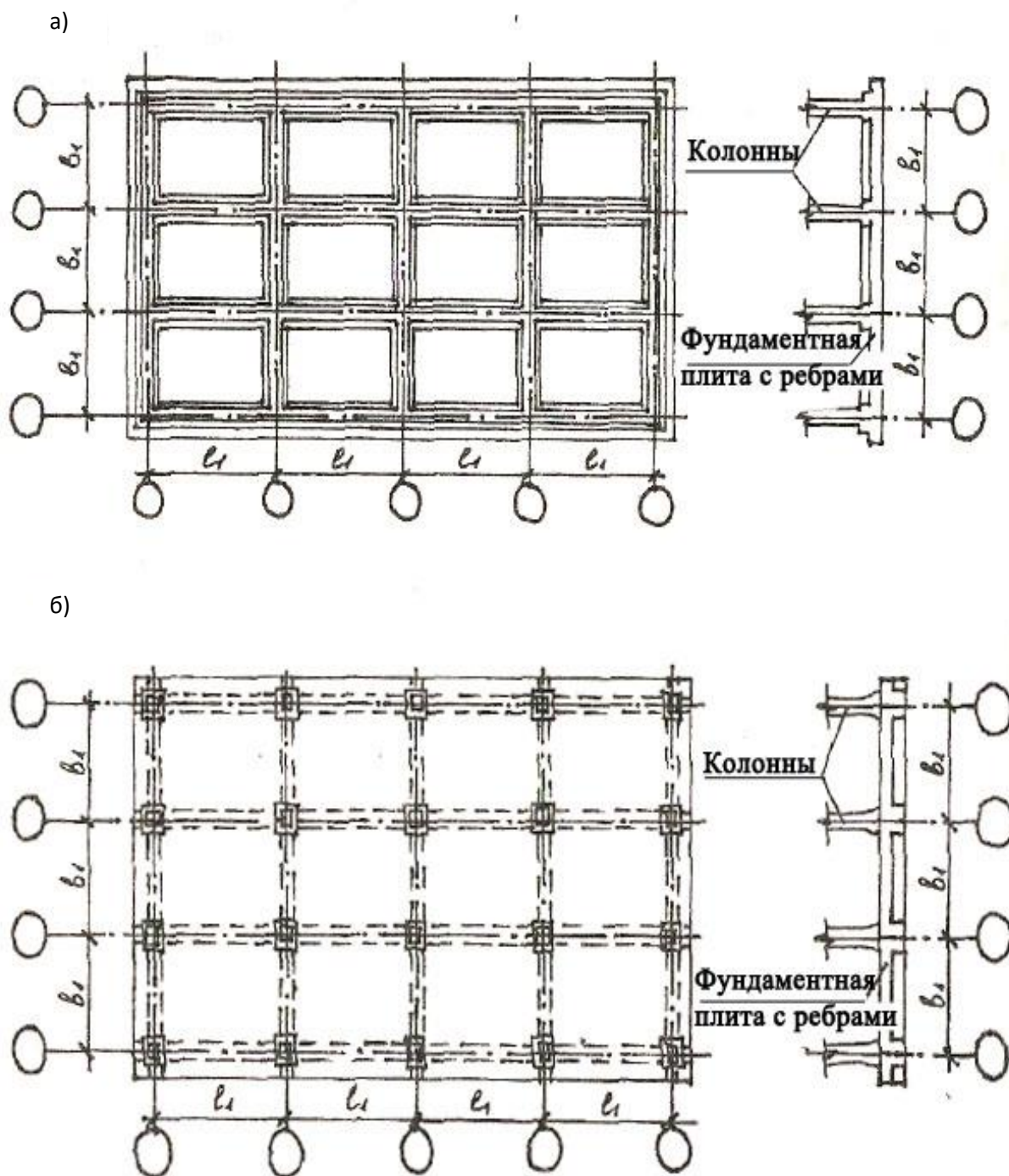


Рис. 1.5. Плитные фундаменты:

а – план плитного фундамента с плитой ребрами вверх;  
 б – план плитного фундамента с плитой ребрами вниз,  
 при  $b_1$  и  $l_1$  – 3 – 6 м

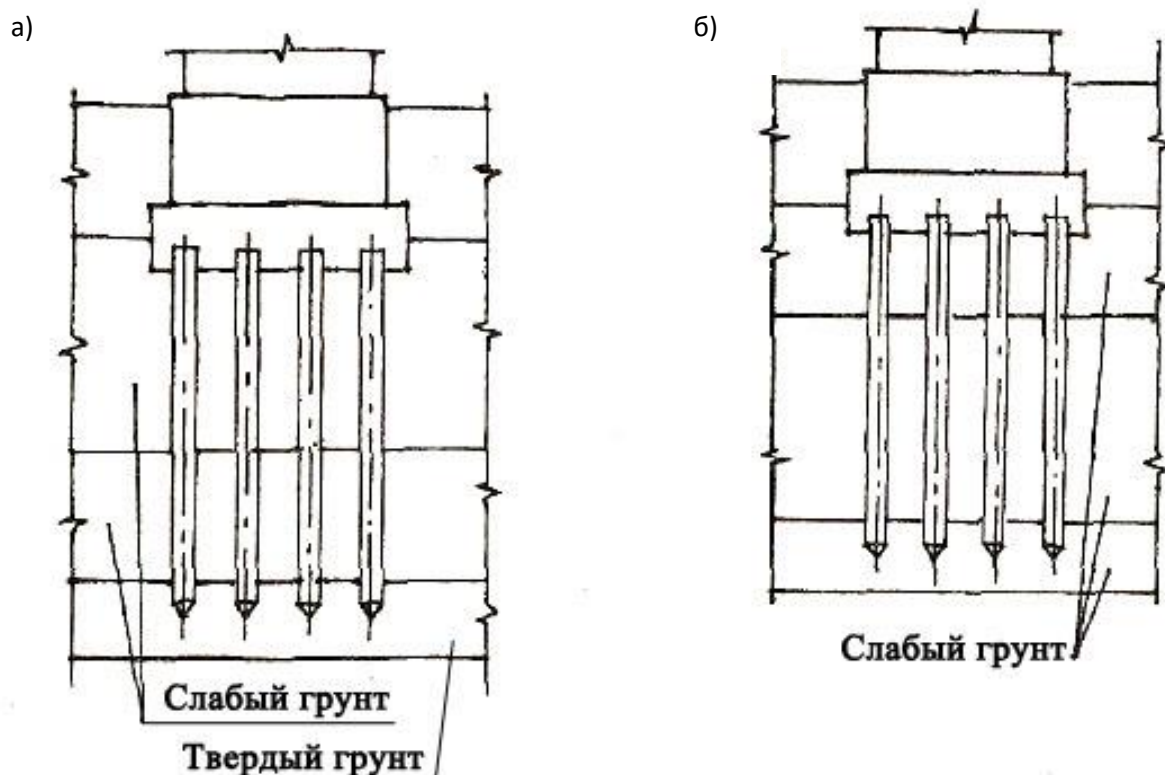


Рис. 1.6. Статические схемы фундаментов свайных конструкций:

а – сваи-стойки; б – сваи висячие

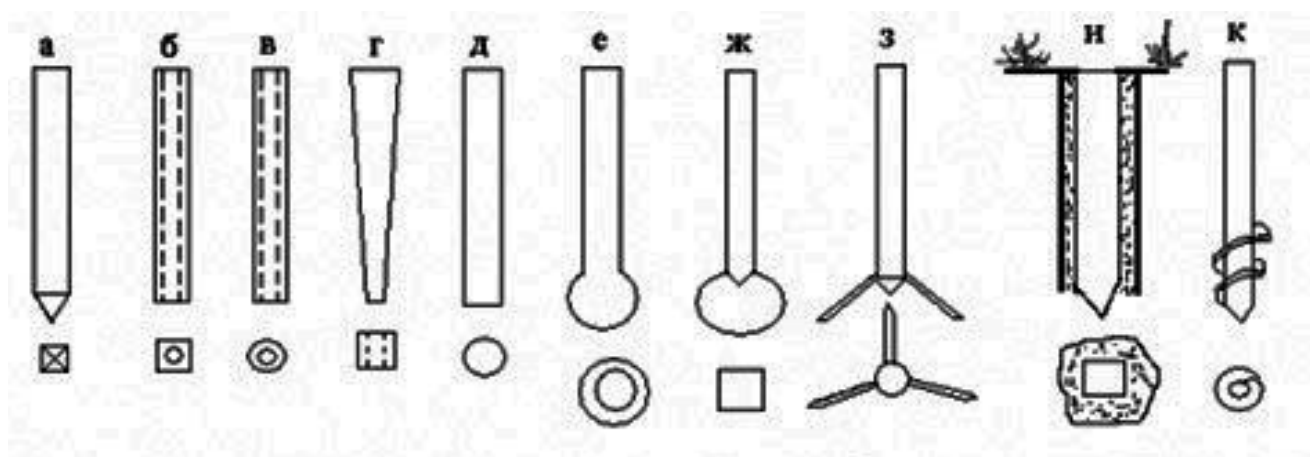


Рис. 1.7. Типы свай и их конструкции:

а-г – забивные бетонные и железобетонные сваи квадратного, круглого сечений; сплошные и пустотелые; д-е – набивные сваи обычные и с уширенной пятой; ж – камуфлетные сван (нижняя часть скважины расширена с помощью взрыва – сваи с камуфлетной пятой); з – сваи с шарнирно-раскрывающимися упорами; и – свая в лидерной скважине; к – винтовая свая





## 1.2. Конструктивные решения стен

Стены гражданских зданий обеспечивают восприятие нагрузок, теплозащиту и звукоизоляцию помещений, отвод атмосферных осадков, а также служат основными архитектурными элементами здания.

Стены – наиболее дорогостоящие конструкции. Стоимость наружных и внутренних стен составляет до 35% стоимости здания. Следовательно, эффективность конструктивного решения стен существенно отражается на технико-экономических показателях всего здания.

При выборе и проектировании конструкций стен гражданских зданий необходимо:

- снижать материалоемкость, трудоемкость, сметную стоимость и себестоимость;
- применять наиболее эффективные материалы и стеновые изделия;
- снижать массу стен;
- максимально использовать физико-механические свойства материалов;
- применять местные строительные материалы, а также индустриальные стеновые изделия;
- использовать материалы с высокими строительными и эксплуатационными качествами, обеспечивающими долговечность стен.

### Классификация стен

Стены могут быть подразделены по следующим основным признакам:

- назначению ограждения: внутренние и наружные;
- типу и размерам стеновых изделий: из мелких и крупных элементов;
- материалу изделий: деревянные и каменные;
- конструктивным признакам: несущие, самонесущие, навесные;
- теплотехническим характеристикам: для отапливаемых и неотапливаемых зданий, а также стены – по энергосберегающим технологиям;
- степени сборности и готовности: сборные, сборно-монолитные и монолитные.

В зависимости от принятой конструктивной системы здания наружные, внутренние стены и их элементы могут быть несущими, самонесущими, навесными (рис. 1.8, 1.9).

Несущие стены воспринимают нагрузки от собственного веса в пределах всей высоты здания, ветра, постоянную и временную нагрузки от перекрытий и покрытия.

Самонесущие – от собственного веса стен всех этажей здания и ветра.

Навесные – стены нагружены только собственным весом и ветровой нагрузкой в пределах этажа и передают нагрузку на каркас здания.

В зависимости от типа и размера применяемых изделий стены бывают из:

- мелкогабаритных стеновых изделий – кирпича и стеновых камней объемом 2 – 10 кирпичей;
- крупноэлементных – при стеновых элементах высотой, равной от 1/4 до полной высоты этажа и более.

Крупноэлементные стены подразделяют на крупноблочные и крупнопанельные. Крупноблочные стены могут иметь разрезку от двух до четырех рядов по высоте этажа. Крупные стеновые панели, применяемые в массовом строительстве жилых зданий, как правило, имеют размеры «на комнату» или «на две комнаты», т. е. высота панели равна высоте этажа или двух этажей, а ширина – одному или двум планировочным шагам (рис. 1.8).

Стеновые изделия подразделяют: на сплошные и пустотелые.

По конструктивным признакам стены могут быть однослойные и многослойные.

### **Общие требования к стенам**

Конструкции стен должны отвечать предъявляемым к ним требованиям по капитальности, прочности и устойчивости, термическому сопротивлению, условиям эксплуатации гражданских зданий, а также архитектурным требованиям. Капитальность стен определяется степенью их долговечности, огнестойкости и пожарной безопасности.

Долговечность стен обеспечивается применением стеновых материалов, обладающих требуемой морозостойкостью.

Предел огнестойкости и класс пожарной опасности стен, как и других конструкций для зданий различной степени огнестойкости должен соответствовать определенным требованиям [1].

В современном массовом строительстве зданий большое внимание уделяют звукоизоляции помещений. Внутренние стены должны иметь надежную звукоизолирующую способность от воздушного шума. Нормативные требования, предъявляемые к звукоизоляции стен и перегородок, зависят от назначения ограждаемых помещений зданий.

Конструкции наружных стен должны отвечать требованиям норм тепловой защиты зданий [2, 3, 4].

Номенклатура строительных материалов, применяемых для наружных стен, достаточно широка и включает в себя две подгруппы: конструктивные и теплоизоляционные. Некоторые материалы входят в обе подгруппы и называются конструктивно-теплоизоляционными (табл. 2).

Таблица 2

Прочностные и теплотехнические характеристики  
материалов наружных стен

Материал	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>2</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м °С	
		для условий эксплуатации	
		А	Б
Конструктивные материалы			
Железобетон (для наружных стен неотапливаемых зданий)	2500	1,92	2,04
Кладка из обыкновенного глиняного кирпича	1800	0,7	0,81
Кладка из пустотелого кирпича	1200	0,47	0,52
Кладка из силикатного кирпича	1800	0,76	0,87
Легкие и ячеистые бетоны	1000÷1400	0,33÷0,56	0,41÷0,65
Теплоизоляционные материалы			

Легкие и ячеистые бетоны	300÷600	0,11÷0,22	013÷0,26
Эффективные теплоизоляционные материалы (минеральная вата, пенополиуретан, пенополистирол, пенопласт, пенофол, технолайт, термоплекс и др.)	50÷200	0,04÷0,07	0,05÷0,08
Пенополистирол двухстадийного вспучивания	15÷20	0,03	0,04

### Кирпичные стены многослойной конструкции

Кирпичные стены в зависимости от конструктивной системы здания могут быть несущими, самонесущими и навесными (в каркасных зданиях).

При проектировании кирпичных стен необходимо обеспечить наиболее полное использование их несущей способности и теплотехнических качеств. Так, для наиболее нагруженных стен и столбов, согласно расчету, следует применять кирпич марки не менее 150 и сетчатое армирование кладки.

Конструкцию кирпичных стен выбирают в результате технико-экономического анализа.

В соответствии с требованиями норм тепловой защиты зданий [2, 4] и Министерства строительства РФ кирпичные стены должны быть трехслойной конструкции с теплоизоляцией из эффективных теплоизоляционных материалов (см. табл. 2). Толщина этого слоя определяется теплотехническим расчетом.

Факторы, влияющие на толщину слоя теплоизоляции наружного ограждения [3]:

- расчетная зимняя температура района строительства (средняя самой холодной пятидневки);
- средняя температура отопительного периода;
- продолжительность отопительного периода;
- градусосутки отопительного периода;
- коэффициенты теплопроводности слоев материалов, входящих в состав наружного ограждения.

Толщина слоя кирпичной кладки, обращенного в сторону помещения, зависит от действующих нагрузок, этажности здания и может быть от 120 до 510 мм. Толщина наружного (облицовочного) слоя – 120 мм.

Наружный слой с внутренним может соединяться с помощью кирпичных ребер, металлических связей, защищенных от коррозии, легкогобетонных горизонтальных и вертикальных поясов.

В самонесущих трехслойных стенах уменьшаются их вес по сравнению с несущими стенами, нагрузки на фундаменты и расход материалов.

В зданиях ствольно-каркасной конструктивной системы широко применяют навесные трехслойные кирпичные стены, опирающиеся на железобетонные перекрытия и передающие свой вес на каркас здания (рис. 1.10).

### **Крупнопанельные наружные стены**

Для выбора материалов и конструкций наружных стен необходимо провести технико-экономический анализ.

Крупнопанельные стены могут быть эффективными, так как для их изготовления и монтажа требуется меньше трудовых затрат, и стоимость их часто ниже стоимости кирпичных стен. Крупнопанельные здания отличаются многообразием конструктивных систем и могут иметь стены несущие, самонесущие и навесные.

Системы разрезки наружных панельных стен показаны на рис. 1.8. По расположению панели в стенах общественных зданий бывают: цокольные, простеночные, перемычечные, парапетные, карнизные, угловые.

В жилых зданиях панели имеют высоту «на этаж» и длину «на комнату» или «на две комнаты».

По материалу панели подразделяются на бетонные и небетонные.

### **Конструкции бетонных стеновых панелей**

В соответствии с требованиями норм тепловой защиты зданий [2, 4] и по распоряжению Министерства строительства России, начиная с 2000 года бетонные панели имеют трехслойную конструкцию, состоящую из двух слоев легкого бетона плотностью  $1200 \text{ кг/м}^3$  с эффективным теплоизоляционным материалом между ними, толщина слоя которого определяется теплотехническим расчетом.

Внутренняя и наружная поверхности панели имеют отделочные фактурные слои.

### **Требования, предъявленные к стыкам бетонных наружных стеновых панелей и способы их обеспечения**

Прочность – обеспечивается сваркой стальных закладных деталей или соединением выпусков арматуры (рис. 1.11, 1.12).

Теплонепроницаемость – достигается вкладышем из эффективного теплоизоляционного материала с пароизоляцией.

Воздухонепроницаемость – обеспечивается зачеканкой стыка герметизирующими прокладками из пороизола, гернита, стиропора и др.

Водонепроницаемость стыка – достигается применением специальной мастики – герметика.

Эстетичность – покраска швов между панелями в светлые тона.

Индустриальность – обеспечивается наличием нормокомплекта, в который входят все вышеперечисленные материалы, заготовленные по форме и размерам стыка.

### **Небетонные стеновые панели**

*Небетонные стеновые «сэндвич»-панели* имеют наружную и внутреннюю обшивки, выполненные из легких листовых материалов (стали, алюминия, пластика, бакелизированной фанеры и др.). Между обшивками – теплоизоляционный эффективный материал (минеральная вата, самозатухающий пенопласт, пенополистирол и др.).

Небетонные стеновые панели по конструкции могут быть только навесными в каркасных зданиях. Широкое распространение получили панели типа «сэндвич» со стальными обшивками толщиной не менее 0,5 мм. Длина панелей с теплоизоляцией из минеральной ваты – от 1800 до 12000 м; ширина – 1200 мм; толщина 50 – 300 мм.

### **Наружные сборно-монолитные стены с несъемной опалубкой (энергосберегающая технология строительства)**

Стены с несъемной опалубкой выполняют из блоков с пустотами, которые изготавливают из легких эффективных теплоизоляционных материалов. Блоки выполняют роль опалубки, пустоты которой заполняют легким бетоном с  $\rho = 1200 - 1400 \text{ кг/м}^3$ . Опалубку не снимают, она остается в стене на все время эксплуатации и выполняет теплотехнические функции, а легкий бетон, заполняющий пустоты – обеспечивает конструктивные функции, создает прочность и устойчивость стены.

Такие стены могут быть несущими, самонесущими и навесными (при опирании на перекрытия каркасных зданий). Их можно применять как в одноэтажных, так и в зданиях повышенной этажности.

В России эта теплосберегающая технология применяется с 1998 года. Стена из блоков с несъемной опалубкой имеет толщину 250 мм (150 мм – монолитный пенобетон, а наружный и внутренние слои – из пенополистирола плотностью 25 – 30 кг/м<sup>3</sup>, толщиной по 50 мм). Размеры блоков несъемной опалубки могут быть 1500×375×250 мм; 1200×375×250; 600×192×250 и другие.

### **Технико-экономическая оценка наружных стен гражданских зданий**

В каждом строящемся здании с обычной степенью проёмности наиболее дорогостоящими, трудо- и материалоемкими конструкциями являются стены. Так, при традиционных решениях стены составляют в здании: по стоимости 25 – 35 %; по трудоёмкости 30 – 40; по массе 35 – 40%.

Задачи по повышению эффективности конструкций стен состоят в одновременном снижении их материалоемкости и веса, в уменьшении трудозатрат при изготовлении стеновых изделий и возведении стен, в снижении сметной стоимости и себестоимости стен, повышении их теплотехнических качеств.

Эти задачи в полной мере решают при возведении монолитных стен с несъемной опалубкой по энергосберегающей технологии. По сравнению со всеми вышеприведенными конструкциями стены с несъемной опалубкой имеют целый ряд преимуществ:

- приведённое сопротивление теплопередаче стены  $R_0 = 2,9 \text{ м}^2\text{С/Вт}$ , что превышает современные требования по энергосбережению;
- простота монтажа стен благодаря надёжной системе замков для соединения блоков;
- сокращение сроков строительства, что позволяет значительно снизить затраты на оплату труда;
- снижение затрат на отопление в течение всего срока эксплуатации здания;
- снижение транспортных расходов благодаря легкости и малогабаритности стеновых блоков;

- простота монтажа внутренних инженерных сетей (водопровод, тепловые и электросети закладывают в стены во время их возведения);
- прекрасная звукоизоляция (46 децибел);
- долговечность не менее 200 лет (по заключению НИИЖБа).

### Утепление наружных стен существующих зданий

Наружные стены можно утеплять тремя способами: внутреннее утепление, наружное и конструкции внутри стены (см. рис. 10.). Предпочтение отдают системам наружного утепления, поскольку одновременно достигают защиту стен от неблагоприятных атмосферных воздействий, обеспечивают «дыхание» стен, дополнительную звукоизоляцию и длительный срок эксплуатации.

Различают *легкие системы утепления* (по тонкой полимерной или стеклосетке) и *тяжелые* (по металлической). Теплоизоляционные плиты можно крепить к стене с помощью специальных полимерных дюбелей, анкеров и др.

На закрепленные к стене теплоизоляционные плиты из пенополистирола, пеноизола наносят базовый слой штукатурки на основе полимерных и минеральных материалов, в который втапливают полимерную сетку, затем отделочный слой штукатурки толщиной 5 – 12 мм, который должен быть паропроницаемым, водонепроницаемым, долговечным и обладать необходимыми декоративными свойствами. В настоящее время широко используют системы Ceresit, Manei, Isover и другие.

Внутреннее утепление существующих зданий производят с помощью утепляющей внутренней стенки из блоков ячеистого бетона, при этом расчетом контролируют годовой баланс влажности стены. Этот способ уменьшает площади помещений, его применяют при реконструкции зданий с фасадами, представляющими собой историческую или художественную ценность.

В вентилируемых фасадах с теплоизоляцией внутри стены, воздушным зазором и наружным слоем из облицовочных плит или листовых материалов с анкерной системой крепления применяют: керамогранит, фиброцементные плиты, алюминиевые композитные панели, слоистый негорючий пластик.



**Иллюстрации к разделу 1.2**

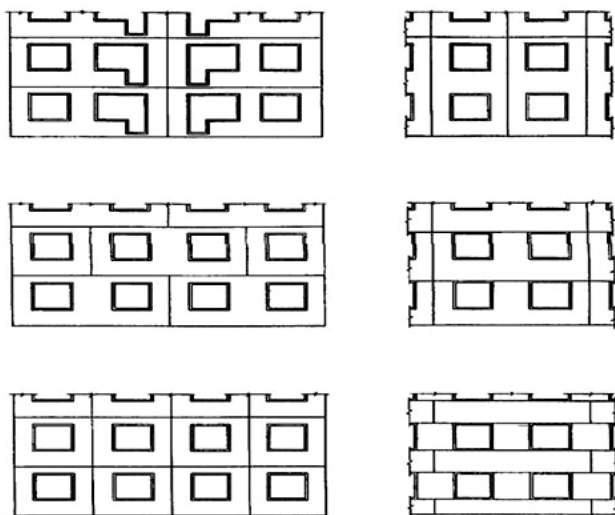


Рис. 1.8. Системы разрезки наружных стен панельных зданий

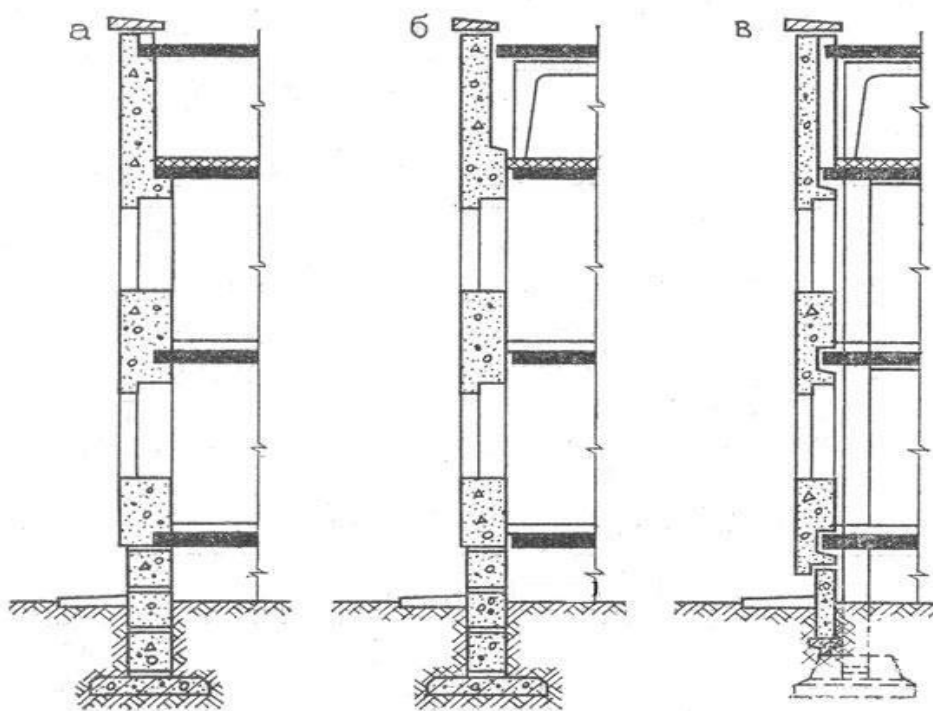


Рис. 1.9. Наружные стены: а – несущие, б – самонесущие, в – ненесущие

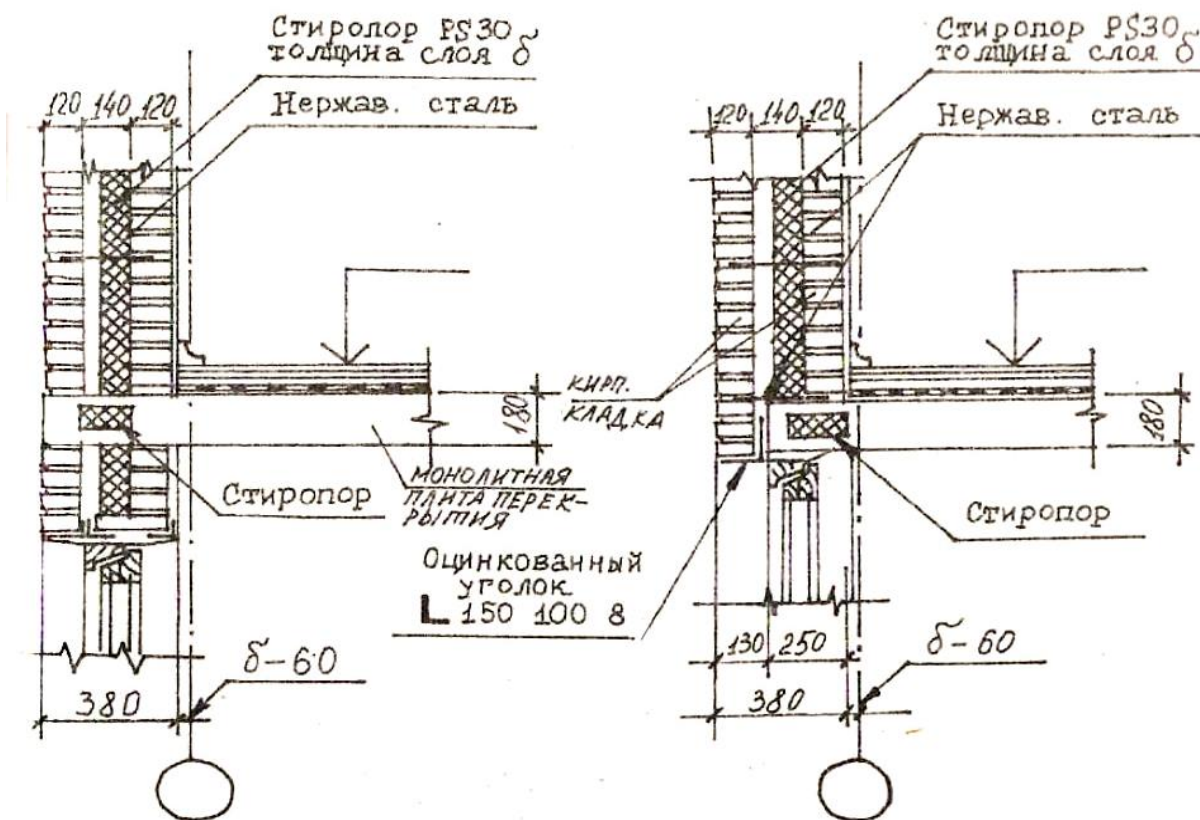


Рис 1.10. Детали опирания слоистых кирпичных стен на перекрытия каркасных зданий

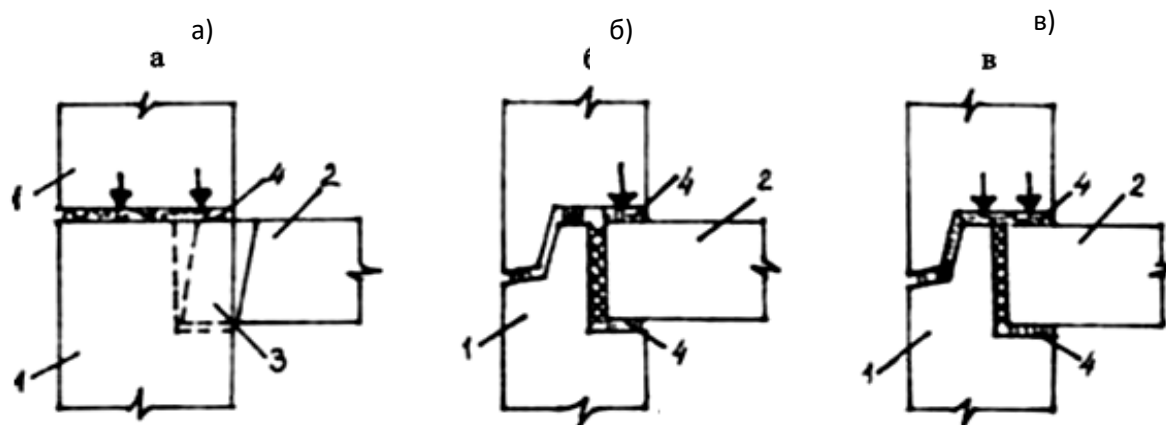


Рис. 1.11. Горизонтальные стыки панелей несущих наружных стен и схемы передачи в них вертикальной нагрузки:

а – контактный; б – платформенный; в – комбинированный профилированный;

1 – панель наружной стены; 2 – плита перекрытия;  
3 – опорный палец плиты перекрытия; 4 – цементный

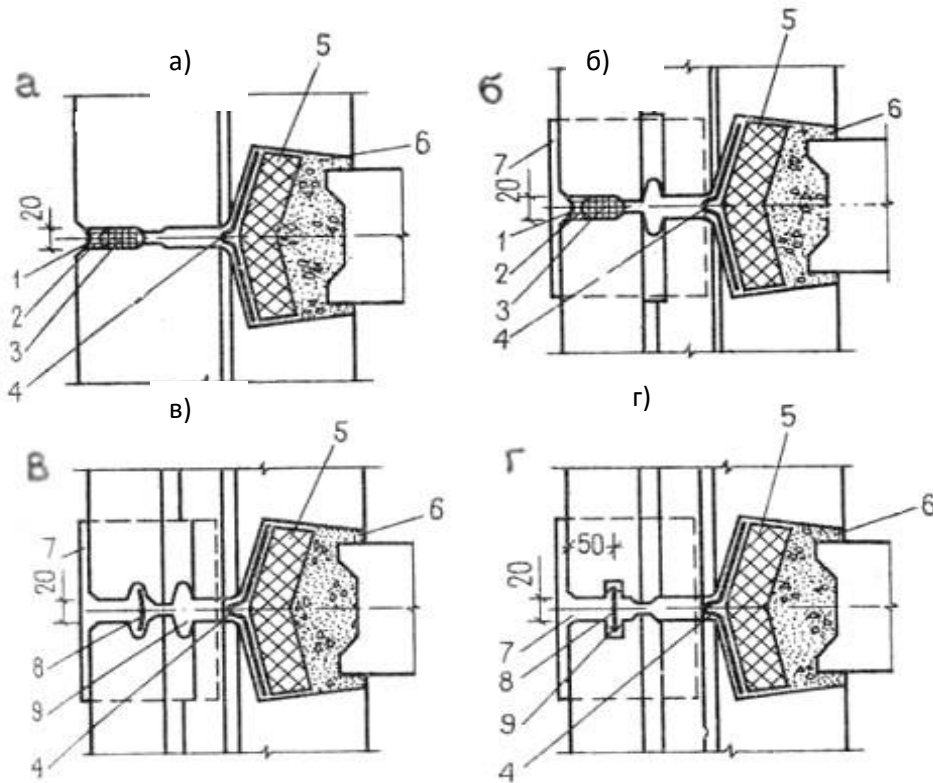


Рис. 1.12. Принципиальные схемы изоляции стыков панелей наружных стен:

а – закрытый; б – дренированный; в, г – варианты открытого стыка: 1 – защитное покрытие;  
2 – герметизирующая мастика; 3 – упругая прокладка, 4 – наклеенная лента гидроизоляционного материала; 5 – утепляющий вкладыш; 6 – бетон замоноличивания;  
7 – водоотводящий фартук; 8 – водоотводная лента; 9 – декомпрессионный канал

### 1.3. Перекрытия

#### Требования к перекрытиям и их классификация

Перекрытиями называются горизонтальные элементы здания, разделяющие внутреннее его пространство на этажи и воспринимающие постоянные нагрузки от веса перекрытий покрытий, и временные нагрузки от людей, мебели и оборудования.

Перекрытия должны быть:

- прочными, т.е. безопасно воспринимать действующие нагрузки;
- жесткими, т.е. не должны иметь прогибов выше установленных пределов;
- звуконепроницаемыми;
- индустриальными;
- экономичными, т.е. иметь наименьшую стоимость, трудоемкость, минимальную высоту и массу в расчете на 1 м<sup>2</sup> перекрываемой площади.

В зависимости от назначения отдельных помещений к перекрытиям можно предъявлять специальные требования: теплоизоляции, водонепроницаемости, огнестойкости и т.д.

Перекрытия можно классифицировать по следующим признакам (рис. 1.15 – 1.19):

- месторасположению в здании: по грунту (нижние), надподвальные, междуэтажные, чердачные;
- конструктивной схеме устройства: балочные и безбалочные;
- материалу несущей части: железобетонные, деревянные и металлические;
- характеру возведения: индустриальные (из сборных элементов), монолитные и сборно-монолитные.

#### Особенности конструктивных решений, междуэтажных, надподвальных, чердачных перекрытий

Конструктивное решение междуэтажных перекрытий определяется избранным принципом обеспечения требуемых показателей его

звукоизоляции как акустически однородного или неоднородного.

Перекрытия с отдельным полом и потолком используют в зданиях с особыми требованиями к звукоизоляции (студии звукозаписи, телестудии и т.п.). Несущую часть перекрытий обычно выполняют из сборного железобетона. Исключение составляют монолитные и сборно-монолитные здания, перекрытия которых иногда выполняют в виде многопролетной неразрезной плиты сплошного сечения из тяжелого или легкого железобетона.

Конструкции перекрытий, выполняющих функции наружных ограждений, помимо несущей части могут содержать утепляющий и пароизоляционный слои. В комплексе перекрытий над подпольями и проездами, кроме того, включают конструкцию пола. В целях унификации несущую часть утепленных перекрытий обычно выполняют из таких же несущих элементов, что и междуэтажные перекрытия.

Несущими элементами чердачных перекрытий чаще всего служат сборные железобетонные панели, поверх которых укладывают паро- и теплоизоляцию.

Пароизоляция предназначена для защиты теплоизоляции от конденсации проникающих из помещения водяных паров, её можно выполнять из полимерной пленки, обмазки битумом, кровельных материалов, специального пароизоляционного материала изоспан В.

В качестве теплоизоляции применяют различные теплоизоляционные материалы (сыпучие или плитные), толщина слоя которых определяется теплотехническим расчетом; при необходимости устраивается стяжка из цементно-песчаного или цементно-известкового раствора, защищающая теплоизоляционный слой от наружного увлажнения.

### **Балочные перекрытия.**

#### **Перекрытия по деревянным балкам**

Деревянные междуэтажные перекрытия (рис. 1.17) состоят из несущих балок, с шагом 800 – 1000 мм, щитов или плит наката, звукоизолирующей засыпки и пола по лагам. Балки (сплошные и составные) имеют прямоугольное сечение и изготавливаются из хвойных пород древесины. Для опирания элементов межбалочного заполнения к боковым сторонам балок прибивают черепные бруски 40×40 мм.

Накат выполняют из однослойных или двухслойных деревянных щитов, гипсошлаковых, легкогобетонных, фибролитовых плит пустотелых керамических вкладышей.

Звукоизоляция представляет собой слой строительного картона, поверх которого укладывают слой прокаленного песка, шлака, перлитовых крошек или другого звукоизоляционного материала.

Потолки деревянного перекрытия штукатурят по дроби или обшивают сухой штукатуркой.

Балки деревянных перекрытий заделывают в стену (в гнезда) на глубину 150 – 200 мм. Их концы для защиты от гниения обрабатывают антисептиком, обмазывают смолой (кроме торцов), обертывают рубероидом или другим гидроизоляционным материалом. Уложенные балки через одну крепят к анкерам, заделываемым в кладку, а на внутренних опорах концы балок соединяют стальными связями. Применение деревянных перекрытий в зданиях более трех этажей запрещено. Это ограничение не распространяется на районы, богатые лесом.

### **Перекрытия по железобетонным балкам**

Конструкция таких перекрытий состоит из несущих железобетонных балок, элементов межбалочного заполнения и пола (рис. 1.16).

Железобетонные балки таврового сечения с полками понизу укладывают параллельно друг другу с шагом 600 – 1000 мм. Для связи стен между собой концы балок, уложенных на внутренние стены, стягивают проволочными скрутками (или сваривают по закладным деталям). В наружных стенах концы балок закрепляют анкерами.

Пространство между уложенными балками заполняют пустотелыми легковесными или керамическими вкладышами, которые укладывают на выступающие полки железобетонных балок. Все швы перекрытия тщательно заделывают цементно-песчаным раствором.

Для повышения звукоизоляционных качеств поверх элементов межбалочного заполнения укладывают звукоизоляционный материал.

Рассмотренная конструкция перекрытия требует больших затрат, труда и имеет ограниченное применение.

### **Безбалочные перекрытия из сборных железобетонных конструкций**

Междуэтажные перекрытия из сборных железобетонных панелей и настилов получили широкое распространение в современном строительстве.

Изготавливают эти конструкции из тяжелого железобетона с размерами, предусмотренными каталогами промышленных изделий.

Сборные железобетонные панели различаются:

- габаритными размерами: мелкопанельные, перекрывающие часть помещения, и крупнопанельные размером «на комнату»;
- формой поперечного сечения: сплошные, многопустотные, ребристые, шатровые, обрамленные по контуру ребрами, сечением «2Т» и «Т»;
- способом опирания: платформенное – по контуру (по трем или четырем сторонам), точечное – по четырем углам на колонны, и по двум сторонам;
- характером армирования: обычное или предварительно напряженное;
- показателями несущей способности на 1 м<sup>2</sup> перекрытия: под малую, среднюю, тяжелую и усиленную нагрузки;
- приведенной толщиной бетона в сантиметрах, которая определяется делением объема бетона, содержащегося в панели, на ее площадь.

### **Монолитные перекрытия**

Монолитные железобетонные перекрытия возводят на месте строительства в специальной опалубке. По характеру конструктивных решений различают перекрытия:

- ребристые в виде системы взаимосвязанных монолитных перекрещивающихся балок и плиты. Элементами перекрытия являются главные балки (прогоны), перпендикулярно к ним располагаются второстепенные балки (ребра);
- кессонные, состоящие из пересекающихся взаимно перпендикулярных балок одинакового сечения, монолитно связанных с плитой. Углубления между балками называются кессонами (рис. 1.18);
- безбалочные, представляющие собой сплошную монолитную плиту, опертую на колонны, имеющие в верхней части утолщения (капители) (рис. 1.19);
- безбалочные, возводимые одновременно с перегородками в опалубке из Г-образных стальных щитов.

Монолитные железобетонные перекрытия применяют, как правило, в зданиях сложной конфигурации для повышения пространственной жесткости при больших нагрузках. При выборе типа перекрытия (сборное или монолитное) необходимо привести технико-экономический анализ.

### **Сборно-монолитные перекрытия с несъемной опалубкой**

Такие перекрытия состоят из двух элементов: нижней сборной плиты «скорлупы» толщиной 40 – 60 мм, выполняющей функции несъемной

опалубки, и верхнего монолитного слоя толщиной 100 – 120 мм. Несъемная опалубка поддерживается телескопическими стойками, которые затем убирают, а опалубка остается в конструкции перекрытия как его несущая часть.

### **Особенности конструкций перекрытий над котельными, в санузлах и мокрых помещениях**

Конструкция перекрытия, разделяющего жилые помещения от котельной в подвальном этаже, должна удовлетворять требованиям достаточной звуко-, тепло- и газоизоляции.

Перекрытия, отделяющие отапливаемые помещения от холодных проездов, подвалов и других неотапливаемых помещений, имеют теплоизоляцию. Пароизоляция при этом располагается перед теплоизоляцией со стороны отапливаемого помещения.

В конструктивное решение перекрытий в санузлах и мокрых помещениях бань и прачечных входит гидроизоляция из двух-, трехслойного гидроизоляционного ковра, плавно загибаемого на 100 – 150 мм на стены. Можно использовать полимерную пленку. Достаточно простое решение – гидроизоляция из водонепроницаемого цементно-песчаного раствора.

### **Технико-экономическая оценка перекрытий**

Для сравнительной оценки вариантов междуэтажных перекрытий применяют показатели стоимости, трудоемкости, приведенной толщины и расхода основных материалов (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение вариантов междуэтажных перекрытий

Конструкция перекрытия	Приведенная толщина в см	Расход материала		
		сталь, кг	цемент, кг	лес, кг
Сборное из многопустотных панелей	11	5,4	35	-
Сборное из сплошных панелей	14	9,4	54	-
Из сборных железобетонных балок с накатом из	-	7	12	-





гипсобетонных плит				
Деревянные балки с накатом из гипсобетонных плит	-	-	-	0,33

### Иллюстрации к разделу 1.3

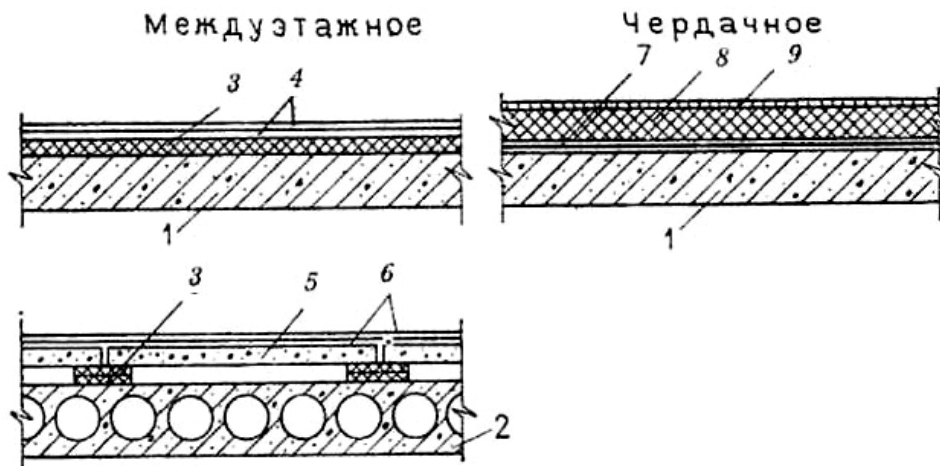


Рис. 1.15. Перекрытия по железобетонным плитам:

- 1 – сплошная плита; 2 – круглопустотная; 3 – изоляция ударного шума; 4 – пол по стяжке;  
 5 – усиление изоляции от воздушного шума (гипсобетонные плиты); 6 – пол;  
 7 – пароизоляция; 8 – теплоизоляция; 9 – стяжка

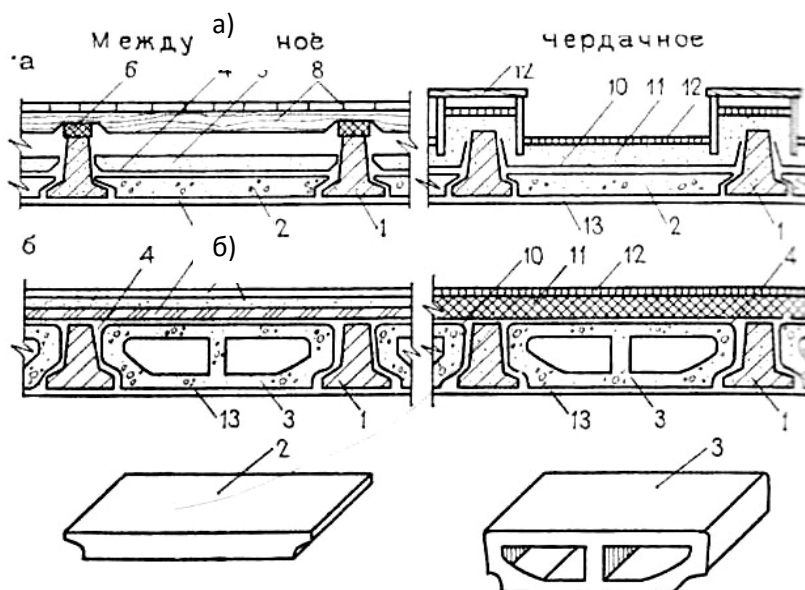


Рис. 1.16. Перекрытия по железобетонным балкам:

а – с заполнением из плит; б – с заполнением из пустотелых блоков: 1 – балки; 2 – плиты; 3 – пустотелые блоки; 4 – промазка щелей раствором или подстилка толя; 5 – усиление изоляции воздушного шума (песок); 6 – изоляция ударного шума (упругие прокладки); 7 – изоляция воздушного и ударного шумов; 8 – пол по лагам; 9 – пол по стяжке; 10 – пароизоляция; 11 – теплоизоляция; 12 – стяжка; 13 – затирка

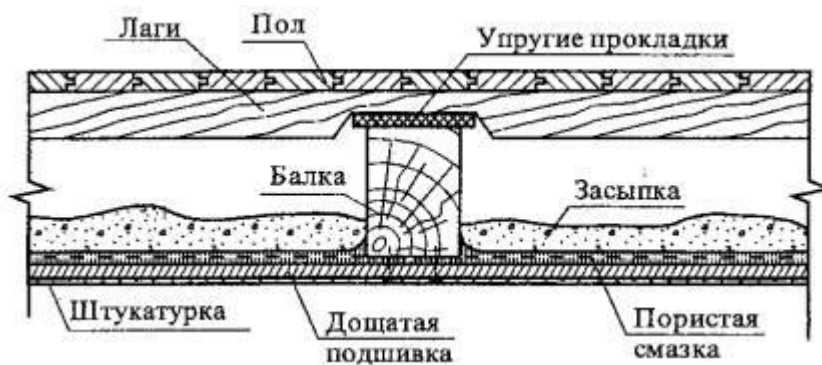


Рис. 1.17. Перекрытия по деревянным балкам

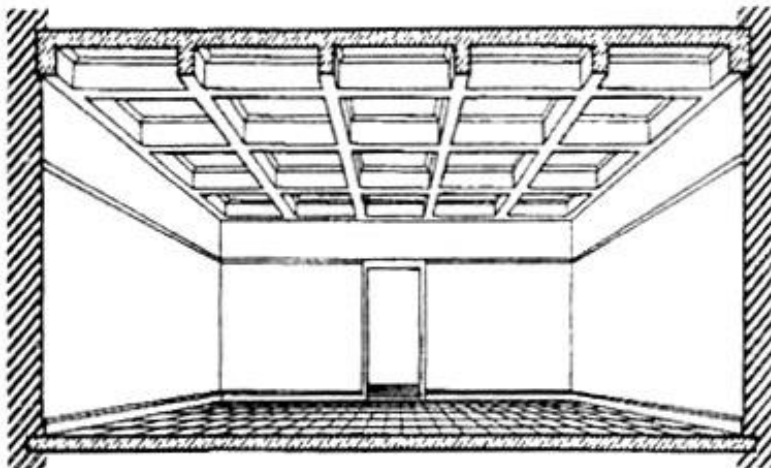


Рис. 1.18. Общий вид железобетонного монолитного кессонного перекрытия

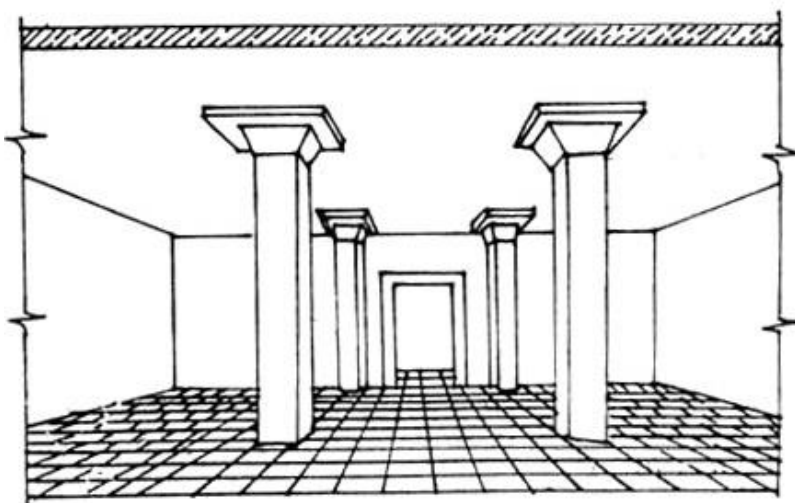


Рис. 1.19. Общий вид железобетонного безбалочного монолитного перекрытия

## 1.4. Покрытия

### Вид покрытий и требования к ним

Покрытием называется совокупность конструктивных элементов, завершающих здание и защищающих его от внешней среды (рис. 1.20 – 1.24). Наклонные плоскости покрытий, отводящие атмосферную воду, образуют скаты.

Различают следующие виды покрытий по:

- величине уклона: скатные, имеющие уклон более  $10^\circ$ , плоские с уклоном менее  $10^\circ$ ;
- конструктивному решению: чердачные, полупроходные (с высотой чердака 1 – 1,2 м), с микро-чердаком, бесчердачные (совмещенные);
- условиям эксплуатации:
  - крыши-террасы, предназначенные для размещения на них спортивных площадок, соляриев, садов и т.д.;
  - крыши-«ванны», наполняемые водой в летний период и за счет этого уменьшающие перегрев помещений верхних этажей;
  - неэксплуатируемые, устраиваемые в большинстве гражданских зданий.

Покрытия зданий должны отвечать требованиям:

- водонепроницаемости и атмосферостойкости;
- прочности и устойчивости;
- долговечности, огнестойкости;
- индустриальности;
- экономичности.

### **Формы и конструкции скатных покрытий**

Формы скатных покрытий зависят от конфигурации и архитектурных особенностей здания. Покрытия бывают односкатные, двускатные, четырехскатные (вальмовые), шатровые, мансардные (рис. 1.20 – 1.23).

Наклонная линия пересечения двух скатов, образующих выступающий угол, называется ребром.

Конек – это горизонтальная линия пересечения смежных скатов. Западающий угол, образованный двумя скатами, называется разжелобком (ендовой).

Несущими конструкциями скатных покрытий являются наслонные и висячие стропила, образующие пространственную систему.

Наслонные стропила перекрывают пролеты до 12 м. Конструктивные схемы покрытия с наслонными стропилами в зависимости от положения внутренних стен и их числа могут быть симметричными – с одной или двумя опорами либо несимметричными – с одной опорой (рис. 1.22, 1.23).

Пространственная система такого покрытия состоит из:

- стропильных ног, представляющих собой наклонные балки на двух опорах из досок на ребро 40×180 мм;
- мауэрлатов (горизонтальных брусьев) сечением 100×100 мм, уложенных по наружным стенам здания, предназначенным для распределения нагрузки от концов стропильных ног на стены;
- конькового прогона, лежня, стоек, подкосов (продольных и поперечных), обеспечивающих пространственную жесткость здания;
- ригелей, связывающих стропильные ноги между собой;
- кобылок (коротышей из досок), прибиваемых к нижнему концу стропильных ног для продления карнизного свеса;
- обрешетки, являющейся основанием для укладки по ней кровли.

Висячие стропила устраивают при отсутствии внутренних опор. Элементы висячих стропил: стропильные ноги, мауэрлаты, затяжка, подвеска (рис. 1.23).

### **Водоотвод со скатных покрытий. Ограждения**

Наружный отвод воды со скатных покрытий может быть:

- неорганизованным, со стоком дождевых и талых вод по всей протяженности ската;
- организованным, когда стекающая вода с кровли улавливается желобами и направляется в водосточные трубы. Большинство скатных покрытий имеет наружный организованный водоотвод, и лишь у малоэтажных зданий, расположенных с отступом от тротуара, водоотвод неорганизованный.

Система наружного организованного водоотвода состоит из желобов, лотков, водоприемных воронок и водосточных труб.

Желоба в зависимости от устройства называются:

- настенными, образованными отгибами стальных листов на свесе крыши, удобны в эксплуатации;
- подвесными, отличающимися простотой устройства, но ограниченной областью применения из-за частых повреждений при обследовании;
- выносными, в виде железобетонных элементов, заделанных в стену.

Водосточные трубы изготавливают из оцинкованной стали и собирают из отдельных звеньев, вставляемых друг в друга. На 1 м<sup>2</sup> кровли принимается 1 см<sup>2</sup> площади сечения водосточной трубы.

Для обеспечения безопасности ремонтных работ на крышах зданий более двух этажей с уклонами ската свыше 18<sup>0</sup> устраивают ограждения высотой не менее 0,6 м.

### **Совмещенные покрытия**

Совмещенными называются покрытия, в которых крыша совмещена с чердачным перекрытием, и его нижняя поверхность является потолком верхнего этажа.

Совмещенное покрытие возводят путем последовательной укладки по железобетонной плите покрытия верхнего этажа пароизоляционного и теплоизоляционного материалов, выравнивающей стяжки и рулонного гидроизоляционного ковра (рис. 1.24).

## **Плоские покрытия и их конструкции.**

### **Водоотвод с плоских и совмещенных покрытий**

Совмещенные, покрытия с малыми уклонами (1 – 5%) называются плоскими.

Плоские покрытия зданий, предназначенные для размещения на них спортивных площадок, садов, соляриев и т.д., называются эксплуатируемыми крышами. На них в отличие от совмещенных неэксплуатируемых необходимо устраивать полы, которые чаще всего выполняют из бетонных плит, уложенных по слою гравия (дренаж) или бетонным лагам. Для гидроизоляции крыш-террас применяют наиболее долговечные рулонные материалы (гидроизол и др.), а число слоев изоляции назначают на один больше, чем при неэксплуатируемых крышах. На поверхности рулонного ковра наносят сплошной (2 мм) слой горячей мастики. Битумные мастики антисептируют гербицидами, препятствующими прорастанию растений из случайно занесенных на крышу семян и спор.

По конструктивному устройству плоские покрытия бывают: бесчердачные, с полупроходными чердаками и чердачные. Последние имеют повышенную стоимость, однако чердак (технический этаж) можно использовать для размещения вентиляционных шахт, инженерных коммуникаций и наблюдения за состоянием покрытия. Для безопасности эксплуатации на плоских покрытиях устраивают ограждения.

Водоотвод совмещенных покрытий может быть:

- неорганизованным – со свободным сбросом воды по свесу кровли; применяется как наиболее дешевый в зданиях до трех этажей, но ведет к увлажнению стен, образованию наледей и сосулек на карнизе;
- наружным организованным с уклоном крыши – в сторону наружных стен и с системой желобов и водосточных труб;
- внутренним организованным с уклоном крыши в сторону водоприемных воронок со стояками, отводящими воду в ливневую канализацию.

Выход на совмещенные плоские крыши осуществляется через специальные надстройки, расположенные над лестничными клетками и имеющие маршевые лестницы для подъема и быстрой эвакуации с покрытия (табл. 4).

Таблица 4

Технико-экономические показатели покрытий  
(на 1 кв. м площади застройки)

Тип крыши	Конструкция	Затраты труда, чел.-ч.	Расход материалов, кг	
			сталь	цемент
Совмещенная	Панельная из керамзитобетонных панелей	3,55	9,41	105,95
	С утепляющими панелями	3,96	9,57	156,3
	Построечного изготовления	4,41	9,17	67,18
Чердачная	С холодным чердаком, утеплением плитами фибролита и рулонной кровлей	5,39	14	118,6
	То же, с безрулонным покрытием	3,6	9,32	69,7
	С теплым чердаком и рулонной кровлей	4,36	13,1	169

#### Иллюстрации к разделу 1.4

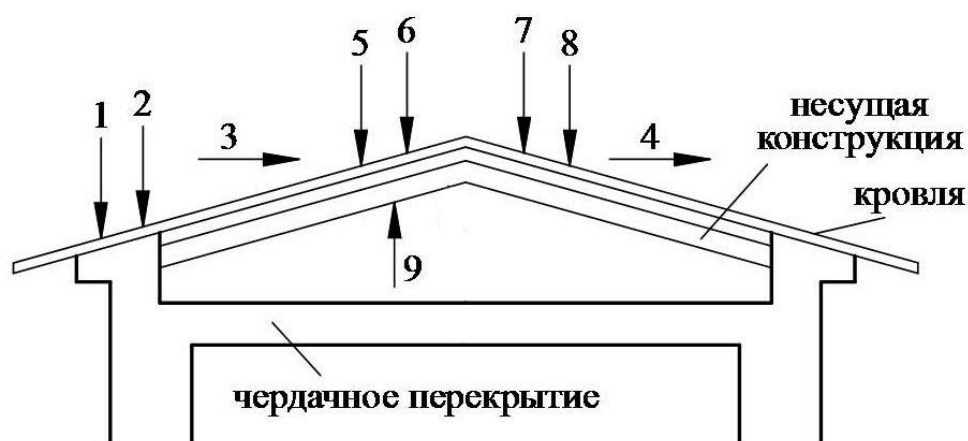


Рис 1.20. Воздействия на крышу:

1 – постоянные нагрузки (собственный вес); 2 – временные нагрузки (снег, эксплуатационные нагрузки); 3 – ветер (давление); 4 – ветер (отсос); 5 – воздействие температур окружающей среды; 6 – атмосферная влага (осадки, влажность



воздуха);

7 – химически агрессивные вещества, содержащиеся в воздухе; 8 – солнечная радиация;

9 – влага, содержащаяся в воздухе чердачного пространства

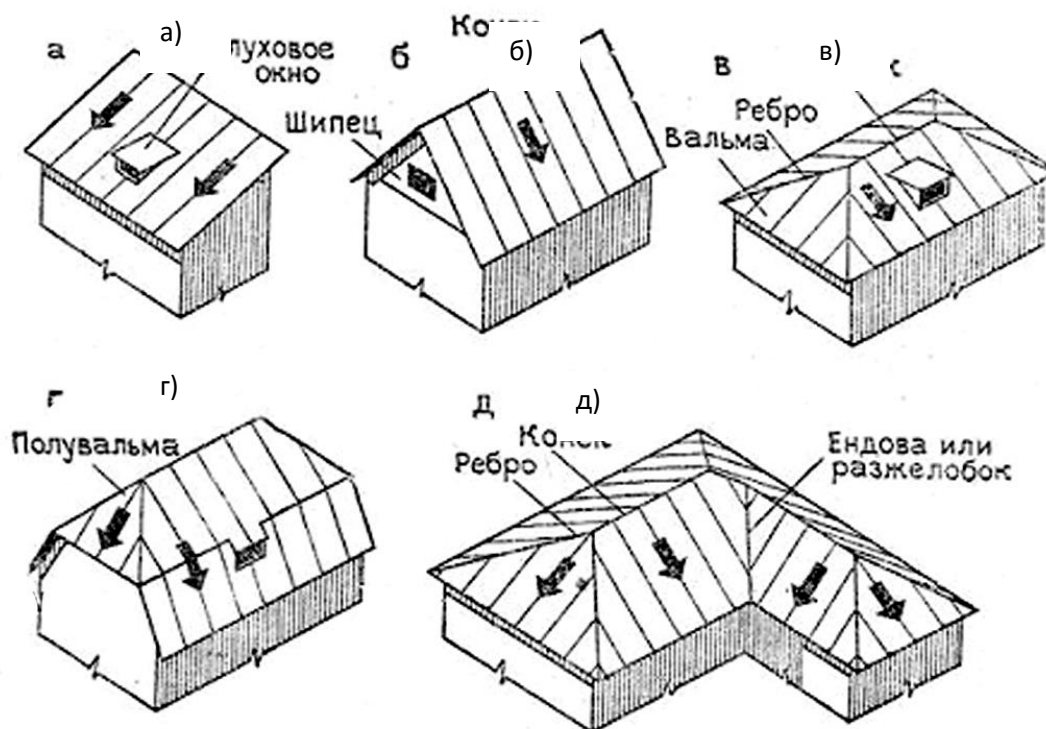


Рис 1.21. Формы скатных крыш:

а – односкатная; б – двускатная; в – вальмовая; г – полувальмовая; д – многоскатная

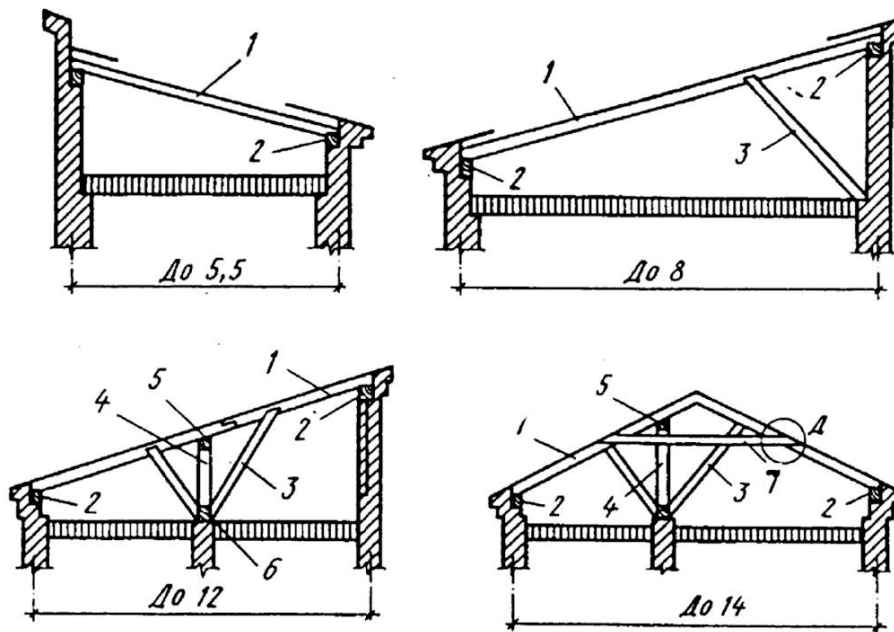


Рис 1.22. Конструктивные схемы деревянных наслонных стропил:

1 – стропильная нога; 2 – мауэрлат; 3 – подкос; 4 – стойка;  
5 – верхний прогон; 6 – лежень; 7 – ригель

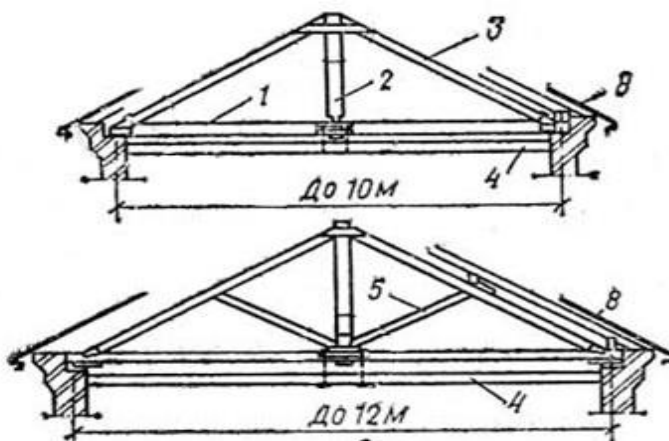


Рис 1.23. Деревянные висячие стропила:

1 – затяжка; 2 – подвеска или бабка; 3 – стропильная нога;  
4 – подвесное чердачное перекрытие; 5 – подкос; 6 – покрытие кровли

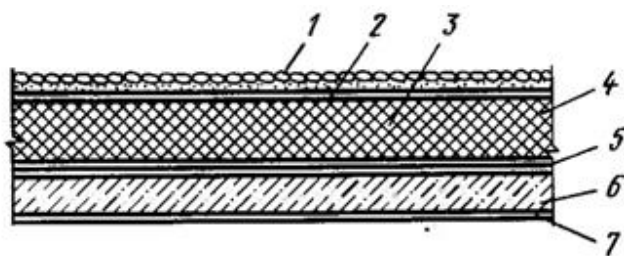


Рис. 1.24. Состав совмещенной крыши:

1 – защитный слой; 2 – кровля; 3 – выравнивающий слой; 4 – теплоизоляция; 5 – пароизоляция; 6 – железобетонная плита; 7 – отделочный слой

## 1.5. Кровли

Кровля – это верхний водонепроницаемый слой покрытия.

### Кровли для скатных покрытий

Кроме традиционной керамической черепицы существует современная натуральная черепица Браас, которую изготавливают по безобжиговой технологии из природных материалов: кварцевого песка, цемента и пигмента на основе окислов железа. Размеры 330×420 мм, уклон от 10 до 90°.

Основанием под эту кровлю служит обрешетка из брусков с шагом 310 – 350 мм. Это красивый, экологически чистый материал, с прекрасным цветовым решением и сроком службы более 100 лет.

Стальные профилированные листы Rannila – это оцинкованные стальные листы толщиной 0,5 мм, покрытые с двух сторон химическими окрасочными составами ярких цветов, предохраняющими сталь от механических воздействий. Ширина листов 800 – 1200 мм, максимальная длина – 10 м. Основание – обрешетка из брусков 40×100 мм, с шагом 200 – 300 мм, уклон 25 до 40°.

Металлочерепица Weckman – профилированные листы, изготавливаются из горячеоцинкованной с обеих сторон листовой стали, на которую с наружной стороны нанесено покрытие пластиком, а с внутренней – грунтовка и защитная окраска. Длина листов равна длине ската крыши, максимальная 6,5 м, ширина 1000 – 1200 мм, толщина листа 0,5 мм, высота волны 42, 47, 58 мм, шаг обрешетки 350 – 400 мм, уклон от 20 до 40°.

Ондулин (еврошифер) – волокна целлюлозы, битум, смола и минеральные красители. Волокна прессуют, насыщают битумом, покрывают смолой, минеральными красителями, подвергают тепловой обработке, что придает ему прочность и защитные функции. Срок службы – 50 – 60 лет, можно использовать при уклоне от 5 до 90°.

Гибкая черепица (битумная) – стеклополотно, на которое с обеих сторон наложены слои полимерных материалов.

Катепал – мягкая битумная черепица по финской технологии (технониколь), плитки прямоугольной (400×400 мм), шестиугольной формы – стеклохолст, пропитанный битумом, нижний слой – из резинобитума, самоклеящегося.

### **Кровли для плоских покрытий**

Традиционные кровли для плоских покрытий – это рулонные кровельные материалы – рубероид и пергамин, которые представляют собой строительный картон, пропитанный битумом, наклеивают на битумной мастике (материалы прошлого века).

На их основе создан наплавляемый рубероид – 2 или 4 слоя рубероида, склеенные битумной мастикой, снизу – тонкая полимерная пленка, сверху – защитная посыпка из мелкого гравия, вермикулита, гранитной крошки и др.; приклеивают к поверхности стяжки путем растапливания наплавляемого слоя газовой горелкой.

Рулонные кровельные гидроизоляционные наплавляемые материалы такие, как изоэласт, «кинепласт», новопласт, рубитэкс, техноэласт, бикрост имеют основой стеклоткань, стеклохолст, полиэстер с двусторонним нанесением битумно-минерального вяжущего. Верхний слой может иметь посыпку из вермикулита, цветной гранитной крошки с лицевой стороны и полимерную пленку с обратной стороны, предотвращающую слипание; приклеивают к основанию с помощью газовой горелки. Ширина рулона 800 – 1000 мм, длина 10 – 15 м.

Кровельные мембраны используют для покрытия плоских кровель. В современной практике в нашей стране применяют три типа мембран: ЭПДМ, ПВХ и ТПО.

ЭПДМ – мембраны (синтетический каучук), основу которых составляет этелин-пропилен-диен-мономер. Они имеют абсолютную водонепроницаемость, низкую цену, высокую эластичность, долговечность.

ПВХ-мембраны – пластифицированный поливинилхлорид, армированный полиэфирной сеткой. В их состав входят летучие пластификаторы. Они отличаются огнестойкостью, устойчивостью к ультрафиолету, множеством расцветок. Недостатки ПВХ-мембран: недостаточная устойчивость к битумным материалам. Летучие фракции, входящие в ПВХ делают этот материал проблемным с точки зрения экологии, и по мере испарения пластификаторов ухудшаются механические характеристики мембранного полотна.

ТПО-мембраны – термопластичные олефины, армированные сеткой из полиэстера или тканью из стекловолокна. Эти мембраны долговечнее ПВХ-мембран (50 лет эксплуатации), морозостойкие, экологически безопасные, с высокой прочностью.

Толщина кровельных мембран – от 0,8 до 1,5 – 2 мм. Ширина полотен – от 0,9 до 15 м, длина до 60 м. При устройстве кровли продольные края полотен сваривают специальной сварочной машиной, которая автоматически поддерживает оптимальную температуру воздуха (до 500°), давление и скорость перемещения вдоль шва.

### **1.6. Каркасно-панельные конструкции зданий**

Такие конструкции используют для возведения специализированных видов жилых зданий (гостиниц, пансионатов, общежитий), общественных зданий массового строительства (поликлиник, больниц, предприятий общественного питания и др.), вспомогательных зданий промышленных предприятий.

#### **Объемно-планировочные параметры**

Пролеты зданий в плоскости рам каркаса 3; 6; 7,2 и 9 м. Шаг колонн в плоскости настилов перекрытий 3; 6; 7,2; 9 и 12 м. Высоту этажа принимают в соответствии с назначением здания 2,8; 3,3; 3,6; 4,2; 4,8; 6 и 7,2 м, (рис. 1.25, 1.26).

#### **Конструктивное решение зданий**

Основой конструктивного решения такого здания является сборный железобетонный каркас, решенный по связевой схеме, в которой роль горизонтальных диафрагм жесткости выполняют диски сборных железобетонных перекрытий, а вертикальных – поперечные и продольные пилоны – диафрагмы жесткости.

Элементы каркаса – фундаменты стаканного типа, колонны, ригели перекрытий.

Колонны. Для общественных зданий высотой до пяти этажей включительно сечение колонн 300х300 мм. Для зданий повышенной этажности или малоэтажных с большой нагрузкой на перекрытие сечение колонн 400×400 мм. Колонны могут быть безстыковые на всю высоту здания или стыкуемые между собой по высоте (рис. 1.25, 1.26).

Стыки колонн по высоте получают, сваривая выпуски основной продольной арматуры и омоноличивая узел сопряжения.

Ригели – таврового сечения с полками понизу для опирания плит перекрытий, что уменьшает суммарную конструктивную высоту перекрытия,

(рис. 1.26). Стык ригеля с колонной выполняют со скрытой консолью и приваркой низа ригеля к консоли колонны.

Перекрытия решены с применением трех типов плит: многопустотных, ребристых и типа «2Т».

Многопустотные плиты применяют для пролетов до 9 м; «2Т» – для пролетов 9 и 12 м; ребристые плиты – в качестве сантехнических панелей в местах прохода инженерных коммуникаций (табл. 5).

Стены – диафрагмы жесткости монтируют из железобетонных панелей высотой на этаж, толщиной 140 мм, имеющих одно- или двухсторонние консольные полки в верхней части панелей для опирания перекрытий. Их устанавливают на расстоянии не более 18 м друг от друга.

Наружные панельные стены могут быть самонесущими и навесными (о конструкциях наружных стеновых панелей см. раздел 1.2).

Таблица 5

Размеры железобетонных панелей

Конструкция	Номинальные размеры		
	пролет, мм	ширина, мм	высота, мм
С круглыми пустотами	От 2400 до 9000	От 990 до 3600	220
Ребристые	6000	1000	220
	12000	1500	300
Сплошные	От 2400	От 2400	120
	до 7200	до 3600	160
Сечениям «2Т»	9000, 12000, 15000	3000	400, 500, 600

**Иллюстрации к разделу 1.6**

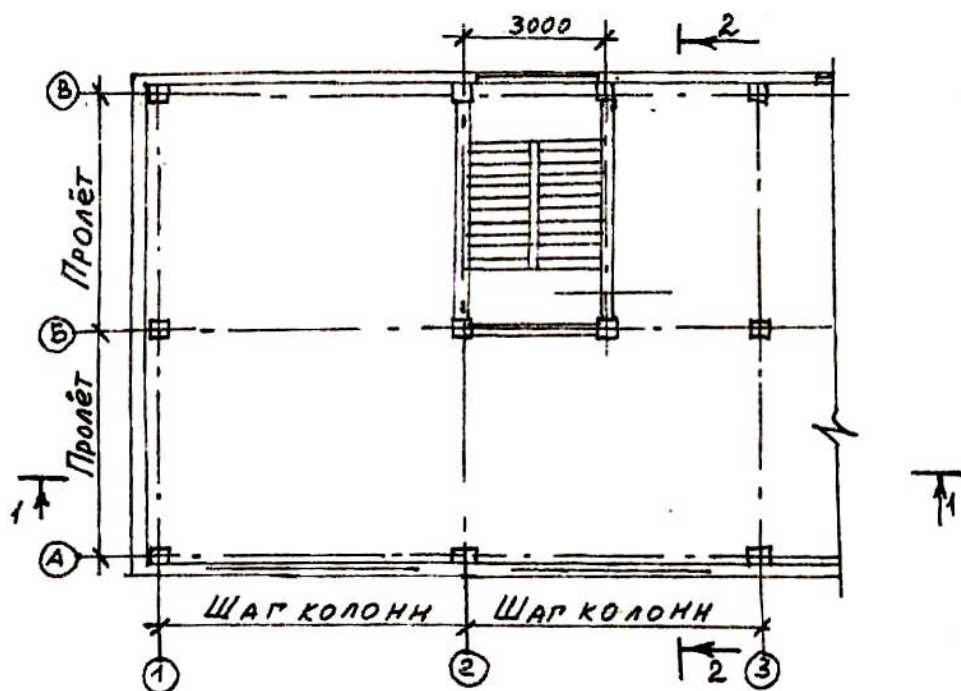


Рис. 1.25. Фрагмент плана многоэтажного двухпролётного здания

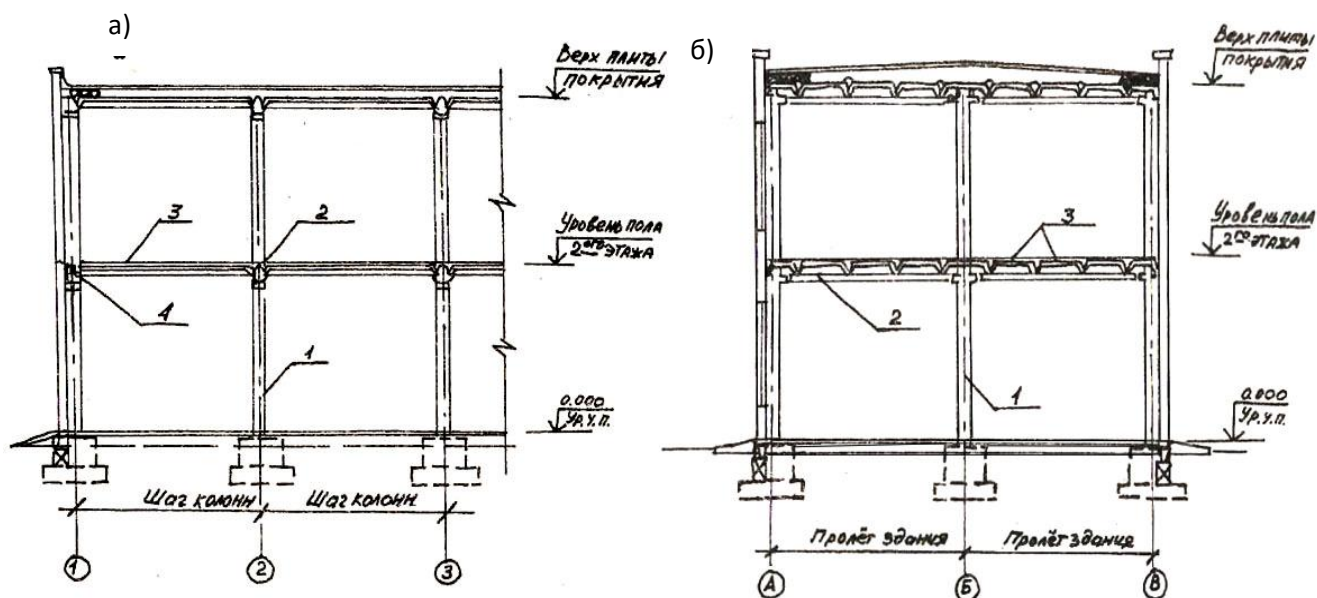


Рис 1.26. Разрезы многоэтажного каркасного здания:

а – продольный; б – поперечный; 1 – колонна; 2 – ригель;  
3 – ребристая плита; 4 – пристенный ригель

## 1.7. Лестницы

Лестницы предназначены для сообщения между помещениями, расположенными на разных уровнях (этажах), а также для осуществления аварийной эвакуации из зданий людей и имущества, и облегчения работы пожарных команд (рис.1.27, 1.28, 1.29).

Лестницы представляют собой несущие конструкции, состоящие из чередующихся наклонных ступенчатых элементов – маршей и горизонтальных плоскостных элементов – лестничных площадок. Для безопасности движения лестницы оборудуют вертикальными ограждениями.

Лестницы размещают, как правило, в специально выделенных помещениях, называемых лестничными клетками. Вместе с тем возможно устройство (в южных районах) открытых наружных лестниц.

### Классификация и основные требования

Лестницы можно классифицировать по следующим признакам:

местоположению в здании:

- внутренние;
- наружные;
- внутриквартирные;

назначению:

- основные для повседневного сообщения между этажами и эвакуации;
- вспомогательные, связывающие лестничную клетку с чердаком или подвалом;
- аварийные, устраиваемые для эвакуации из здания;
- пожарные, имеющие выход на крышу;

числу маршей в пределах этажа:

- одномаршевые;
- двухмаршевые;
- трехмаршевые;
- винтовые;
- спиральные;



– распашные;

условиям пожарной безопасности [1]:

– лестницы, предназначенные для эвакуации, подразделяются на типы:

- 1-й – лестницы внутренние, размещаемыми в лестничных клетках;
- 2-й – внутренние открытые лестницы;
- 3-й – наружные открытые лестницы;

незадымляемые лестничные клетки в зданиях 10 этажей и более:

- Н1 – с входом в лестничную клетку с этажа через открытый переход (балкон или лоджию);
- Н2 – с подпором воздуха в лестничную клетку при пожаре;
- Н3 – с входом в лестничную клетку с этажа через тамбур-шлюз;

материалу конструкций:

- из сборного железобетона;
- монолитного железобетона;
- металла;
- дерева;
- комбинированные.

Лестницы должны удовлетворять требованиям:

- прочности и устойчивости; т.е. воспринимать действующие на них нагрузки;
- обеспечивать достаточную пропускную способность.

Достаточная пропускная способность зависит от правильного назначения ширины маршей и площадок, правильного определения числа лестниц в здании и мест их размещения [1];

- быть удобными в эксплуатации.

Удобство ходьбы по лестницам достигают, применяя соответствующие уклоны маршей, формы ступеней, правильное назначение их числа в маршах, освещение лестниц естественным светом, размеры и формы ограждений. Количество ступеней в одном марше должно быть не менее 3 и не более 18;

- быть огнестойкими;
- гармонично сочетаться с интерьером здания;
- соответствовать экономическим требованиям, т.е. иметь наименьшие показатели стоимости, трудоемкости и расхода строительных материалов.

### **Особенности конструктивных решений**

В зависимости от особенностей конструктивного решения лестницы могут быть из:

- мелкогабаритных элементов, собираемых из отдельных ступеней, уложенных на косоуры, опирающихся на подкосоурные балки. Однако такие лестницы из-за трудоемкости их возведения не получили широкого распространения (рис. 1.27, 1.29).
- крупногабаритных элементов (рис. 1.28), собираемых из лестничных маршей и площадок. Для опирания лестничных маршей в площадках предусматривают специальный выступ – лобовое ребро. Для уменьшения массы лестничные марши изготавливают с одним или двумя несущими ребрами, с пустотелыми или складчатыми ступенями.

Крупноэлементные лестницы могут быть с двумя полуплощадками (рис. 1.28). Рассмотренные конструкции лестниц более полно отвечают требованиям индустриального строительства. Для удобства пользования лестницами их ограждают перилами высотой до 900 мм с деревянными или пластмассовыми поручнями. Стойки ограждения закрепляют в гнездах или приваривают к закладным деталям в торцах ступеней.

Чистая лицевая поверхность у сборных железобетонных лестниц не требует дополнительной отделки, за исключением лестниц общественных зданий, где поверху укладывают накладные проступи. Лестничные площадки выпускаются с фактурным мозаичным или плиточным полом.

Монолитные железобетонные лестницы чаще всего устраивают в уникальных зданиях, где их применение оправдано по архитектурно-композиционным соображениям. Устройство таких лестниц требует специальной опалубки, больших затрат труда и времени.

Различные конструкции железобетонных лестниц сравнивают по показателям стоимости, трудоемкости и расхода основных материалов и на основе этих показателей определяют наиболее эффективный вариант.

Деревянные лестницы устраивают в деревянных зданиях или в качестве внутриквартирных в каменных. Конструкции деревянных лестниц могут быть по тетивам или косоурам.

Тетивы (доска на ребро) устанавливаются по двум сторонам лестничного марша. В боковых гранях тетивы, обращенных вовнутрь марша, выбирают пазы на глубину 2 – 3 см, в которые устанавливают проступи и подступенки из досок. Тетивы опирают на площадочные балки в специально вырезанные гнезда (рис. 1.29).

В лестницах по косоурам косоуры имеют ступенчатую форму и на них укладывают деревянные проступи.

Пожарные и аварийные лестницы изготавливают из металла, тетивы – из швеллеров, а ступени – из стальных прутков. Аварийные лестницы имеют площадки, пожарные могут их не иметь.

Входы в подвальные помещения проектируют независимо от основных лестничных клеток и снабжают одномаршевыми лестницами, размещенными в прямках, примыкающих к наружным стенам. Прямок ограждают стенкой и устраивают над ним навес или надстройку.

Выходы на чердаки или покрытия могут быть продолжением лестничных клеток или в виде люка со стремянкой к нему с площадки последнего этажа. Стремянку выполняют по типу пожарной лестницы.

Входы в здания могут иметь входную площадку или крыльцо с несколькими ступенями, опертые на специальные стенки или косоуры.

### Технико-экономическая оценка

Экономичность лестниц зависит от их стоимости и относительных затрат, приходящихся на 1 кв. м обслуживаемой ими жилой площади. Снижение стоимости лестниц зависит от степени индустриализации их возведения, рациональности планировочных и конструктивных решений. Относительная стоимость может быть снижена за счет увеличения числа квартир, обслуживаемых одной лестницей (табл. 6).

Таблица 6

Технико-экономические показатели сборных железобетонных лестниц на 1 кв.м горизонтальной проекции

№ пп	Конструкция лестницы	Стоимость, %	Трудоемкость, чел. дни	Расход, кг	
				цемент	сталь
1	Сборные железобетонные из мелкогазобетонных	100	0,33	66	15

	элементов				
2	Сборные железобетонные из крупноразмерных элементов: с маршем Н-образного сечения	41,7	0,05	31	5
3	Сборные железобетонные из крупноразмерных элементов: с маршем Т-образного сечения	33,4	0,04	25	9
4	Сборные железобетонные из крупноразмерных элементов: с маршем П-образного сечения	41,2	0,05	29	7

## Иллюстрации к разделу 1.7

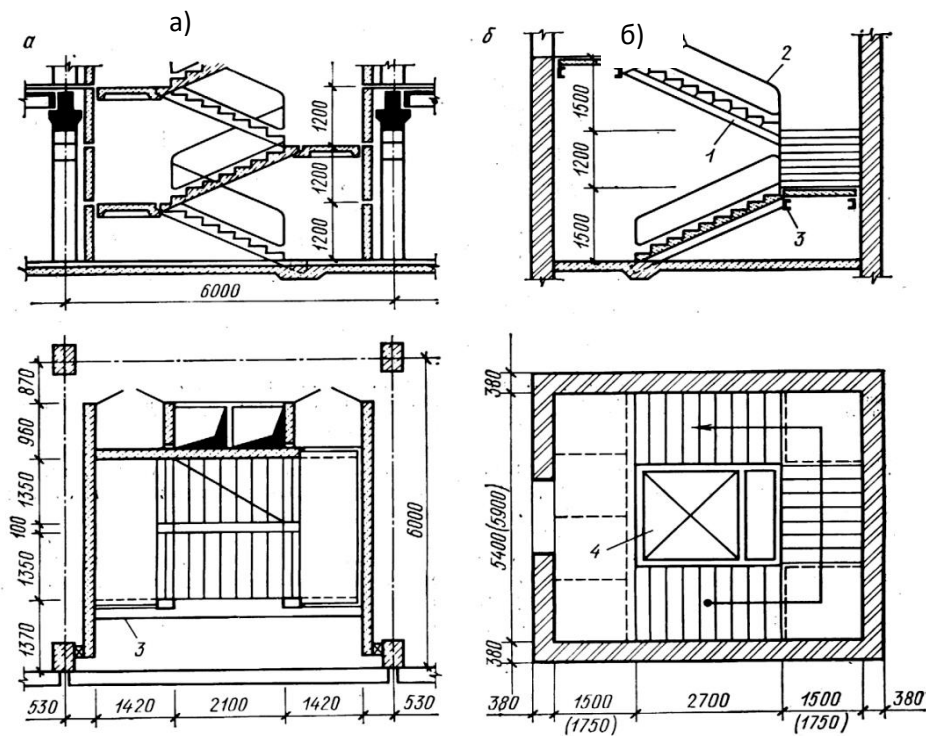


Рис. 1.27. Лестницы многоэтажных зданий:

а – двухмаршевая, б – трехмаршевая:

1 – косоур; 2 – ограждение; 3 – подкосоурные балки; 4 – лифт

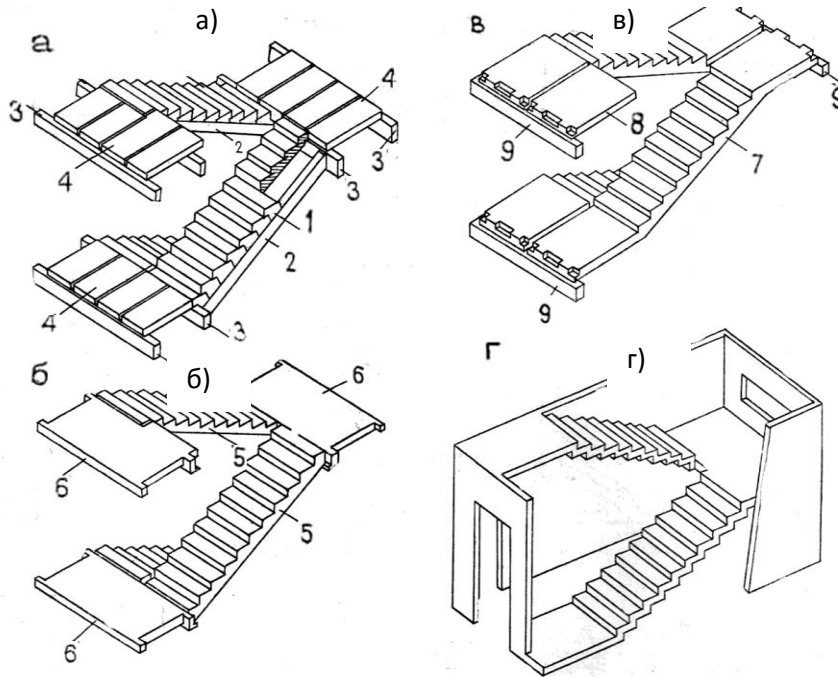


Рис. 1.28. Варианты разрезки сборных лестниц:

а – отдельные ступени: косоуры, балки и плиты; б – марши и площадки; в – марши

с полуплощадками; г – объемный блок лестничной клетки:

1 – ступени; 2 – косоуры; 3 – балки; 4 – плиты; 5 – марши; 6 – площадки;

7 – марш с полуплощадкой; 8 – дополнительная полуплощадка; 9 – ригель

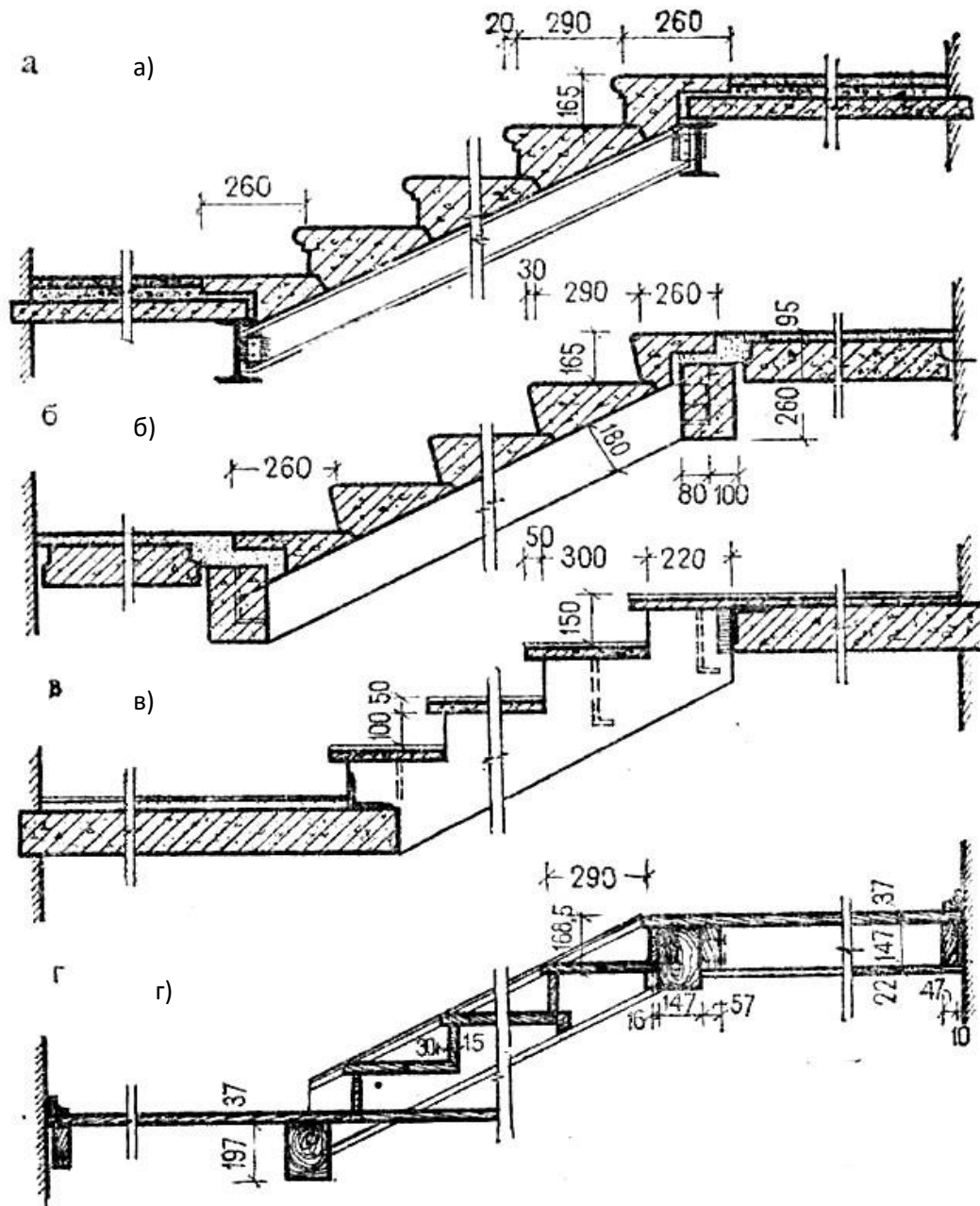


Рис. 1.29. Конструктивные решения лестниц из мелких элементов:

- а – с железобетонными ступенями-плитами по металлическим косоурам и балкам;
- б – с железобетонными ступенями и плитами по железобетонным косоурам и балкам;
- в – с железобетонными плитами-проступями по железобетонным косоурам, опертм на перекрытия; г – с элементами из дерева

## 1.8. Большепролетные конструкции покрытий

Большепролетные покрытия по конструкции разделяют на плоскостные – балки, фермы, арки, рамы (рис. 1.30 – 1.34) и пространственные – оболочки, складки, перекрестно-стержневые, висячие, пневматические (рис. 1.35 – 1.39).

### Плоскостные конструкции покрытий

Железобетонные двускатные балки – покрытия двутаврового сечения, пролетом 12 и 18 м. Закладные стальные детали по верху балки предназначены для крепления плит покрытия; опорная пластина – для крепления балки к колонне, уклоны скатов 1:12.

Железобетонные двускатные балки покрытий с отверстиями в стенке балки пролетом 12 и 18 м, уклоны 1:12 (рис. 1.30).

Железобетонные фермы (рис. 1.31) с параллельными поясами пролетами 18, 24, 30 м. Элементы фермы: верхний пояс, нижний пояс, стойки, раскосы. Закладные детали располагаются на верхнем поясе ферм для крепления плит покрытия, на опоре – для крепления фермы к колонне.

Железобетонные арки (рис. 1.33) по форме бывают круговые и стрельчатые; по способу возведения – сборные, монолитные; по форме поперечного сечения – прямоугольные, коробчатые, тавровые; по характеру работы – трехшарнирные, двухшарнирные и бесшарнирные.

В бесшарнирных арках горизонтальные усилия распора воспринимаются специальными фундаментами (башмаками мелкого заложения или тавровыми сваями). При опирании арки на колонны или обычные фундаменты распор должен восприниматься затяжкой. Пролеты арок – 12, 18, 24 м, могут быть и больше, но тогда они очень тяжелые и их трудно транспортировать.

### Пространственные конструкции покрытий

Висячие (рис. 1.37 – 1.38) – это покрытия, несущая способность которых обеспечивается стальными тросами. Элементы – стойки, опорный элемент, несущие и стабилизирующие тросы. Конструкция висячего покрытия типа «велосипедное колесо» за счет стабилизирующих тросов и жестких распорок обладает большей пространственной жесткостью.

Преимущества применения висячих покрытий:

- возможность перекрывать большие пролеты без внутренних опор (до 100 м и более);
- простота монтажа;
- легкость транспортировки.

Недостаток: высокая металлоемкость и дефицит металла.

Перекрестно-стержневые покрытия (системы регулярной структуры) образованы двумя сетками с ячейками 3×3 м (рис. 1.36). Сетки взаимно сдвинуты в обоих направлениях на 1,5 м и их узлы соединены наклонными раскосами. Высота конструкции 2120 мм. Все стержни поясов и раскосов имеют одинаковую длину 3 м. Перекрестно-стержневую плиту собирают на земле и поднимают на проектную отметку с помощью гидравлических домкратов.

Преимущества применения:

- возможность перекрывать большие площади без внутренних опор;
- простота сборки, легкость транспортировки;
- высокая пространственная жесткость.

Недостатки: высокая металлоемкость и применение при подъеме дорогостоящего оборудования (домкраты или козловые краны).

Оболочка – это конструкция, ограниченная двумя криволинейными поверхностями, расстояние между которыми (толщина оболочки) очень мало по сравнению с остальными ее размерами.

Оболочки бывают одинарной кривизны (цилиндрические, конические); двойкой положительной кривизны (бочарные плиты, парусный свод и др.) и двойкой отрицательной кривизны (седлообразная оболочка и др.) Оболочки могут быть армоцементными или железобетонными.

Складки – это пространственные покрытия, образованные плоскими пересекающимися элементами. Их выполняют из железобетона или армоцемента – нанесением набрызга цементно-песчаного раствора на металлическую сетку. Форма поперечного сечения может быть треугольная, трапециевидная, призматическая, шатровая (рис. 1.35). Размеры типовых складок 3×12, 3×18 м.

Достоинства:

- проще конструктивные решения покрытия;



- конструкция совмещает в себе несущие и ограждающие функции;
- высокая пространственная жесткость;
- простота изготовления.

Недостатки:

- громоздкость, сложность транспортировки;
- необходимость окраски специальными водостойкими составами.

Пневматические покрытия (рис. 1.39), несущая способность которых обеспечивается воздухом. По конструкции они делятся на воздухоопорные, пневмокаркасные, линзообразные и комбинированные.

В воздухоопорных конструкциях под воздухо-, водонепроницаемой пленкой (тканью) повышается давление на 0,005 атмосфер избыточных, это позволяет ей держаться на проектной отметке.

В пневмокаркасных конструкциях давление повышено только в арках каркаса, который накрывают тканью.

Линзообразные конструкции – линза из воздухонепроницаемой ткани с повышенным внутри нее давлением крепится к жесткому каркасу или стенам.

Преимущества применения пневматических конструкций:

- легкость транспортировки,
- малая стоимость.
- простота монтажа.

Недостаток: небольшой срок службы – не более 10 лет.

## Иллюстрации к разделу 1.8

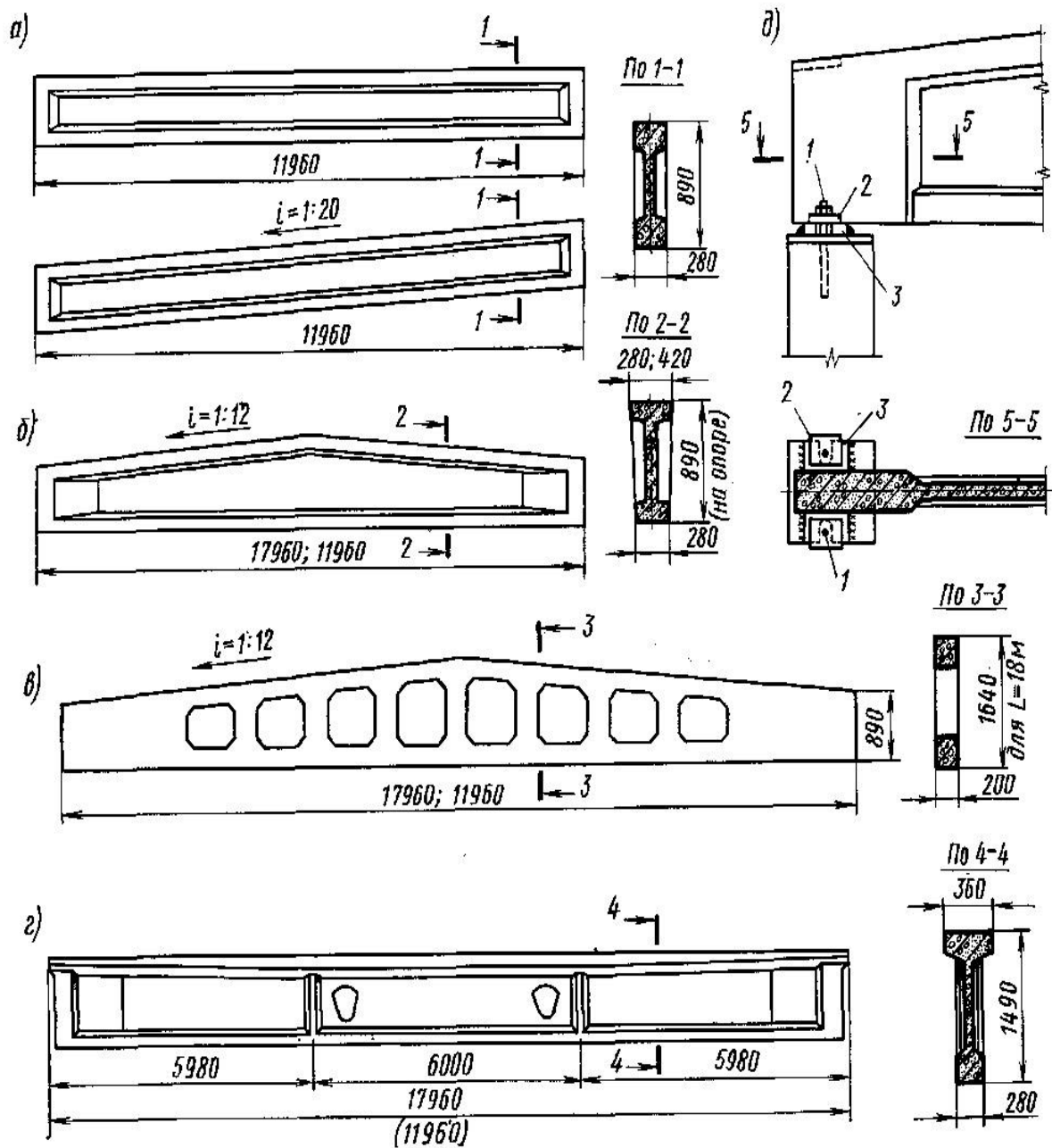


Рис 1.30. Железобетонные балки покрытий:

а, г – двутаврового сечения для односкатных и плоских покрытий;  
 б – то же, для многоскатных покрытий; в – решетчатые для многоскатных покрытий;

д – крепления балки к колонне:

1 – анкерный болт; 2 – шайба; 3 – опорная плита балки

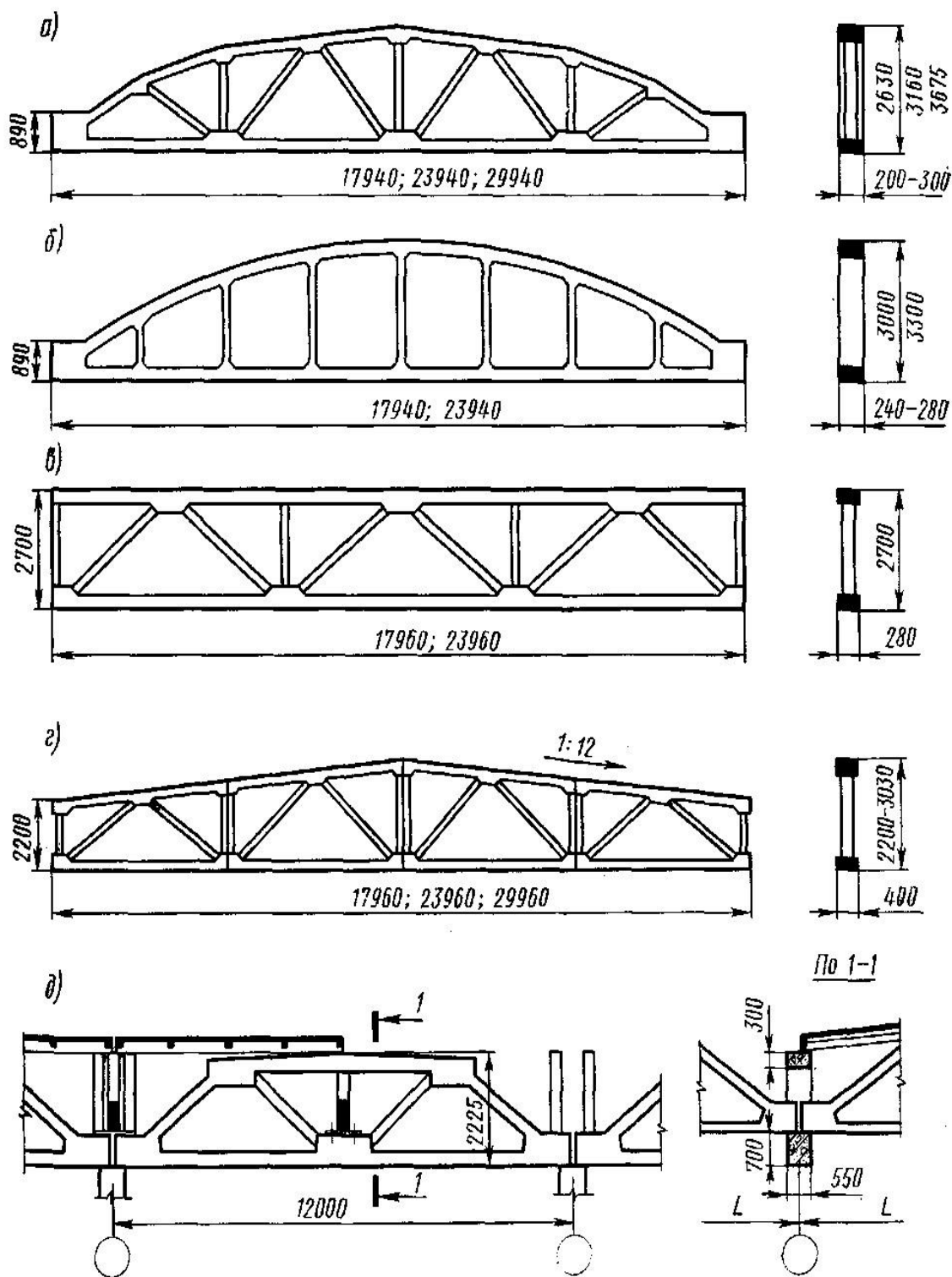


Рис. 1.31. Железобетонные фермы покрытий:

а – сегментная; б – арочная безраскосная; в – с параллельными поясами;  
 г – полигональная; д – подстропильная ферма в установленном положении

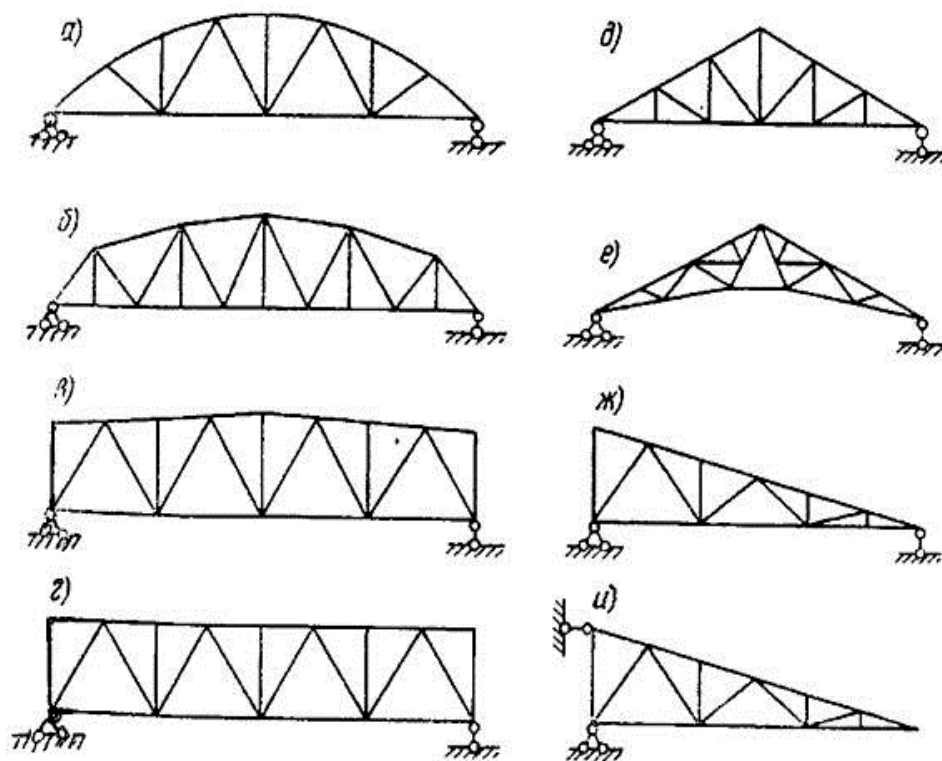


Рис. 1.32. Схемы металлических ферм:

а – сегментная; б – полигональная; в – трапецидальная;  
 г – с параллельными поясами; д-и – треугольные

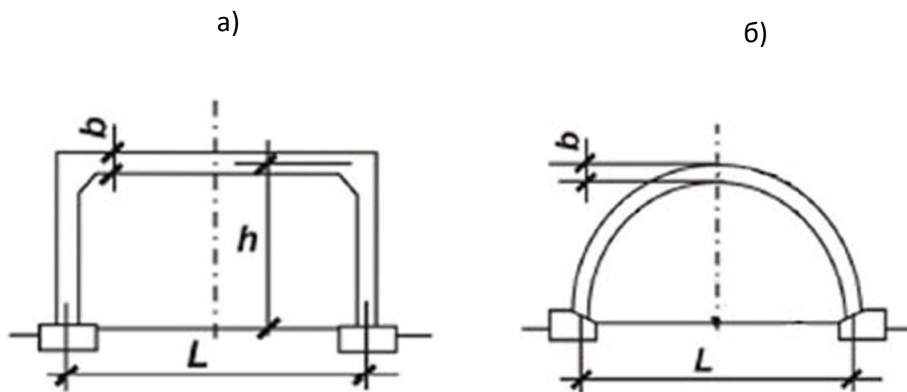


Рис. 1.33. Рамы (а) и арки (б)

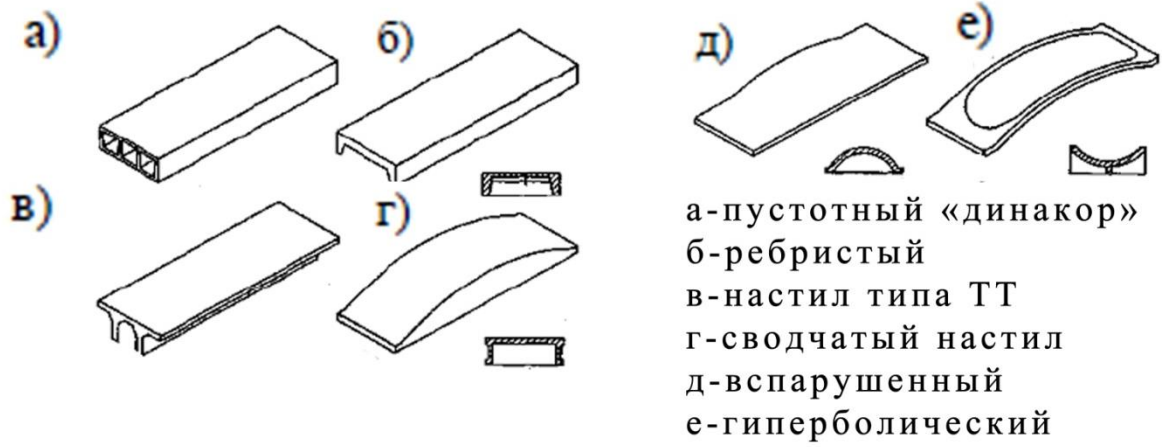


Рис. 1.34. Плиты-настилы покрытий

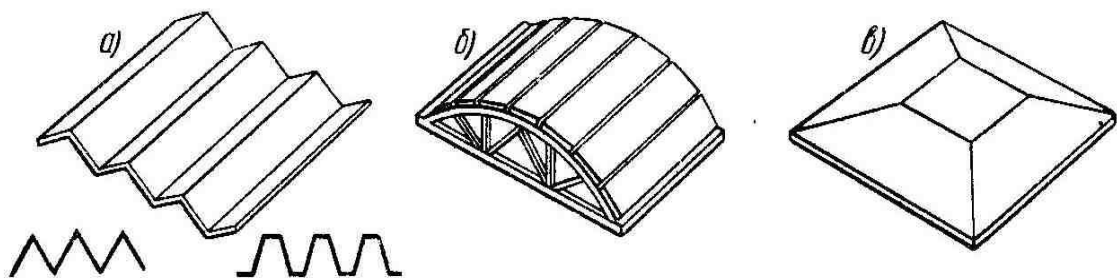


Рис. 1.35. Складки:

а – треугольные и трапециевидные: б – призматические, в – шатры

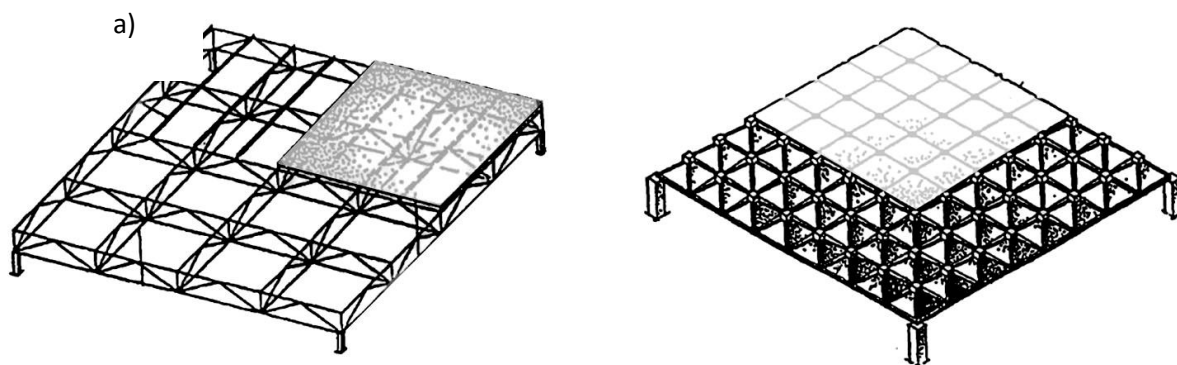


Рис. 1.36. Перекрестно-стержневые (а) и перекрестно-ребристые (б) покрытия

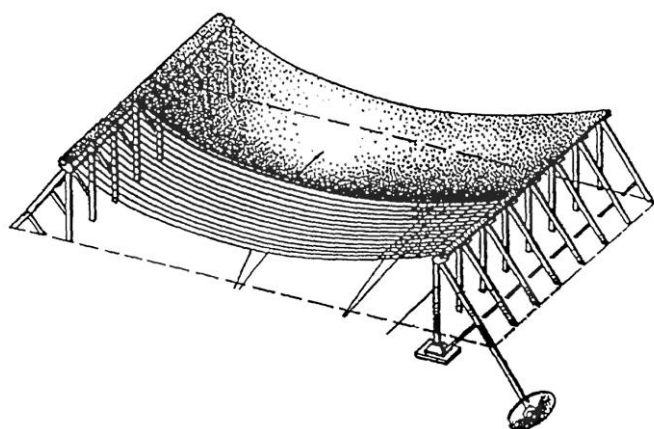


Рис. 1.37. Висячие покрытия

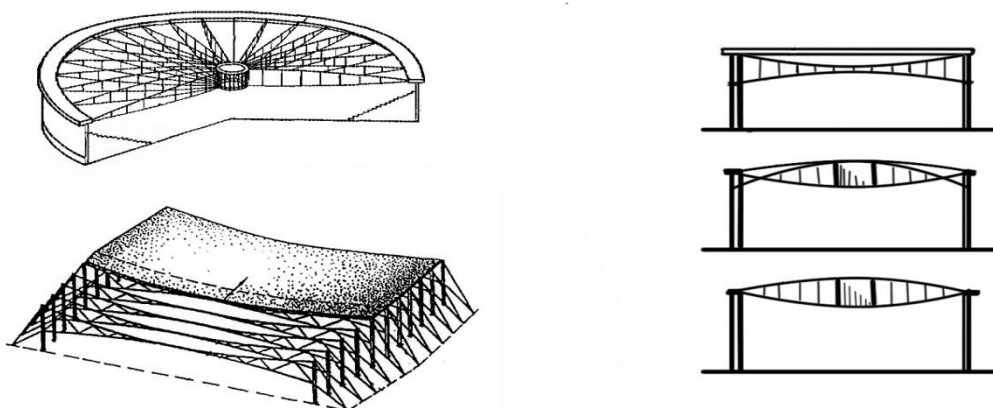


Рис. 1.38. Тросовые фермы

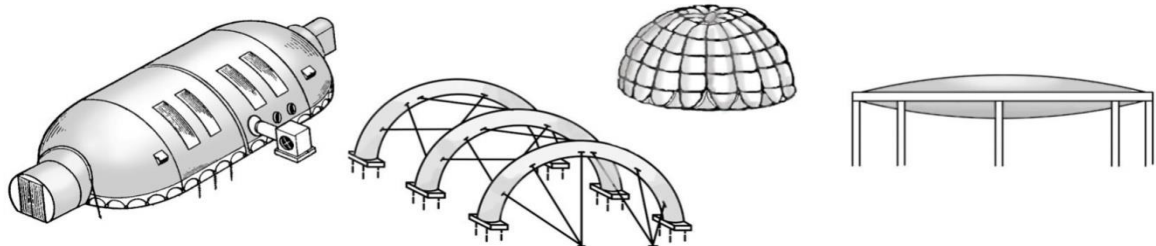


Рис. 1.39. Пневматические покрытия

## 2. АРХИТЕКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Промышленное предприятие – это совокупность орудий и средств производства, зданий, сооружений и других материальных фондов, используемых для производства какой-либо продукции.

Промышленные здания – это основные фонды соответствующей промышленности, предназначенные для размещения в них производств с обеспечением требуемых условий для производственного процесса и среды для нормальной трудовой деятельности человека.

Промышленный комплекс (промышленный узел) – это выразительный в художественном отношении ансамбль, согласованность расположения группы производственных, вспомогательных, энергетических зданий и сооружений с обеспечением полной технологической целесообразности, градостроительных требований и природного окружения.

### 2.1. Классификация промышленных зданий

По назначению. Из всего комплекса зданий и сооружений на промышленной площадке различают по назначению следующие:

- а) производственные здания (в которых выполняют основные производственные процессы, непосредственно участвующие в выпуске основной продукции предприятия);
- б) подсобные цехи (инструментальные, ремонтно-механические, ремонтно-строительные и другие, которые обеспечивают основные цехи инструментом, ремонтом технологического оборудования и самих зданий);

- в) вспомогательные здания (административно-бытовые, в которых размещают гардеробы, душевые, умывальные, помещения для обеспыливания и обезвреживания спецодежды, туалеты и прочее, всё это разделено для работающих в цехе мужчин и женщин. Кроме того, могут быть курительные, фотарии, ЛГЖ, административная группа помещений, медпункты, столовые или комнаты приёма пищи, кабинеты техники безопасности, технический архив, библиотека и др.);
- г) энергетические (ТЭЦ, котельная, газогенераторная, электроподстанции, компрессорные и т.д.), в которых размещают установки, снабжающие предприятия электроэнергией, сжатым воздухом, газом, паром и т.д.;
- д) транспортные – для размещения и обслуживания транспорта предприятия (гаражи для автотранспорта, электрокар, электропогрузчиков с зарядными депо и ремонтные мастерские для внутризаводского и внутрицехового транспорта);
- е) склады открытые и закрытые для материалов, топлива, сырья, комплектующих деталей, ГСМ, склады готовой продукции;
- ж) санитарно-технические (насосные станции, очистные сооружения, градирни и др.).

Кроме того, на промплощадках размещаются: проходная-контрольная одна или несколько с помещениями для охраны, сети подъездных и внутризаводских железных и автомобильных дорог, инженерные сети промышленного и хозяйственно-питьевого водопровода, водоотведения, газо- и электроснабжения высокого и низкого напряжения, эстакады для надземных коммуникаций, транспортерные галереи и др.

По этажности. Классифицируются на одноэтажные (рис. 2.1) и многоэтажные. По технико-экономическим соображениям 80% зданий строят одноэтажными (здания тяжёлой промышленности). К многоэтажным относятся предприятия с небольшой нагрузкой на перекрытия – лёгкой и пищевой промышленности. Объёмно-планировочные и конструктивные решения одноэтажных и многоэтажных зданий очень отличаются друг от друга.

По огнестойкости. Существует 4 степени огнестойкости промышленных зданий [1]. Степень огнестойкости определяется пределом огнестойкости строительных конструкций (REI). Это – время в минутах до наступления признаков одного или нескольких предельных состояний, то есть потери:



- несущей способности R;
- целостности E;
- теплоизолирующей способности I.

Степень огнестойкости устанавливается по пределам огнестойкости основных конструкций здания – классы пожарной опасности конструкций K0, K1, K2, K3. По ним устанавливается класс пожарной опасности здания C0, C1, C2, C3.

Функциональная пожарная опасность определяется назначением здания и особенностями технологического процесса, степенью безопасности людей, находящихся в нем. Классы Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5:

- Ф5. Производственные и складские здания, сооружения и помещения с постоянным контингентом работающих;
- Ф5.1. Производственные здания и сооружения, мастерские и лаборатории;
- Ф5.2. Складские, стоянки, книгохранилища, архивы;
- Ф5.3. Сельскохозяйственные производственные здания.

По взрывопожароопасности: помещения подразделяют на категории А, Б, В1 – В4, Г и Д, а здания – на категории А, Б, В, Г, Д.

Согласно НПБ 105-03 и ФЗ 123 [1, 5]:

К категории А относятся предприятия, технология которых связана с применением материалов, жидкостей, паров и газов, взрыв которых возможен при  $t$  до  $28^{\circ}\text{C}$ .

Категория Б – предприятия, в которых имеются горючая пыль, волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки от  $29$  до  $61^{\circ}\text{C}$ . Они образуют взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси.

К категории В1 – В4 относятся производства, связанные с обработкой горючих материалов, веществ в горячем состоянии, способных при взаимодействии с водой или кислородом только гореть.

Категория Г – производства с обработкой негорючих веществ и материалов в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии, когда процесс сопровождается выделением лучистого тепла, искр, пламени, горючих газов и жидкостей.

К категории Д относятся производства с обработкой негорючих материалов и веществ в холодном состоянии.

По долговечности. Существуют I, II, III, IV степени долговечности:

I – срок службы более 100 лет;

II – от 50 до 100;

III – от 20 до 50;

IV – менее 20.

По классам капитальности

В зависимости от народно-хозяйственного значения по совокупности вышеприведённых условий существует 4 класса капитальности (I, II, III, IV). К зданиям I класса капитальности и инженерному оборудованию предъявляют повышенные архитектурно-строительные требования.

По числу пролётов – одно- и многопролётные, с пролётами одного направления, с взаимно-перпендикулярными пролётами, с перепадом высот. Это зависит от технологического процесса.

По наличию подъёмно-транспортного оборудования – бескрановые и крановые. Это влияет на объёмно-планировочные и конструктивные решения.

По конструктивным схемам – бескаркасные и каркасные.

По материалу основных несущих конструкций – с железобетонным, стальным или деревянным каркасом.

По способу возведения – сборные, монолитные и сборно-монолитные.

По системе отопления – неотапливаемые (с избыточными технологическими тепловыделениями) и отапливаемые. Это влияет на конструктивные решения.

По системам вентиляции – с естественной вентиляцией или аэрацией, с искусственной, с кондиционированием.

По системам освещения – с естественным освещением или искусственным автоматически регулируемым со спектром, близким к естественному, или совмещённым.

По профилю покрытия – с фонарными надстройками или без них.

Специальные виды зданий – навесы для открытого оборудования, эстакады, галереи, тоннели, каналы, этажерки, градирни, бункеры, дымовые трубы.

## 2.2. Подъемно-транспортное оборудование

Внутрицеховое подъемно- транспортное оборудование подразделяют на две группы: периодического и непрерывного действия. К первой – относится подвесной транспорт (электротали, кошки, тележки, подвесные краны), мостовые краны и напольный транспорт; ко второй – конвейеры (ленточные, пластинчатые, скребковые, ковшовые), нории рольганги и др.

Простейшие механизмы – кошки грузоподъемностью до 1 т. Перемещение груза вдоль рельса, подвешенного к несущим конструкциям покрытия, приводят в движение с помощью первичной или другой передачи.

Электроталь (тельфер) грузоподъемностью до 3 – 5 т. Отличается от кошки тем, что приводится в движение двумя электромоторами. Управляется с помощью колодок с пусковыми кнопками. Подвешивается к несущим конструкциям покрытий.

Подвесные краны или кран-балки имеют грузоподъемность от 0,25 до 5 т (иногда до 20 т). Кран состоит из легкого моста или несущей балки, двух- или четырехкатковых механизмов передвижения по подвесным путям, подвешенным к несущим конструкциям покрытия, и электротали, перемещающейся по нижней полке мостовой балки. В зависимости от ширины пролета, шага несущих конструкций покрытия, грузоподъемности и требуемого числа операций по ширине пролета (или на одних и тех же путях) устанавливают один или несколько кранов.

По количеству путей подвесные краны могут быть одно-, двух- и многопролетными. Однопролетные – при длине несущих балок от 3,6 до 18 м, двухпролетные – от 16,2 до 27 м и трехпролетные – от 28,2 до 34,8 м. Размеры пролетов кранов (расстояние между точками подвеса) приняты кратными 1,5 м и составляют от 3 до 15 м. Управляют подвесными кранами с пола цеха. Кран вместе с грузом увеличивает нагрузку на несущие конструкции покрытий, это вызывает увеличение сечений конструктивных элементов.

Опорные электромостовые краны грузоподъемностью от 10 до 500 т (уникальные – до 1000 т – Атоммаш). Чаще используют краны грузоподъемностью 5 – 32 т. В тех цехах, где требуется перемещать грузы разной массы и с разной скоростью, предусматривают краны с двумя механизмами подъема. Грузоподъемность крана обозначают дробными числами, например, 50/10 т. Числитель показывает грузоподъемность механизма главного подъема, знаменатель – вспомогательного. Мостовой

кран состоит из несущего моста, перекрывающего пролет помещения, механизмов передвижения и передвигающейся вдоль моста тележки с механизмом подъема.

Управляют мостовыми кранами из подвешенной к мосту кабины или с пола цеха вручную. Все механизмы крана приводят в действие электромоторами с питанием по троллейным проводам, которые крепят сбоку одной из подкрановых балок или подвешивают к нижнему поясу несущих конструкций покрытия. Грузоподъемность, габариты и основные параметры мостовых и подвесных кранов приводятся в ГОСТах.

В зависимости от продолжительности работы в единицу времени эксплуатации различают краны весьма тяжелого и тяжелого (коэффициент использования 0,4 – 0,8), среднего (0,25 – 0,4) и лёгкого (0,15 – 0,25) режимов работы. В цехах с интенсивным технологическим процессом в одном пролете может быть установлено по два крана и более, располагаемых как в одном, так и в двух уровнях цеха. Передвигаются краны со скоростью 80 м/мин и более.

При использовании кранов весьма тяжелого режима работы (или тяжелого и среднего при двух и более кранах в пролете) вдоль подкрановых путей устраивают проходы (галереи) для обслуживающего их персонала. Ширину прохода принимают не менее 400 мм, высоту 1800 мм.

Применение мостовых кранов влияет на объемно-планировочное и конструктивное решение здания: ширину пролета, высоту этажа, изменяют конструктивные элементы, появляются новые. Мостовые и подвесные краны увеличивают динамические нагрузки на конструкции здания при движении и торможении кранов, что влечет за собой увеличение сечений элементов конструкций.

При проектировании стремятся по возможности уменьшить грузоподъемность этих кранов или вообще освободить здание от крановых нагрузок. Отказ от мостовых и подвесных кранов приводит к значительному экономическому эффекту, позволяет создавать здания с укрупненной сеткой колонн, а также легкие большепролетные здания с пространственными системами покрытий.

Технологический процесс в зданиях без мостовых и подвесных кранов обслуживается напольным транспортом (вагонетки, электрокары, конвейеры, автомобильные краны, погрузчики и др.). Вместе с тем все виды напольного транспорта, находящиеся в уровне движения людей, создают опасность травматизма, вызывают ощущение дискомфорта и повышенного нервного напряжения.

### 2.3. Требования, предъявляемые к промышленным зданиям

Технологические требования (разнообразные технологические процессы – горизонтальные, вертикальные, с вредными выделениями) к:

- а) пространству – размещение оборудования, подъёмно-транспортных механизмов, перемещение материалов, деталей, монтаж и демонтаж оборудования (НТП);
- б) рабочему пространству занятых на производстве людей, их передвижение, проходы. Согласно санитарным нормам проектирования на 1 человека должно приходиться 4,5 м<sup>2</sup> площади и 15 м<sup>3</sup> объема здания.

Необходимо предусматривать развитие производственной базы, возможность технического перевооружения, введения новых технологических линий и т.д.;

- в) воздушной среде – здоровые условия труда и требуемое качество продукции (температура, влажность, загрязнённость влияет на качество выпускаемой продукции);
- г) световому режиму – требования к естественному освещению или искусственному с автоматически регулируемым световым режимом, по спектральному составу близким к естественному;
- д) акустическому режиму – обеспечение требуемого уровня шума, утомляющего работающих, снижения его;
- е) экологические – воздействие на окружающую среду: загрязнение воздуха, отработанная вода, шум, вибрация, электромагнитные и радио волны, статическое электричество, ионизируемые излучения. Категории санитарной классификации: I, II, III, IV. I – производство с наиболее вредными выделениями;  
V – с наименее вредным.

Санитарно-защитные зоны в зависимости от категорий санитарной классификации: для I – более 1000 м, для V – более 50 м.

Санитарно-защитная зона – пространство вокруг промпредприятия, где нельзя строить никаких объектов с длительным нахождением людей.

Экологические требования внутри здания решают, заменяя вредные вещества менее вредными, герметизируя оборудование, аспирацией, очищая выбросы в атмосферу, рециркуляцией.

Технические требования. Прочность учёт силовых и несиловых воздействий.

Устойчивость к динамическим нагрузкам – напольный и подвесной транспорт, его влияние на конструкции; технологическое оборудование – станки, конвейеры, прессы вызывают вибрации, опасные для конструкций и работающих.

Долговечность – зависит от ползучести материалов, морозостойкости, влагостойкости, коррозиестойкости, биостойкости. Долговечность уменьшается при плохой эксплуатации.

Санитарно-технические: наличие в здании инженерного оборудования – отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, водоотведения, лифтов, АБК.

Архитектурно-художественные: к зданиям и интерьерам (гармоничность, пропорциональность, ритмичность элементов, сочетание цвета и фактуры материалов в качестве средств архитектурной выразительности). Высокое качество монтажных и отделочных работ. Интерьер должен отвечать запросам работающих, функциональному назначению, способствовать высоко-производительному труду.

Эстетические: понятие о системе визуальных коммуникаций, эргономике.

Экономические:

- экономичность объёмно-планировочных решений;
- то же, конструктивных;
- экономичность архитектурно-художественных решений;
- учёт единовременных и эксплуатационных затрат.

## **2.4. Функционально-технические основы проектирования промышленных зданий**

### **Формы в плане одноэтажных промышленных зданий**

- павильонная застройка. Недостатки: развитый периметр наружных стен, увеличивающих теплопотери, необходимость межцехового транспорта, увеличение протяженности инженерных коммуникаций и дорог;
- сплошная – нет вышеперечисленных недостатков, но сложнее решаются вопросы естественной освещенности и вентиляции;

– П-образная, Ш-образная, гребенчатая – для цехов с большими тепло- и газовыделениями; устройство аэрационных проёмов при тупиковой застройке.

### **Объёмно-планировочные структуры одноэтажных производственных зданий**

– пролётного типа, когда технологический процесс направлен вдоль пролета и обслуживается кранами. Пролеты от 12 до 36 м могут быть и больше, но кратно 6 м; шаг колонн 6, 12, 18 м. Оптимальная сетка колонн 18×12 и 24×12 м. Такая укрупненная сетка колонн позволяет более экономно использовать производственные площади;

– зального типа, когда технологический процесс связан с выпуском крупногабаритной продукции или установкой большего размера оборудования (самолетостроение, машинные залы ТЭС, мартеновские цехи и др.), пролеты до 100 м и более. Используются пространственные покрытия;

– ячеиковые – гибкие универсальные цехи с укрупненной квадратной сеткой колонн 18×18 м, 24×24 м, 30×30 м, 36×36 м, которая повышает технологическую маневренность производства (станкостроения, автомобилестроения, тракторостроения).

Объёмно-планировочные параметры одноэтажных промышленных зданий назначаются в соответствии с Модульной координацией размеров в строительстве [2]. Горизонтальный модуль для пролетов 6000 мм, пролеты 12, 18, 24, 30, 36 м и т.д. Вертикальные модули для назначения высоты этажей – 600 и 1200 мм. Высоты этажей 3600, 4200, 4800, 6000, 7200, 8400 мм и т.д. Высота этажа в одноэтажном промышленном здании – это расстояние от пола до низа несущей конструкции покрытия.

### **2.5. Железобетонный каркас одноэтажного промздания**

Фундаменты под колонны – столбчатые стаканного типа могут быть сборные, состоящие из подколонника и плитной части, или монолитные с подколонником (размеры конструктивных элементов при монолитном строительстве см. п.1.1).

Фундаментные балки (рис. 2.2) предназначены для установки на них наружных и внутренних самонесущих стен здания, они передают нагрузку на фундаменты колонн каркаса. Их укладывают на специально заготовленные столбики (приливы), установленные на обрезах фундаментов; высота балки 450 мм – для шага колонн 6 м, и 600 – для шага колонн 12 м. Эти размеры соответствуют наиболее распространенной в промышленных зданиях толщине наружных стен. Поверх фундаментных балок укладывают

гидроизоляцию из цементно-песчаного раствора или двух слоев гидроизоляционного материала на мастике.

Колонны сборного железобетонного каркаса (рис. 2.3) подразделяют на две группы для зданий:

- необорудованных мостовыми кранами, или с подвесными кранами имеют сечение  $300 \times 300$  или  $300 \times 400$  мм и высоту до 14,4 м;
- оборудованных мостовыми кранами с консолями для опирания на них подкрановых балок.

По конструктивному решению колонны разделяют на одноветвевые и двухветвевые, по расположению в здании – на крайние, средние и фахверковые, предназначенные для крепления наружных стен, панелей и перегородок. Все колонны имеют вверху стальные оголовки и анкерные болты для крепления к ним несущих конструкций покрытия, а по высоте колонн располагаются стальные закладные детали для крепления наружных стеновых панелей или перегородок.

Одноветвевые колонны выпускаются для высоты этажа не более 10,8 м и имеют сечение в зависимости от высоты и грузоподъемности кранов от  $400 \times 500$  до  $500 \times 800$  мм. Двухветвевые колонны применяют при высоте этажа от 10,8 до 18 м, имеют сечение крайние  $500 \times 1200$  мм, средние  $600 \times 1900$  мм (размеры ориентировочные, уточняются по каталогу).

Железобетонные подкрановые балки (рис. 2.4) служат опорами для рельсов, по которым передвигаются мостовые краны, они также обеспечивают продольную пространственную жесткость каркаса здания. Подкрановые балки для шага колонн 6 м имеют тавровое сечение и высоту 1 м, а балки для шага колонн 12 м – двутавровое сечение и высоту 1400 мм.

Несущие конструкции покрытий рассматривались в разделе 1.8 (см. рис. 1.31 – 1.35) – железобетонные стропильные балки покрытий, стропильные фермы, арки).

Связи. Обеспечивают продольную жесткость и пространственную неизменность здания. Воспринимают горизонтальные ветровые усилия, действующие на торцевые стены и фонари; тормозные усилия от подвесных и опорных кранов. Связи придают устойчивость поперечным рамам.

Связи бывают вертикальные и горизонтальные.

Вертикальные связи между колоннами, крестовые и порталные (рис. 2.5) устанавливаются в центре температурного блока по продольным осям. Вертикальные связи в пределах несущих конструкций покрытия



устанавливают в крайних шагах температурного блока, они представляют собой стальные фермы с параллельными поясами и пролетом, равным шагу колонн (6 или 12 м).

Горизонтальные крестовые связи устанавливают по нижним поясам несущих конструкций покрытия в крайних шагах температурного блока при грузоподъемности кранов 50 т и более. Связями по верхним поясам являются при:

- прогонной схеме покрытия – прогоны;
- беспрогонной схеме покрытия – железобетонные плиты покрытия.

Ограждающие конструкции покрытий (рис. 2.6) укладывают на несущие конструкции покрытий, они представляют собой:

- железобетонные ребристые плиты покрытия размером 1,5×6 м; 3×6 м; 1,5×12 м; 3×12 м с высотой ребра 300 мм (для плит длиной 6 м) и 450 мм для плит длиной 12 м. Устройство покрытия с такими плитами очень трудоемко, поскольку по ним необходимо делать пароизоляцию, теплоизоляцию, стяжку;
- плоские плиты из ячеистых бетонов выполняют несущую функцию и одновременно являются теплоизоляцией;
- ребристые из легких бетонов – с такими же функциями;
- комплексные плиты покрытия изготавливают одновременно с обмазочной пароизоляцией и теплоизоляцией из минеральной ваты – снижается трудоемкость возведения кровли;
- длинномерные настилы – сечением «Т» и «2Т» пролетами 9, 12, 15 м, шириной 1,5 и 3,0 м с высотой ребра 400 или 600 мм;
- пространственные плиты покрытий «на пролет» снижают трудоемкость монтажа: плиты КЖС пролетом 18 м;
- П-образные плиты пролетом 18 и 24 м;
- коробчатые плиты пролетом 18 м;
- облегченные плиты покрытия типа «сэндвич» выполняют из верхней и нижней обшивок и эффективной теплоизоляции между ними. Обшивки могут быть из стали, оцинкованной с двух сторон и покрытой полимерными материалами, алюминия, пластика, бакелизированной фанеры, ДСП, ДВП.

Устройство кровли по ж/б плитам (беспрогонная схема покрытия) изложено в разделе 1.4. Устройство кровли по стальному профилированному настилу

(прогонная схема покрытия) – стальной профилированный настил, оцинкованный с двух сторон крепится к стальным прогонам из швеллеров №18, уложенных в узлах стропильных ферм.

### Иллюстрации к разделам 2.1 и 2.5

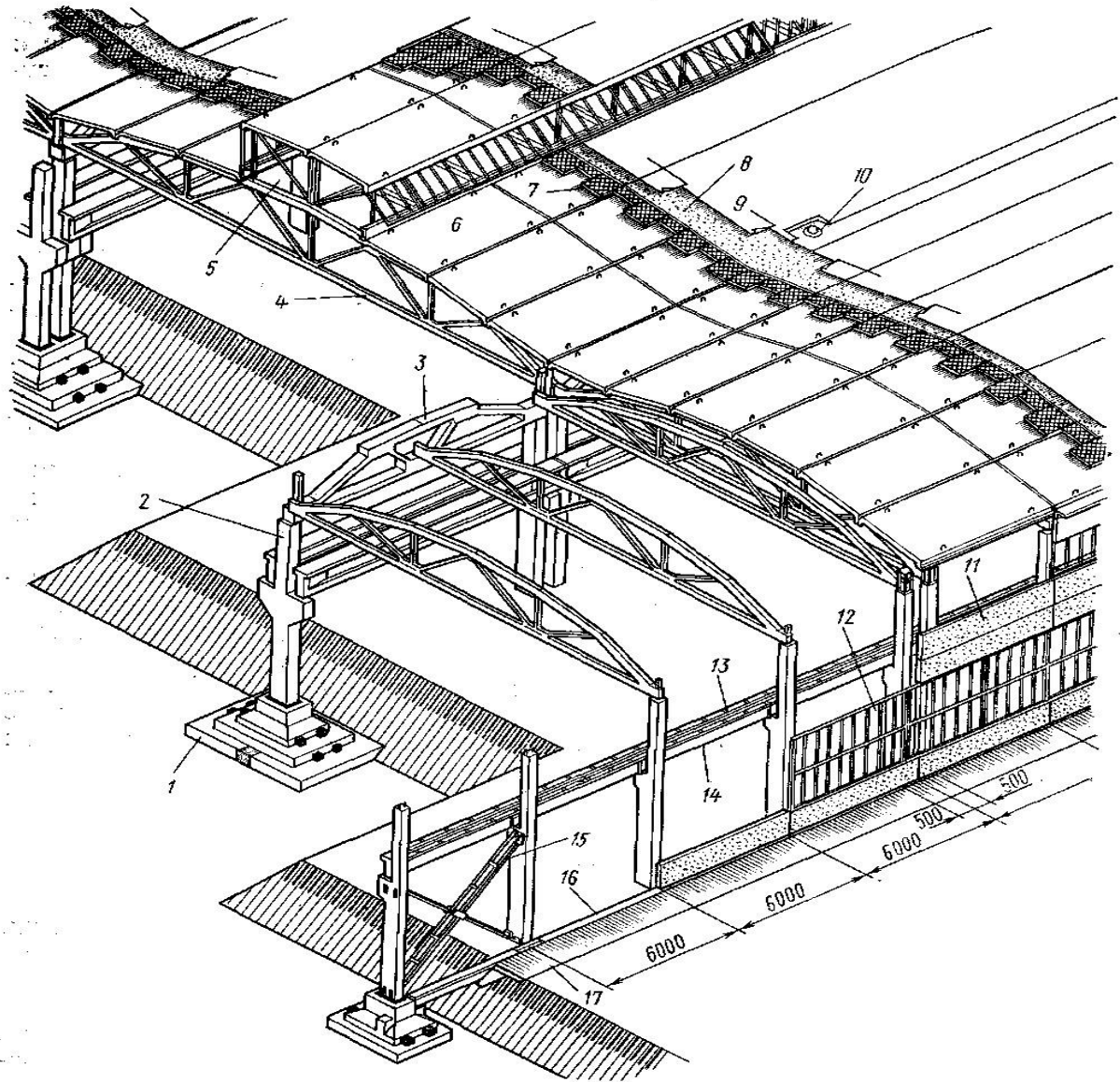


Рис. 2.1. Железобетонный каркас одноэтажного здания:

- 1 – фундамент; 2 – колонна; 3 – подстропильная ферма; 5 – светоаэрационный фонарь;  
 6 – плита покрытия; 7 – утеплитель по пароизоляции; 8 – выравнивающий

слой;

9 – кровельный ковер; 10 – воронка внутреннего водостока; 11 – стеновая панель;

12 – ленточное остекление; 13 – крановый рельс; 14 – подкрановая балка; 15 – связи;

16 – фундаментная балка; 17 – отмостка

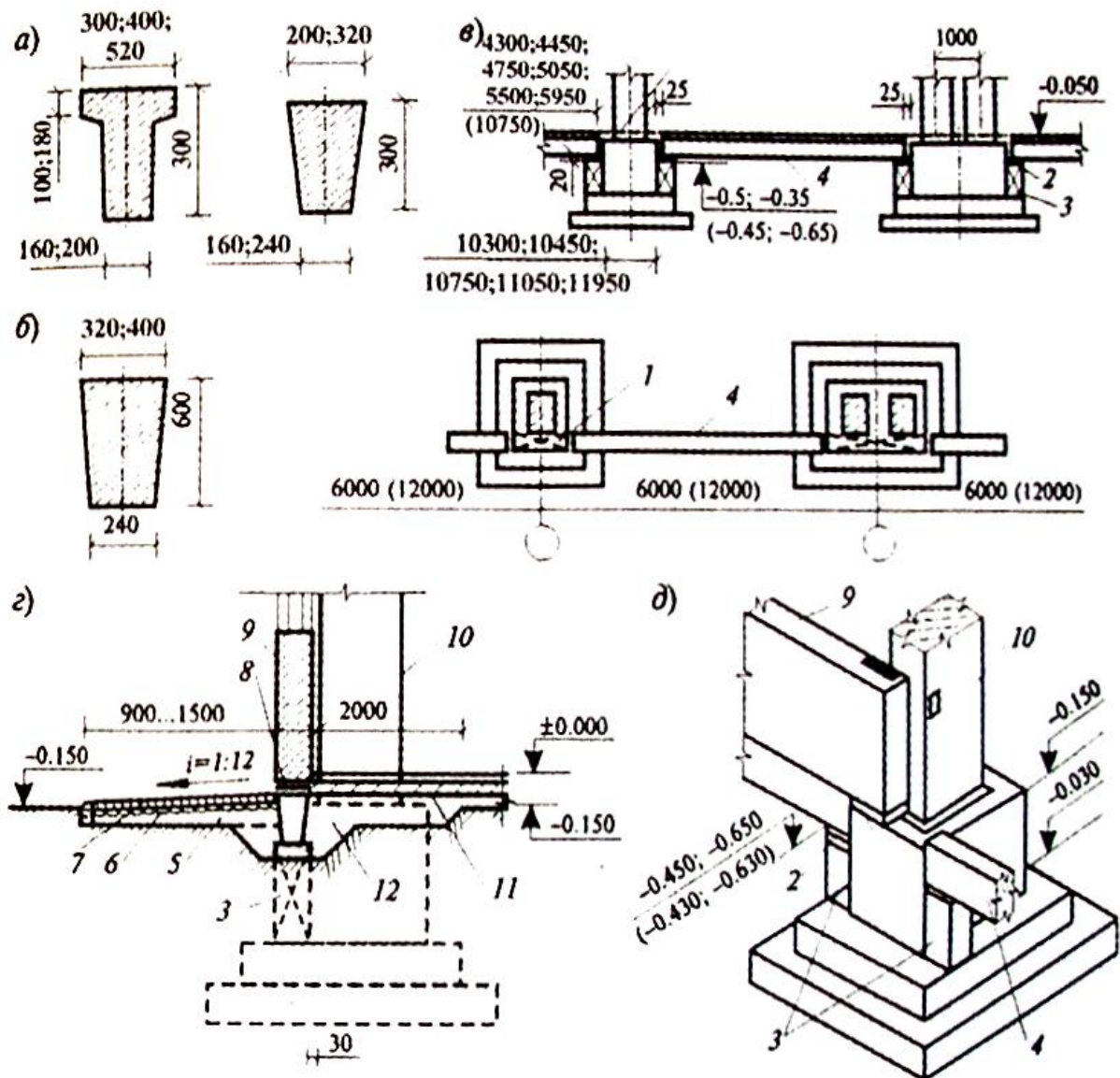


Рис. 2.2. Фундаменты одноэтажного промышленного здания:

а, б – типы балок; в – опирание балок на столбики;  
 г, д – детали фундаментов крайнего ряда колонн

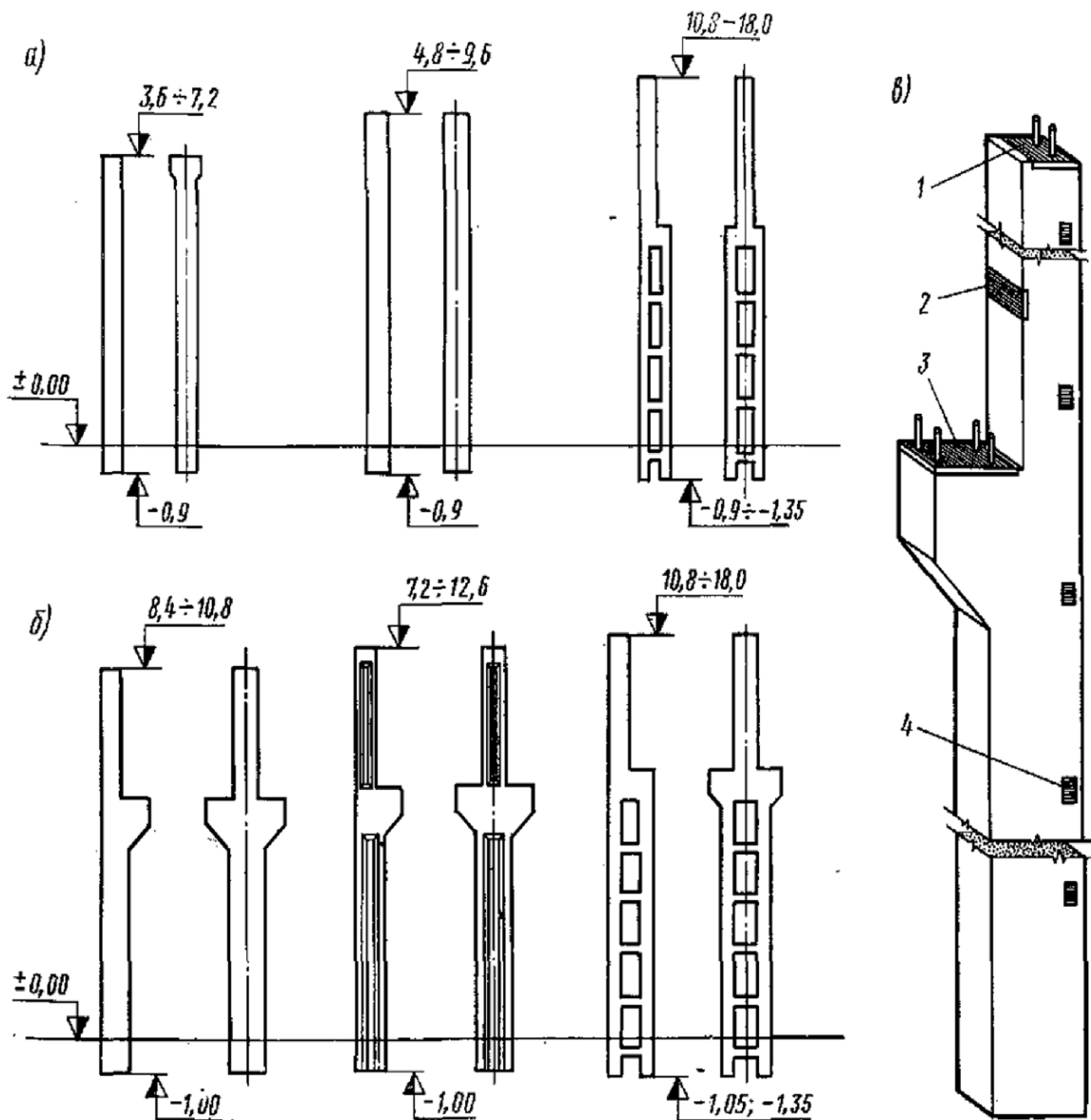


Рис. 2.3. Основные типы колонн:

а – прямоугольного сечения для зданий без мостовых кранов;  
 б – то же, для зданий с мостовыми кранами; в – закладные детали колонны:

1 – закладная деталь для крепления несущей конструкции покрытия;  
 2, 3 – то же, подкрановой балки; 4 – то же, стеновых панелей

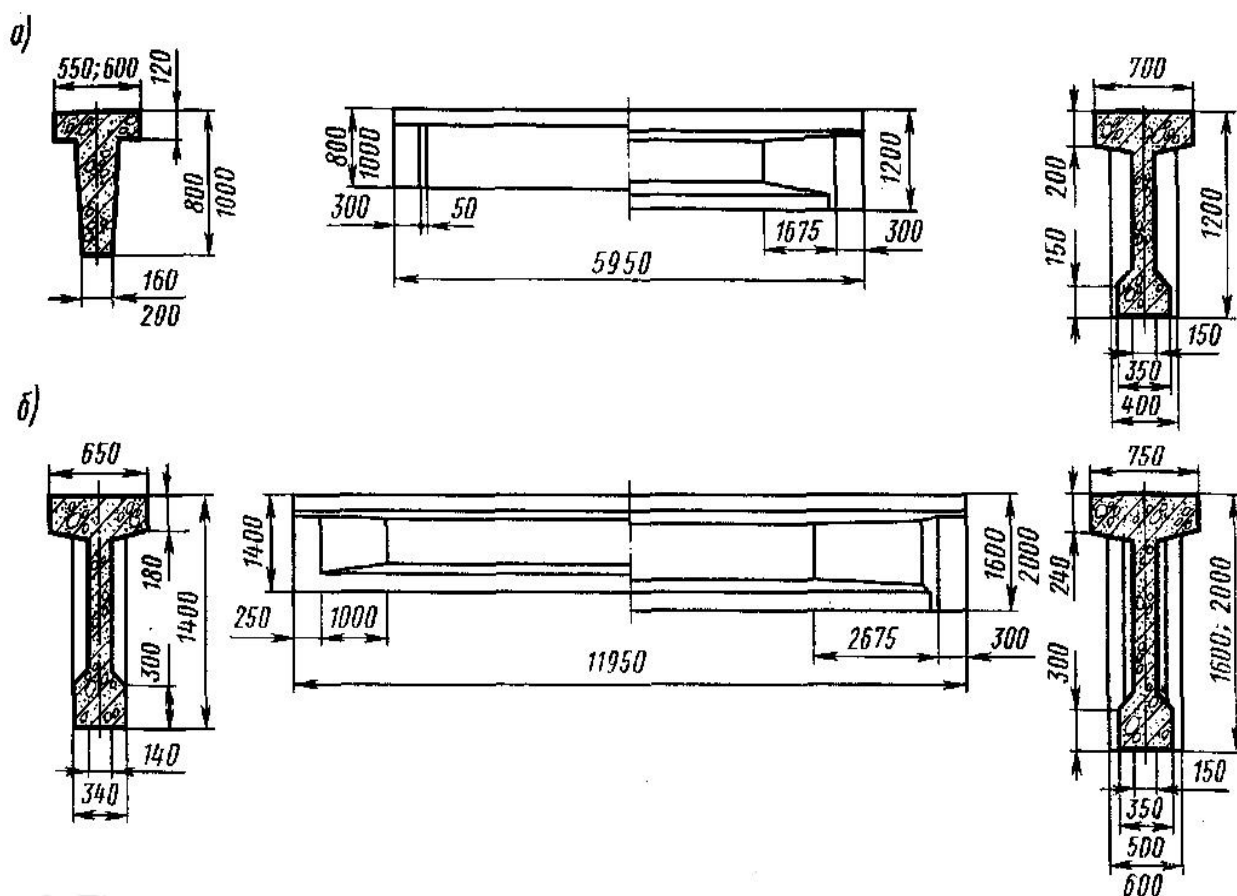


Рис. 2.4. Железобетонные подкрановые балки:

с пролетом 6 м (а) и 12 м (б)

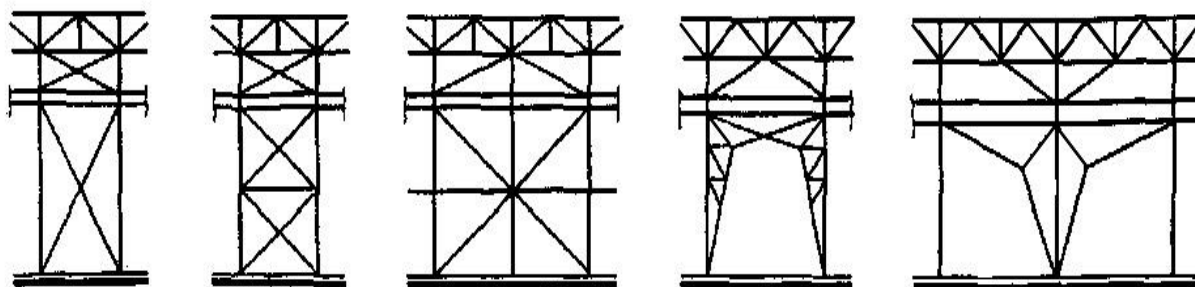


Рис. 2.5. Стальные типы вертикальных связей между колоннами

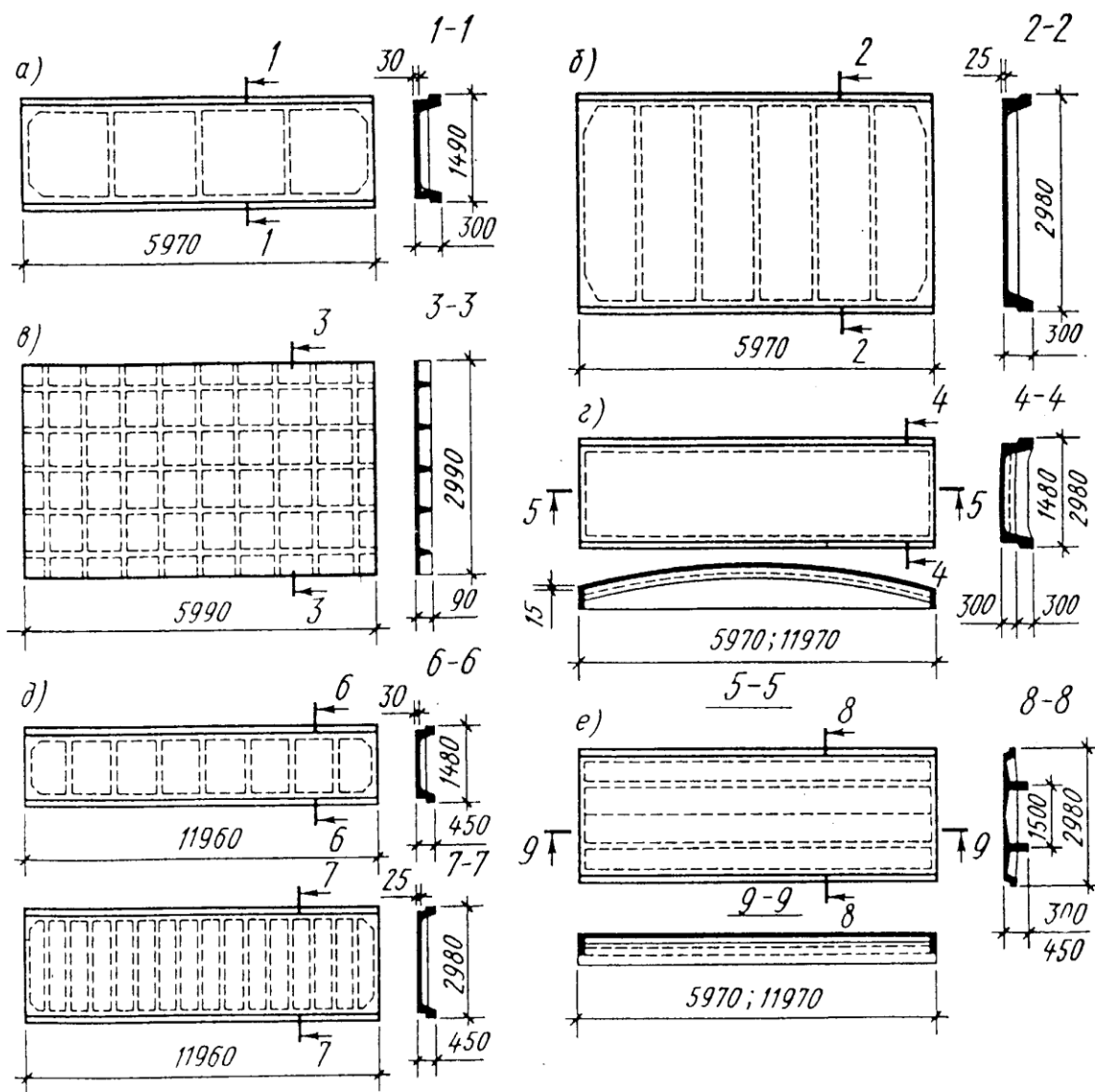


Рис. 2.6. Железобетонные плиты покрытий:

а – размером  $1,5 \times 6$  м; б – размером  $3 \times 6$  м; в – прокатная размером  $3 \times 6$  м;  
г – армоцементная двойкой кривизны; д – предварительно напряженные  
размером  $1,5 \times 12$  м  
и  $3 \times 12$ ; е – двухконсольные размером  $3 \times 6$  и  $3 \times 12$  м

## 2.6. Стальной каркас одноэтажных промышленных зданий

Стальные колонны (рис. 2.7) постоянного сечения для зданий, не оборудованных мостовыми кранами или с подвесными кранами выполняют из прокатных или сварных двутавров от 400 мм и имеют высоту до 9,6 м; для зданий, оборудованных мостовыми кранами, колонны имеют консоли для опирания подкрановых балок. Консоль – это комбинация из стальных пластин. На железобетонный фундамент колонна опирается с помощью базы, состоящей из траверс и стальных накладок, которые притягиваются к фундаменту с помощью анкерных болтов (рис. 2.8).

При высоте более 9,6 м применяют стальные сквозные колонны, двухветвевые. Ветви выполняют из швеллеров или двутавров, соединенных между собой двухплоскостной решеткой из уголков. Консоль сквозной колонны изготавливается из двутавров примерно №900, усиленных ребрами жесткости.

Стальные подкрановые балки (рис. 2.9) из прокатных или сварных двутавров высотой 800, 1000, 1200, 1600 мм. Их пространственная жесткость обеспечивается ребрами жесткости, расположенными через 1500 мм в балках длиной 6 м и через 1000 мм – в балках длиной 12000 м. Балки соединяются на консолях колонн болтами с помощью торцевых центрирующих стальных плит.

Стальные стропильные фермы покрытия (рис. 2.10) по форме бывают с параллельными поясами, треугольные, полигональные. Пролеты ферм принимают в соответствии с МКРС (18,24, 30, 36 м и более кратно 6 м). Элементы ферм (верхний и нижний пояс, стойки, раскосы) выполняют из прокатных профилей, которые соединяют с помощью стальных фасонки. Элементы можно изготавливать также из труб прямоугольного или трубчатого сечения. Пример – трубчатая ферма «Молодечно» (рис. 2.11) без стоек с нисходящими опорными раскосами пролетами 18 и 24 м, высотой 2,5 м. Трубчатые фермы легче, имеют меньший расход металла, меньше подвержены коррозии.

Преимущество ферм с элементами из труб:

- число основных деталей фермы (поясов и решетки) меньше;
- отсутствуют фасонки;
- масса наплавленного металла меньше;
- элементы обдуваются воздухом, меньше коррозия;



– масса фермы ниже на 20–30%.

Достоинства применения стальных каркасов: меньшая масса при равной несущей способности с железобетоном; высокая индустриальность; простота возведения; легкость транспортировки. Недостатки: подверженность коррозии; снижение несущей способности под воздействием высоких и низких температур; высокая стоимость и дефицит металла. Прогонная схема покрытия

(по стальному профилированному настилу, уложенному по прогонам из швеллеров №18).

Легкосбрасываемые ограждающие конструкции устраивают в помещениях категорий взрывопожароопасности А и Б. В качестве таких конструкций используют остекление окон и дверей. Оконное стекло относится к легкосбрасываемым конструкциям при толщине 3, 4, 5 мм и площади не менее соответственно 0,8; 1 и 1,5 м<sup>2</sup>. Площадь легкосбрасываемых конструкций должна составлять не менее 0,05 м на 1 м объема помещения категории А и не менее 0,03 м помещения категории Б. При недостаточной площади остекления допускается использовать легкосбрасываемые покрытия из стальных, алюминиевых, асбестоцементных листов и эффективной теплоизоляции. Рулонный ковер на участках легкосбрасываемых конструкций покрытия разрезают на карты площадью не более 180 м каждая. Расчетная нагрузка от их массы должна быть не более 0,7 кПа (70 кгс/м) для уменьшения сопротивления взрывной волне.

Большепролетные стальные фермы (рис. 2.12) с пролетами более 36 до 120 м (кратно 6 м) по форме могут быть треугольные, сегментные, с параллельными поясами и затяжкой, параболического очертания; стальные сквозные арки и рамы.

## Иллюстрации к разделу 2.6

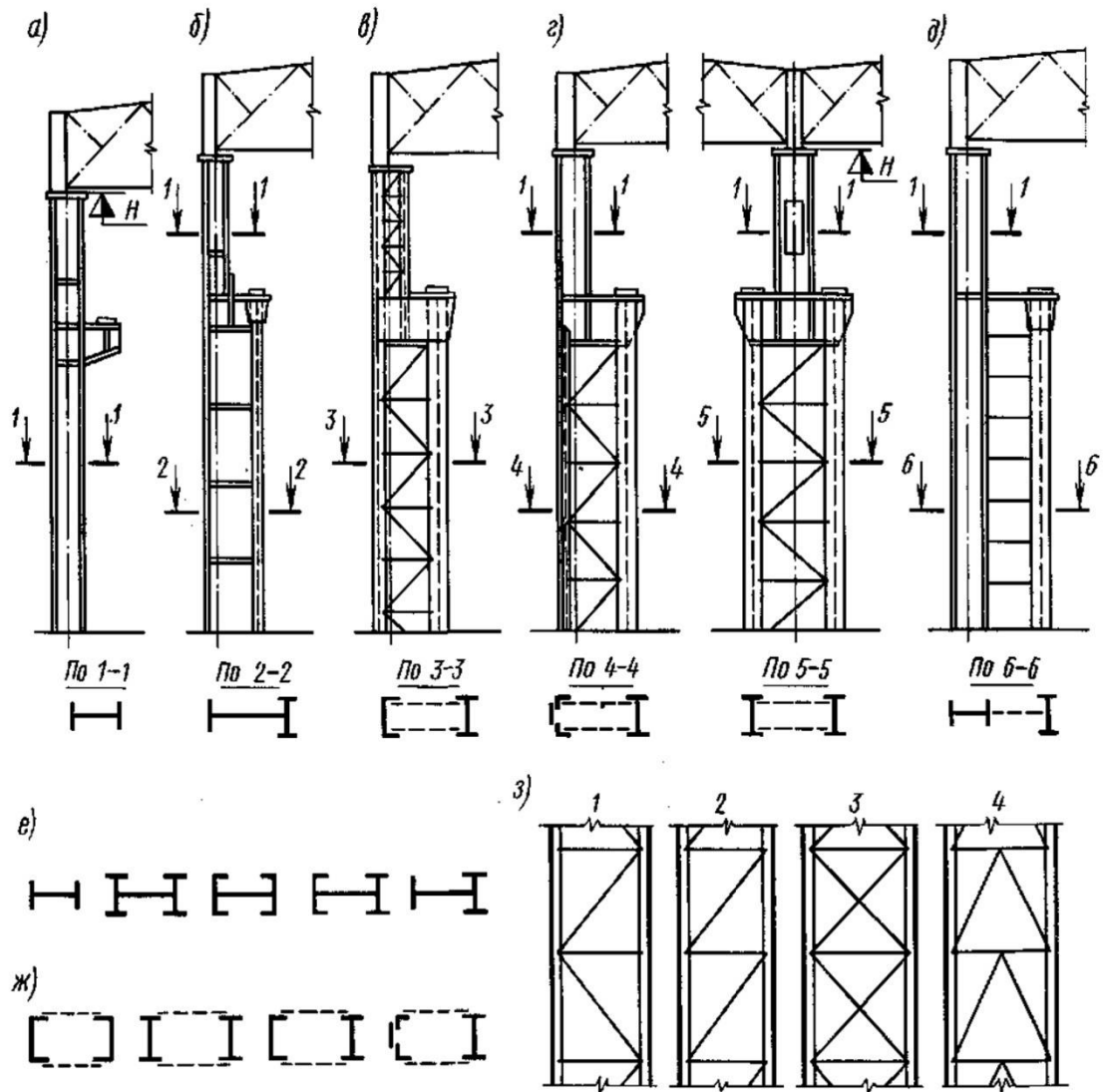


Рис. 2.7. Основные типы стальных колонн:

а – постоянного сечения; б – г – переменного сечения; д – раздельного типа; е – сечения сплошных колонн; ж – то же, сквозных; з – типы решеток: (1 – треугольная с распоркой; 2 – раскосная; 3 – крестовая; 4 – полураскосная)

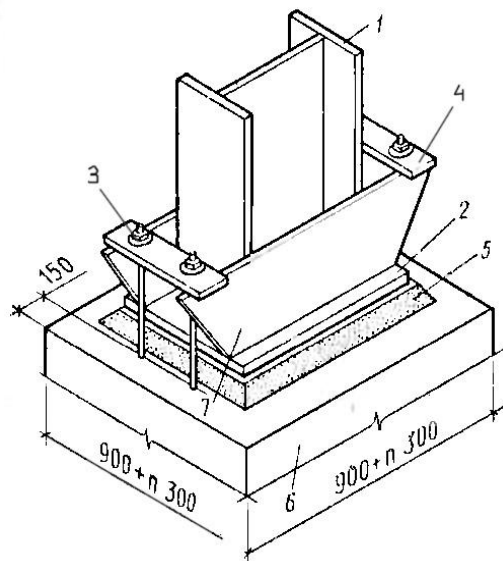


Рис. 2.8. Монолитный железобетонный фундамент под стальные колонны.

1 – колонна; 2 – стальная опорная плита; 3 – анкерный болт; 4 – анкерная плитка;  
5 – цементно-песчаный раствор; 6 – фундамент; 7 – траверса

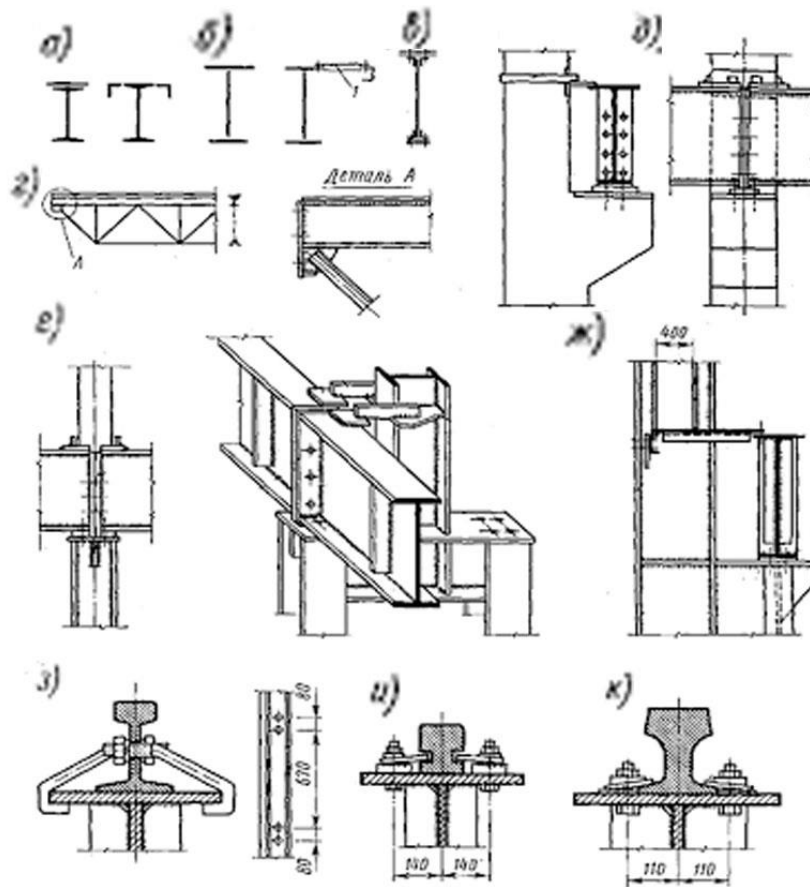
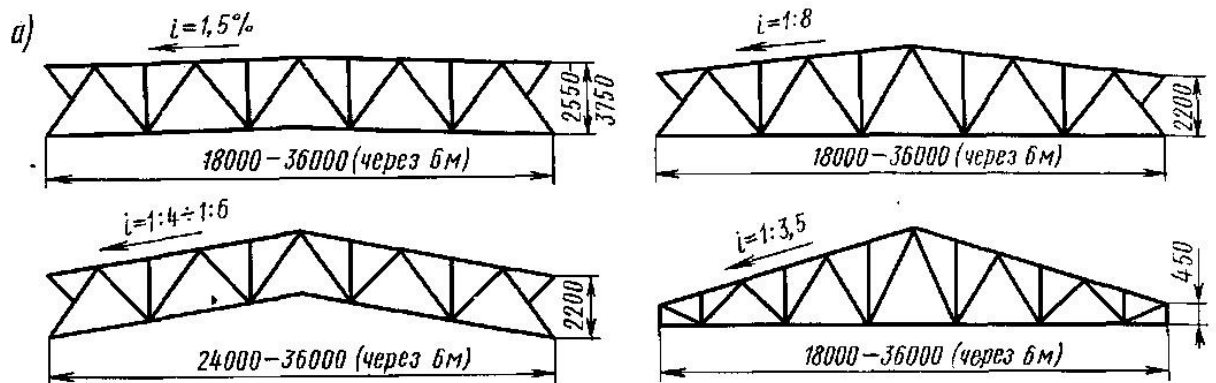


Рис. 2.9. Стальные подкрановые балки:

а – в – сплошного сечения; г – сквозного сечения; д – крепления балок к железобетонной колонне; е, ж – то же, к стальным;  
 з – крепление рельсов к балкам крюками; и, к – то же, лапками



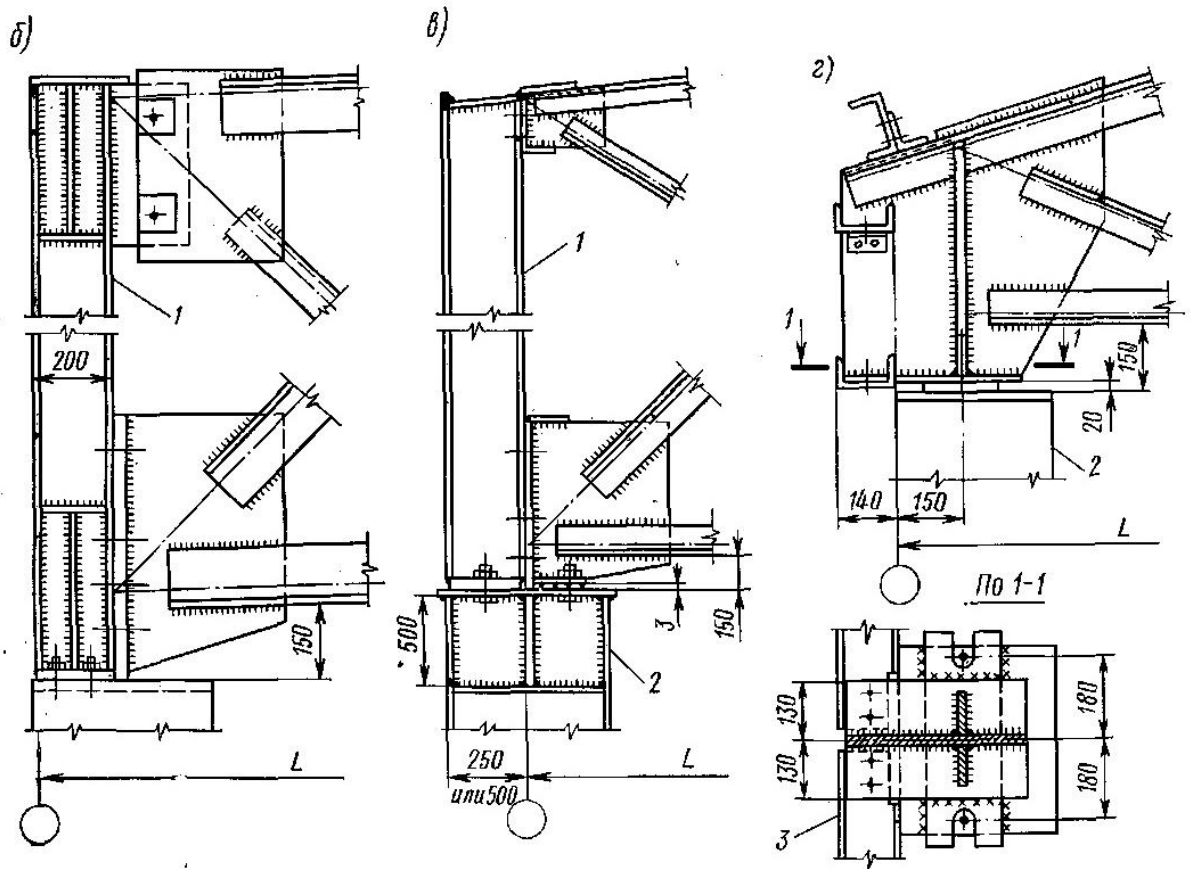


Рис. 2.10. Стальные стропильные фермы:

а – основные типы ферм; б – опирание на колонну фермы с параллельными поясами

при «нулевой» привязке; в – то же, полигональной при привязке 250 и 500 мм;

г – то же, треугольной при «нулевой» привязке; 1 – надопорная стойка; 2 – колонна; 3 – ригель фахверка

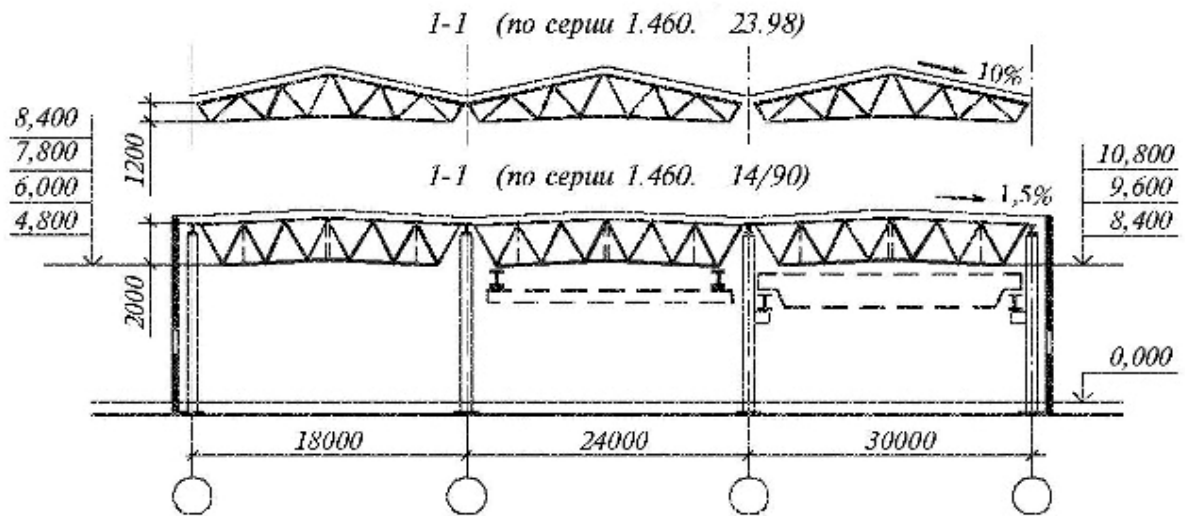


Рис. 2.11. Применение стальных ферм «Молодечно»

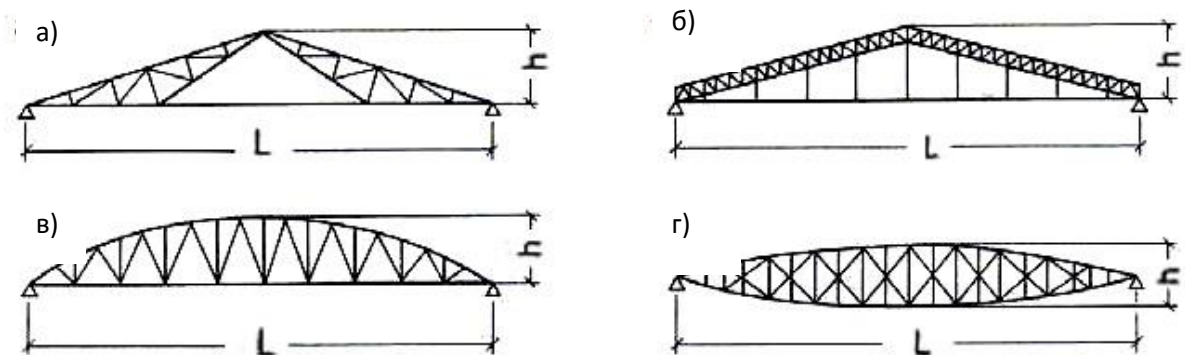


Рис. 2.12. Большепролетные стальные фермы:

а – треугольная; б – с параллельными поясами с затяжкой; в – сегментная; г – параболического очертания

## 2.7. Несущие конструкции покрытий из древесины

Несущие конструкции покрытий из древесины – дощатоклееные балки пакетного профиля, арки, полурамы, дощатоклееные фермы – изготавливают

из отходов древесины – досок толщиной 35 – 40 мм, которые склеивают между собой специальными клеями (резорциновым, каучуковым) по высоте и по длине (рис. 2.13). Пролеты таких конструкций такие же, как у ж/б балок, ферм и арок (рис.2.14).

Для повышения огнестойкости их пропитывают антипиренами (огнестойкими составами), для повышения влагостойкости – водостойкими эмалями на глубину 10 – 15 мм.

Достоинства применения дощатоклееных конструкций:

- небольшой вес и легкость транспортировки;
- технология и изготовление не требуют применения дорогостоящего оборудования;
- прочность приближается к прочности ж/б конструкций;
- возможность получить конструкцию любой формы;
- экологически чистый материал, который прекрасно смотрится в интерьере, не требуя отделки и хорошо вписывается в окружающую среду.

**Иллюстрации к разделу 2.7**

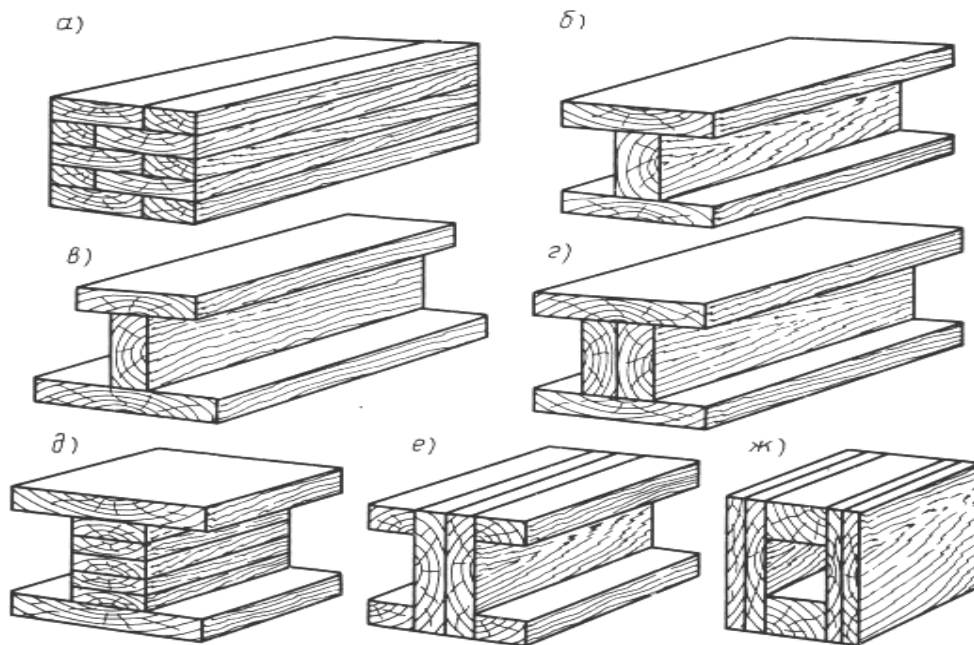


Рис 2.13. Типы клееных балок:

а – прямоугольного сечения; б–е – двутавровые; ж – коробчатого сечения

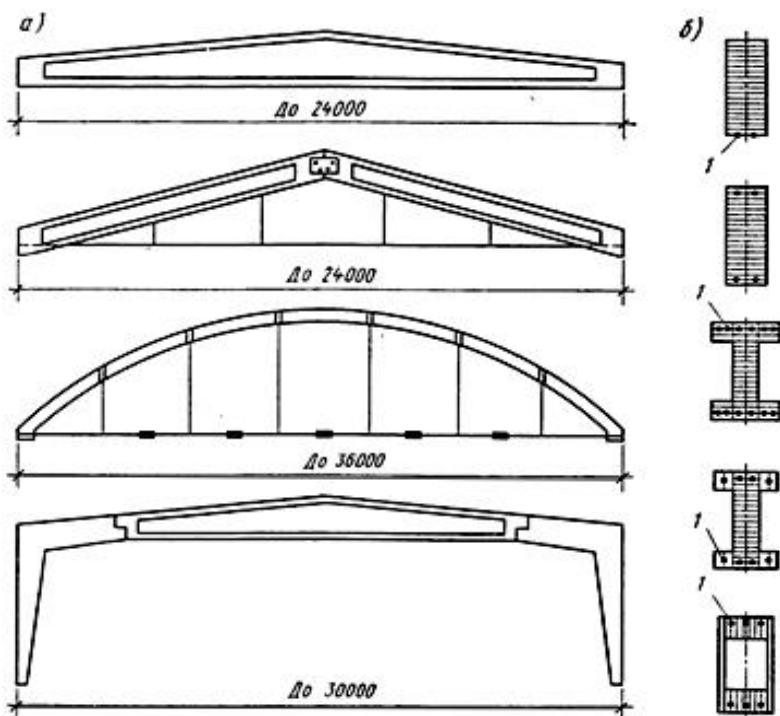




Рис. 2.14. Армодеревянные клееные конструкции покрытия:

а – общий вид; б – типы поперечных сечений; 1 – арматурные стержни

## 2.8. Наружные стены промышленных зданий

### Самонесущие и навесные наружные панельные стены

Наружные панельные стены промышленных зданий по конструкции могут быть самонесущими и навесными.

В зависимости от расположения панели бывают рядовые, цокольные, перемычечные, простеночные, парапетные, карнизные, угловые. По материалу – бетонные и небетонные; по конструкции – однослойные и трехслойные (конструкции панелей были рассмотрены в разделе 1.2).

Для отапливаемых зданий используют однослойные легкобетонные панели длиной 6 и 12 м, трехслойные длиной 6 м, толщиной 200, 240, 300 мм (рис. 2.15). Для неотапливаемых – применяют железобетонные стеновые панели сплошного сечения длиной 6 м, толщиной 70 мм и железобетонные ребристые панели длиной 12 м толщиной ребра 300 мм (рис. 2.16); высота панелей – 1,2 и 1,8 м. Панели длиной 6 м крепят к колоннам каркаса с помощью стальных соединительных элементов – с гибким стержнем, а панели длиной 12 м – с помощью сцепа из двух уголков-коротышей, обеспечивающих свободные деформации в стыке. Панели типа «сэндвич» крепят болтами к горизонтальным прогонам из стальных швеллеров.

Широкое распространение получили сэндвич-панели поэлементной сборки. Они состоят из корытообразных стальных профилей, теплоизоляции из минеральной или стекловаты, гидроветрозащиты и наружной облицовки. Корытообразные профили крепят к стойкам каркаса здания самосверлящими самонарезающими винтами или анкерами, заполняют теплоизоляционными плитами с гидроветрозащитной мембраной и прикрепляют наружную облицовку к профилю. Наружная облицовка может быть из стального или винилового сайдинга.

### Остекленные поверхности стен

Формы и размеры световых проёмов определяют светотехническим и аэрационным расчётом.

Остекление оконных проёмов может быть одинарное, двойное и смешанное в зависимости от перепада температур ( $t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}$ ).

При  $(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) < 35^{\circ}\text{C}$  – выполняют одинарное остекление на всю высоту проема;

$(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})$  от 35 до 50  $^{\circ}\text{C}$  – двойное на высоту 2, 4 м, выше – одинарное;

$(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) > 50^{\circ}\text{C}$  – двойное на всю высоту проема.

Остекленные переплеты бывают:

- одинарные открывающиеся;
- одинарные глухие;
- двойные открывающиеся;
- двойные глухие.

Открывание переплетов предусматривается летом не ниже 2, 4 м, зимой – не ниже 4,8 м.

Материалы оконного заполнения – деревянные, стальные, железобетонные.  
Конструкции оконного заполнения – переплётные, панельные и беспереплётные из стеклоблоков, стеклопакетов.

## Иллюстрации к разделу 2.8

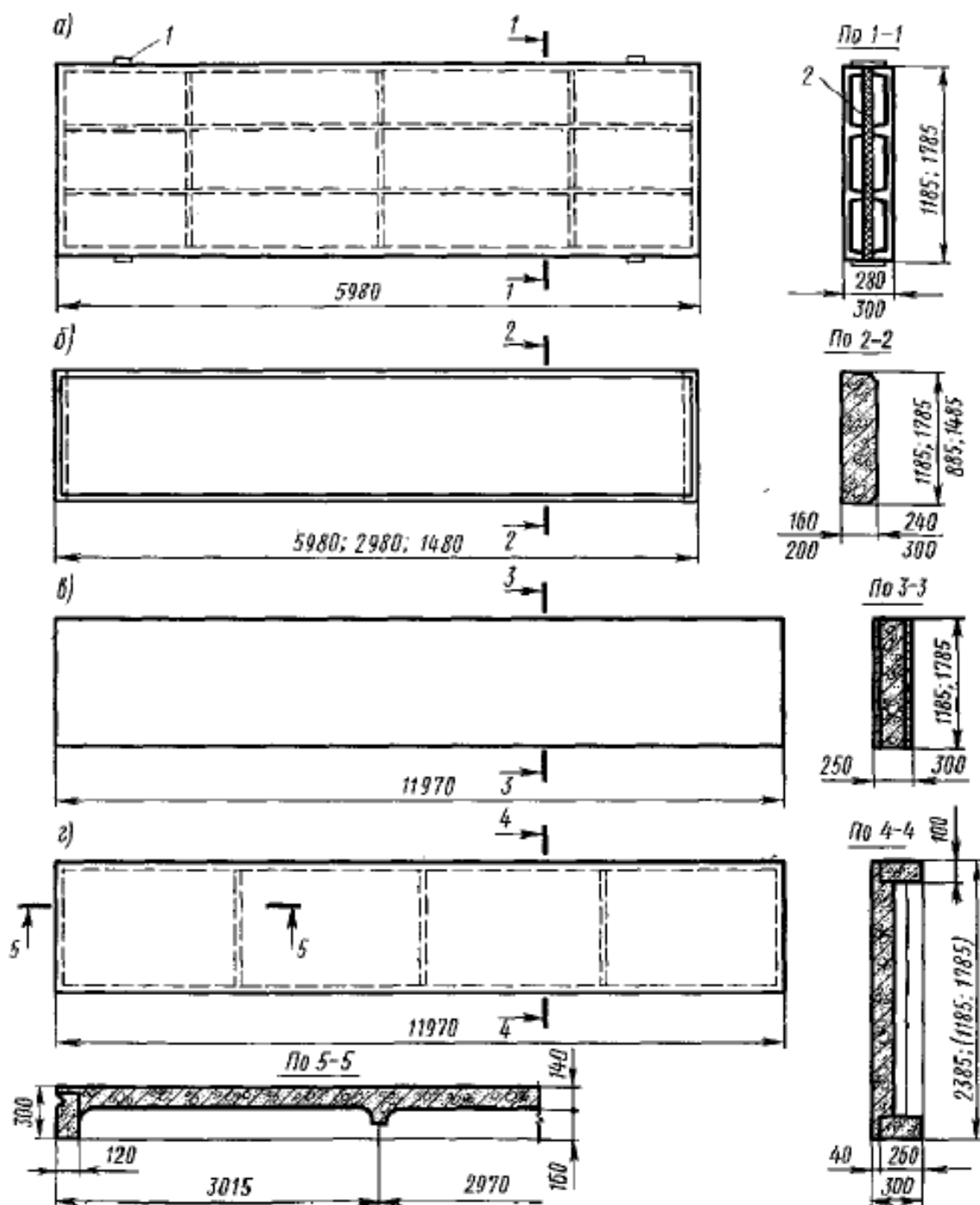


Рис. 2.15. Стеновые панели для отапливаемых зданий:

- а – трехслойная железобетонная длиной 6 м; б – сплошная из легкого бетона длиной 6 м;  
 в – керамзитобетонная длиной 12 м; г – комплексная длиной 12 м;  
 1 – соединительная планка 30×10×160 мм; 2 – пароизоляция

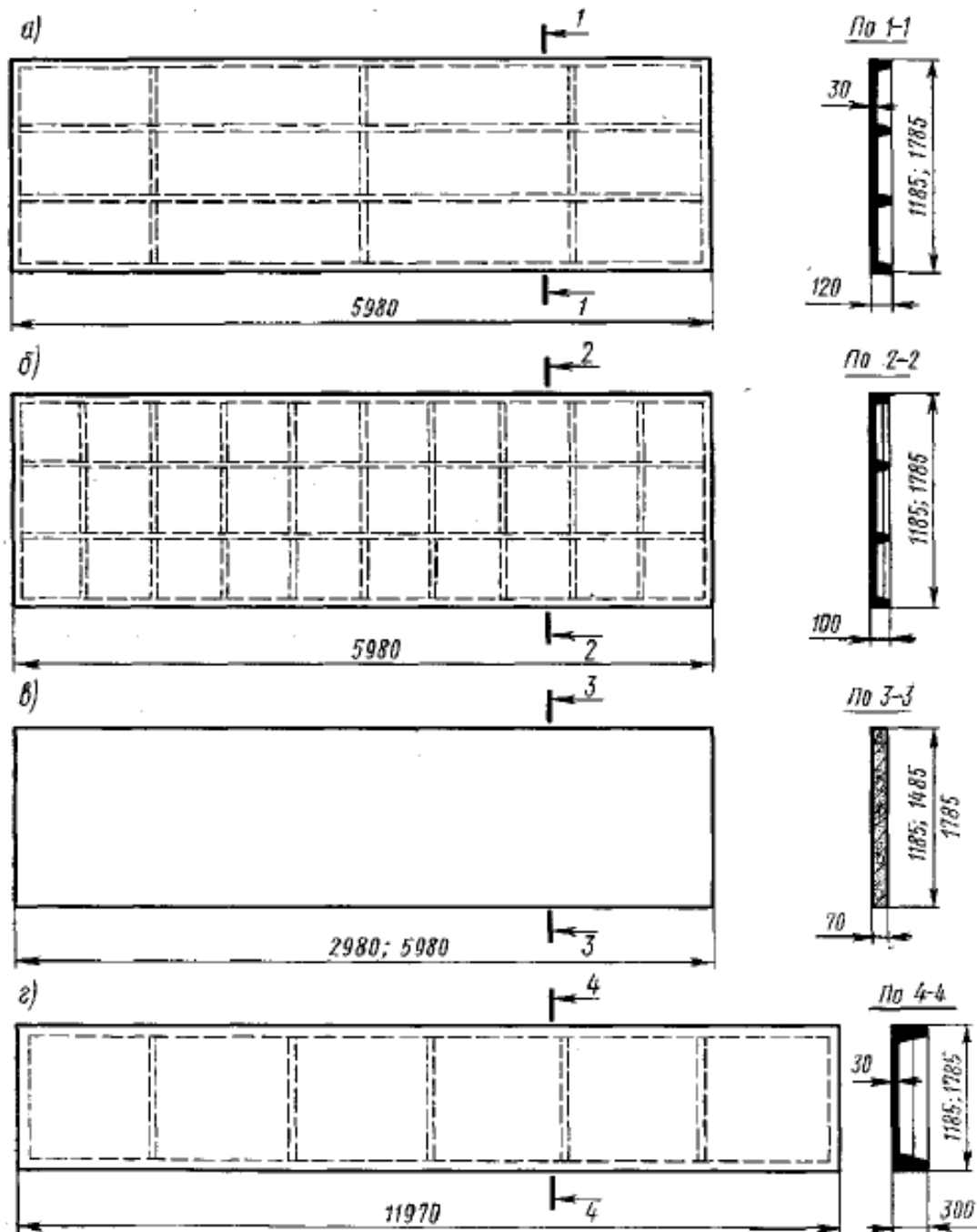


Рис. 2.16. Железобетонные стеновые панели для неотапливаемых зданий:



а – ребристые длиной 6 м; б – часторебристые длиной 6 м;  
в – плоские длиной 3 и 6 м; г – ребристые длиной 12 м

## 2.9. Фонари промышленных зданий

При больших пролетах цехов естественного освещения через оконные проемы в продольных стенах бывает недостаточно (при светотехническом расчете), тогда применяют фонари верхнего света.

Требования, предъявляемые к фонарям:

- создание равномерной освещенности.
- аэрация.
- отсутствие конденсата на внутренней поверхности фонаря.
- несложный уход (очистка остекления, ремонт).

Геометрические формы фонарей – прямоугольные – поперечного сечения с внутренним водоотводом, прямоугольные – с наружным водоотводом, трапецевидные с наружным или внутренним водоотводом, треугольные, пилообразные, шедовые (рис. 2.17).

Светоаэрационные фонари дорогие, их цена составляет 20% от стоимости здания. Поэтому их применяют чаще всего в зданиях с избыточными технологическими тепловыделениями или другими вредностями. В остальных случаях используют световые (зенитные).

Светоаэрационные фонари имеют ширину 6 м при пролетах цехов до 18 и 12 м при пролетах более 18 м. Основной несущей частью фонаря является фонарная ферма, которая крепится к стропильной конструкции покрытия. Фонарные панели (каркасы) соединяют фонарные фермы в продольном направлении; есть верхний борт, утепленный нижний борт и остекленный открывающийся фонарный переплет с высотой остекления 1,8 или 2×1,2 м (рис. 2.18). Покрытие фонаря решается аналогично покрытию цеха.

Конструктивное решение светового (зенитного) фонаря (рис. 2.19). Световой фонарь представляет собой светопрозрачный купол над отверстием в покрытии. Основой его является стальной стакан (кожух), утепленный по всему периметру, который внизу крепится к закладным деталям в плите покрытия по периметру отверстия. В верхней части к стакану крепится стальной уголок, поддерживающий деревянную раму, к которой через упругие прокладки крепится двойной светопрозрачный купол из оргстекла. Утепленный кожух и двойной купол препятствуют образованию конденсата на внутренней поверхности фонаря.

### Иллюстрации к разделу 2.9



Рис. 2.17. Основные типы световых (светоаэрационных) фонарей

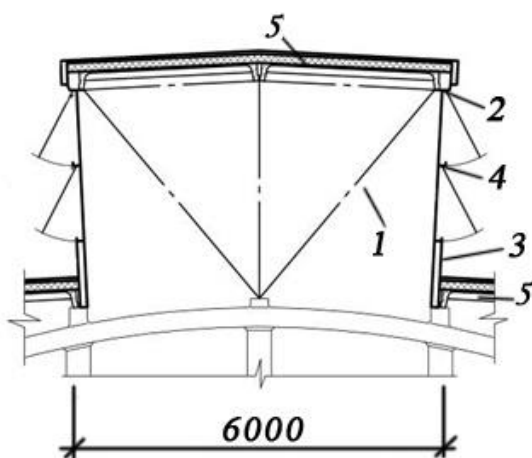


Рис. 2.18. Конструкция светоаэрационного фонаря:

- 1 – фонарная панель;
- 2 – верхний борт;
- 3 – утепленный нижний борт;
- 4 – створки переплетов, фонаря;

## 5 – плиты перекрытия

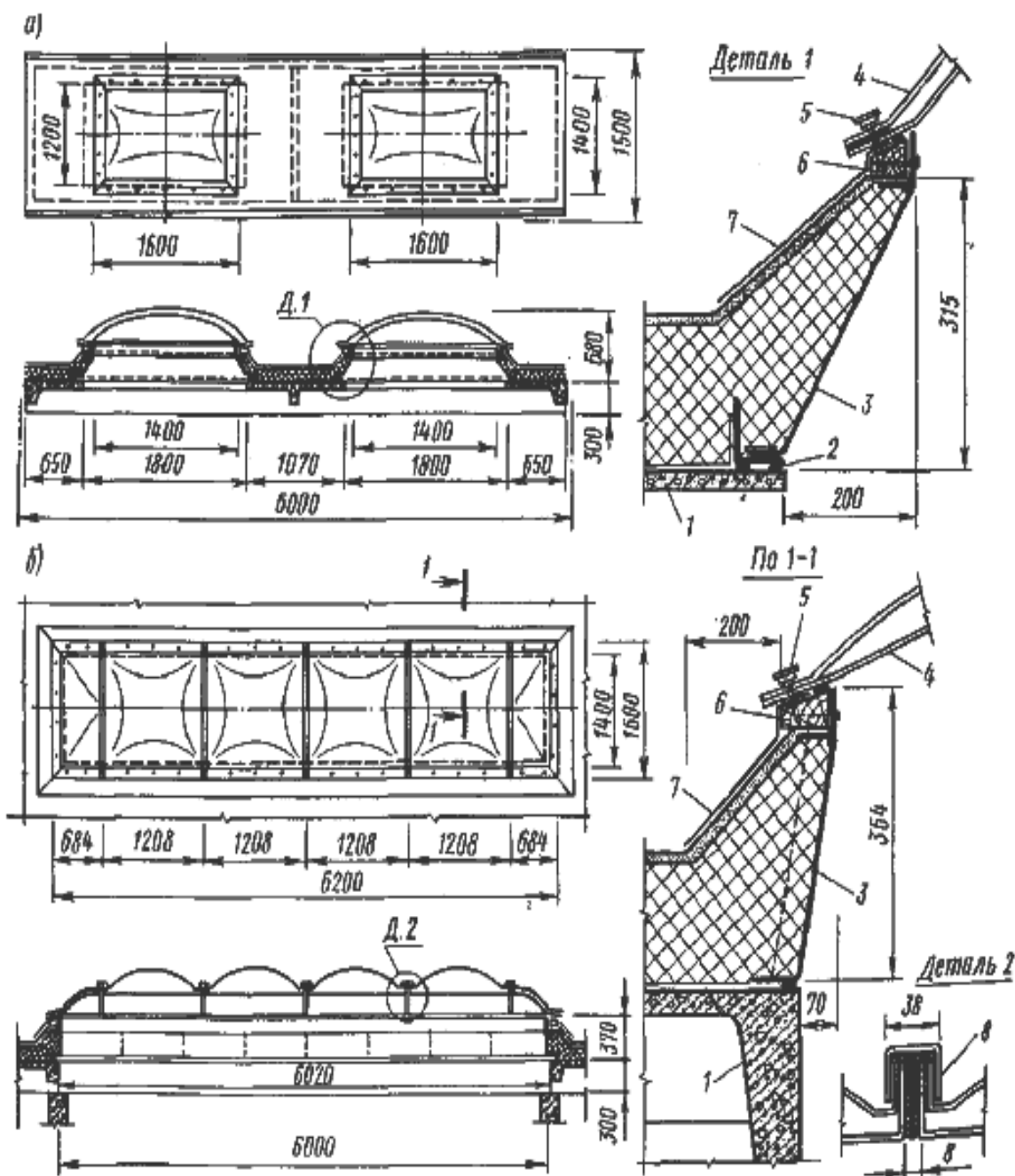


Рис. 2.19. Конструкция зенитного фонаря:



а – точечного типа; б – панельный; 1 – плита покрытия; 2 – герметик;  
3 – стальной стакан; 4 – двухслойный купол из оргстекла; 5 – колпачок;  
6 – опорная деревянная рама; 7 – оцинкованная кровельная сталь;  
8 – накладка из оргстекла

## 2.10. Полы

Воздействия на полы в зависимости от характера технологического процесса:

- статические нагрузки от оборудования;
- динамические нагрузки;
- силы трения;
- тепловые воздействия;
- агрессивные воздействия;
- биохимические воздействия;
- воздействия блуждающих токов электролизных установок;
- органическая коррозия.

Устройство полов составляет 17,5 % от стоимости здания, поскольку при этом много ручной работы – 70%.

Требования, предъявляемые к полам промышленных зданий в зависимости от вида воздействия на них:

- ровная, гладкая, нескользкая поверхность;
- высокая механическая прочность;
- бесшумность при движении транспорта и ходьбе людей;
- малый коэффициент теплоусвоения (для людей, стоящих на полу);
- огнестойкость;
- водонепроницаемость;
- стойкость к химическим воздействиям;
- неэлектропроводность;
- гигиеничность;
- экономичность.

Основные конструктивные элементы пола: основание, подстилающий слой, прослойка, стяжка, гидроизоляция, покрытие.

Основание – естественный грунт без органических примесей, растительный грунт снимают, а оставшийся – уплотняют катками или трамбовками. В многоэтажных зданиях основанием является ж/б перекрытие.

Подстилающий слой – основной несущий элемент, который воспринимает нагрузку от оборудования и транспорта и распределяет ее на основание. Материалы слоев могут быть связанные (бетон класса В 7,5 до В 20, асфальтобетон, кислотоупорный бетон на жидком стекле) и несвязанные (песок, колотый камень).

Прослойка (стяжка) – между подстилающим слоем и покрытием – цементно-песчаный раствор, песок, мастика, жидкое стекло. Прослойки могут быть и теплоизоляционными, уменьшающими коэффициент теплоусвоения пола.

Гидроизоляция – элемент, препятствующий проникновению в грунт сточных вод и других жидкостей и грунтовых вод в пол. Выполняется из битума в два слоя или из оклеечных материалов в один слой; в местах лотков, трапов, каналов увеличивают на один или два слоя.

Покрытие – верхний слой, от названия которого принято именовать пол. Его материал зависит от воздействий на пол – механических, агрессивных, тепловых и других.

Сплошные покрытия (наиболее часто применяемые) – бетонные, в цехах с повышенной влажностью при маслах, органических растворителях. Для повышения прочности бетона добавляют металлический порошок; жаростойкие бетоны с добавками жидкого стекла выдерживают температуру до 1000°C и обладают стойкостью против воздействия кислот, щелочей; асфальтобетон – с добавлением битума. Наливные полы (эпоксидные, поливинилхлоридные) – гигиеничные, цветные, могут иметь рисунок.

Штучные – бетонные, асфальтобетонные, мозаичные, ксилолитовые, поливинилхлоридные, керамические плиты. Булыжник, брусчатка – естественный камень со специальной обработкой (базальт, гранит, диабаз) – очень прочные, укладываются по песчаному слою. Клинкерные кирпичные – кирпич, пропитанный битумом, укладывают по песчаному слою или битумной мастике на ребро или плашмя. Эти полы – жаро- и кислотостойкие.

Полы из чугунных и стальных плит – используют только там, где их нельзя заменить другими: в горячих цехах черной и цветной металлургии, при высоких температурах и местных высоких нагрузках. Плиты с гладкой или рифленой поверхностью 300×300×30 мм, укладывают по песку.

Торцевые полы – из деревянных шашек квадратной, прямоугольной, шестиугольной формы из сосны или дуба – бесшумные, долговечные, но очень дорогие, укладывают на битумную мастику.

Полы из рулонных материалов – линолеум на тканевой основе, поливинилхлоридный на тканевой основе, безосновный применяется во вспомогательных и производственных помещениях, где отсутствуют большие нагрузки, агрессивные воздействия, движение транспорта.

Полы из древесно-стружечных и древесно-волокнистых плит (ДСП, ДВП) укладывают по цементно-песчаной стяжке по ровному основанию.

## 2.11. Перегородки ворота

**Перегородки.** При проектировании промышленных зданий количество перегородок необходимо сводить к минимуму, так как они снижают степень универсальности зданий, ухудшают естественное освещение и воздухообмен в помещениях.

Перегородки должны обладать прочностью и устойчивостью, отвечать противопожарным требованиям, иметь, как правило, сборно-разборную конструкцию. Иногда к ним предъявляют звукоизоляционные требования.

В зависимости от характера производства перегородки подразделяют на выгораживающие и ограждающие.

Выгораживающие перегородки имеют высоту 2,2 – 3 м; ими ограждают инструментальные кладовые, промежуточные склады, цеховые конторы и другие вспомогательные помещения. Перегородки монтируют из деревянных, металлических или железобетонных щитов.

Железобетонные перегородки монтируют из щитов шириной 495 и 420 мм, высотой 2050 мм и толщиной 70 мм, нижней и верхней обвязок, стоек-вкладышей. Через 6 м по длине перегородок устанавливают несущие стойки, под которые предусматривают фундаментные плиты размером 1×0,5×0,075 м. Обвязки укладывают по всей длине перегородок. Стойки-вкладыши крепят к колоннам стальными хомутами, а верхнюю обвязку – к стойкам болтами. Двери устраивают деревянные.

Стальные выгораживающие перегородки состоят из стоек, устанавливаемых с шагом 1,5 м, основных щитов размерами 1,5×1,8 м и 1,5×2,4 м и доборных щитов размерами 1×1,8 и 1×2,4 м, навешиваемых на стойки. Высота перегородок 1,8 и 2,4 м. Стойки выполняют из прямоугольных труб сечением

60×30 мм и толщиной стенки 3 мм. Обвязка щитов – сварная из уголков 50×32×4 мм.

Ограждающие перегородки (на всю высоту помещения) предусматривают в тех цехах, где необходимо отделить вредные производства от других помещений или изолировать наиболее шумные отделения. Делают такие перегородки из кирпича, мелких блоков, железобетонных панелей (рис. 2.20), стальных профилированных и асбестоцементных листов.

Ворота. Для проезда напольного транспорта в наружных стенах, а иногда и в перегородках предусматривают ворота. В цехах с большой интенсивностью людских потоков ворота используют для прохода людей. Расстояние между воротами устанавливают исходя из технологических требований и условий эвакуации из помещений.

Размеры проемов ворот принимают кратными модулю 600 мм. Типовые ворота имеют размеры 2,4×2,4; 3×3; 3,6×3; 3,6×3,6; 3,6×4,2 и 4,8×5,4 м. В большепролетных сборочных цехах тяжелого машиностроения, самолетостроения, в ангарах размеры ворот могут достигать нескольких десятков метров. Проемы ворот должны превышать размеры габаритов транспортных средств в груженом состоянии по ширине не менее чем на 600 мм и по высоте 200 мм.

Большие габариты транспортных средств и ворот затрудняют устройство в них тамбуров, поэтому во избежание остужения помещений и появления в них сквозняков ворота отапливаемых зданий оборудуют воздушно-тепловыми завесами. Снаружи ворот предусматривают пандусы с уклоном до 1:10.

Ворота подразделяют на распашные, раздвижные, подъемные, подъемно-поворотные и откатные (рис. 2.21).

Полотна распашных и раздвижных ворот могут быть металлодеревянными и цельнометаллическими. В последнем случае обвязку, выполненную из гнутых профилей, обшивают штампованными листами, а между обшивками размещают утеплитель. В одном из полотен устраивают калитку для прохода людей.

Полотна распашных ворот навешивают к железобетонной раме проема на петлях, а полотна раздвижных ворот подвешивают на двух ходовых роликах к рельсу, уложенному на верхнюю направляющую. Над перемычкой раздвижных ворот предусматривают козырек.

Железобетонная рама ворот, обрамляющая проем, может быть сборной и монолитной. В зависимости от ширины ворот раму опирают на уступы фундаментов колонн каркаса или на самостоятельные фундаменты. В

пределах шага колонн, между которыми расположены ворота, фундаментную балку не укладывают.

В раздвижных складчатых воротах полотна собирают из шарнирно связанных между собой узких створок, которые при открывании складываются в пакет, благодаря чему занимают мало места. В подъемных воротах полотно может состоять из одного элемента, двух или нескольких горизонтальных створок. При открывании полотно по направляющим поднимается вверх.

### Иллюстрации к разделу 2.11

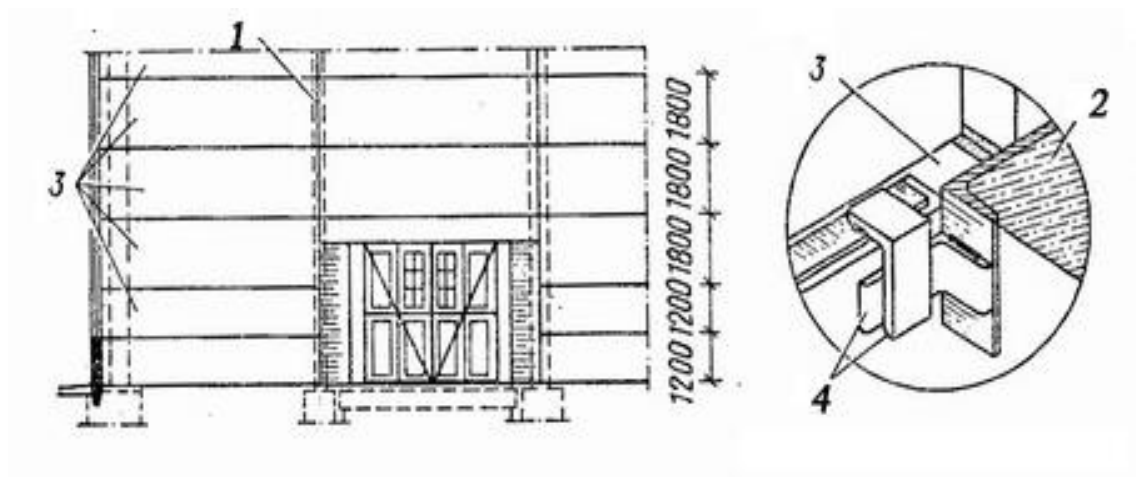


Рис. 2.20. Панельные перегородки:

1 – стойка фахверка; 2 – колонна каркаса; 3 – панели перегородки;  
4 – сцеп из двух уголков

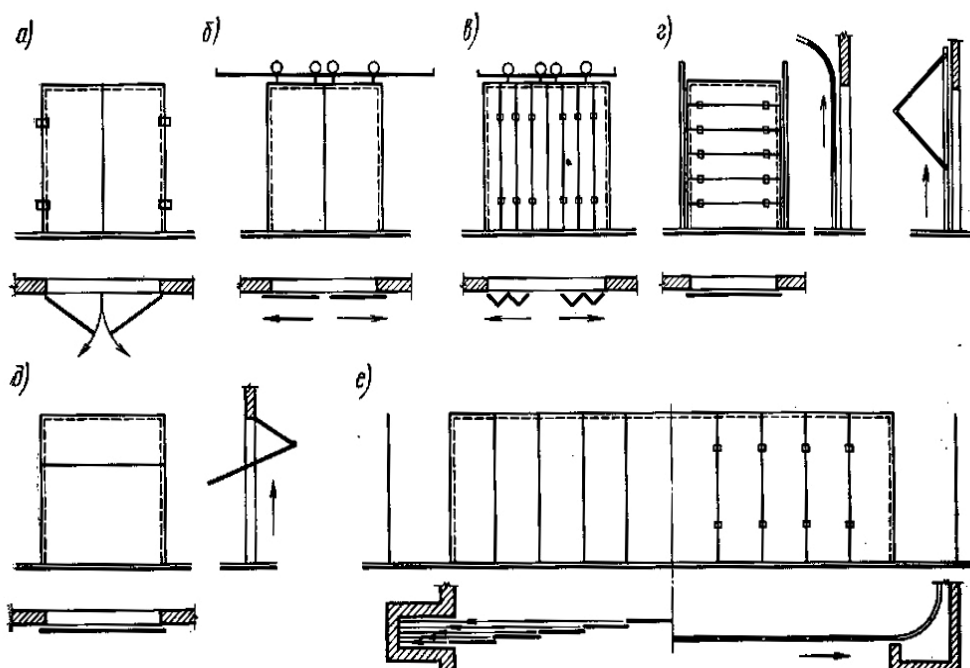


Рис. 2.21. Виды ворот:

а – распашные; б, в – раздвижные; г – подъемные;  
д – подъемно-поворотные; е – откатные

## 2.12. Конструкции многоэтажных промышленных зданий

Объёмно-планировочные структуры многоэтажных промышленных зданий:

- системы регулярной структуры – характерны одинаковыми сеткой колонн и высотой этажа в пределах здания;
- системы регулярной структуры с верхним этажом зального типа;
- системы нерегулярной структуры – характерны различной сеткой колонн и высотами этажей (там, где имеются бункеры, силосы и другие агрегаты, имеющие различную высоту и располагающиеся на разных уровнях);
- здания с межферменными этажами – большой гибкости, сеткой колонн  $18 \times 12$ ,  $24 \times 12$ ,  $30 \times 12$ ,  $36 \times 12$  м. Ригелями междуэтажных перекрытий являются железобетонные или стальные фермы пролетами 18, 24, 30, 36 м. В межферменных этажах могут располагаться вспомогательные и обслуживающие помещения или инженерные и технологические коммуникации.

### Объёмно-планировочные параметры

Здания малой гибкости – сетка колонн  $6 \times 6$ ;  $6 \times 9$  м – для производств, выпускающих малогабаритные изделия на оборудовании небольших размеров.

Здания средней гибкости – сетка колонн  $12 \times 12$ ,  $18 \times 18$ ,  $12 \times 6$  и  $18 \times 6$  м – для производств, выпускающих изделия средние и крупногабаритные с объемным, но легким оборудованием.

Здания большой гибкости – сетка колонн  $24 \times 6$ ,  $30 \times 6$ ,  $36 \times 6$  м (здания с межферменными этажами).

### **Конструктивные решения**

Сборные железобетонные конструкции многоэтажных зданий рассчитаны на два типа нагрузки на междуэтажное перекрытие:

- под малую нагрузку на перекрытие – до 12,5 кПа;
- под большую нагрузку на перекрытие – 25 кПа .

Конструктивные решения зданий с малой нагрузкой на междуэтажные перекрытия изложены в п. 1.6 (см. рис 1.25, 1.26).

В зданиях с большими нагрузками на перекрытие до 25 кПа сетка колонн  $6 \times 6$ ,  $6 \times 9$ ,  $6 \times 12$  м. Высоты этажей с вертикальными модулями 600 и 1200 мм до 7,2 м и с высотой 8,4 м для верхнего этажа с пролетом 18 м. Ширина здания – до 60 м. Колонны имеют более мощные консоли, на которые опираются ригели междуэтажных перекрытий высотой 800 мм таврового сечения с полками понизу для опирания плит перекрытий ребристых  $1500 \times 6000$  мм и высотой ребра 400 мм.

Вертикальные диафрагмы жесткости устанавливаются через 18 м, они представляют собой железобетонные стенки толщиной 140 мм, в верхней части которых имеются консоли для опирания плит перекрытий.

### **Монолитные каркасы многоэтажных зданий**

Монолитные каркасы многоэтажных зданий выполняют с:

- поперечными рамами и продольными второстепенными балками;
- продольными рамами и поперечными второстепенными балками.

Объемно-планировочные параметры монолитных каркасов унифицируют в соответствии с действующей модульной координацией размеров в строительстве. Пролеты рам 6, 9, 12 м, этажность – до 9 этажей, ширина здания от 18 до 60 м. Многоэтажные здания строят с монолитными междуэтажными перекрытиями (пункт 1.3) с унифицированными



конструктивными элементами: колонны от 300×300 до 400×800 мм, главные и второстепенные балки имеют отношение ширины сечения к высоте 1:2 или 1:3; ширина от 150 до 500 мм, высота от 300 до 1000 мм; подколонники от 900×900 до 1200×2700 кратно 300 мм. Подошва фундамента от 1500×1500 до 6000×7200 мм (рис. 2.22).

### **Преимущества и недостатки применения сборных и монолитных каркасов промышленных зданий**

Сборные железобетонные конструкции каркасов наилучшим образом соответствуют требованиям индустриализации и сокращения сроков строительства. Строительство ведут круглый год без существенного удорожания в зимний период.

Недостатки:

- характерна линейная унификация и отсюда – упрощённые формы зданий;
- необходимо строительство заводов сборного железобетона;
- немалые расходы идут на транспортировку и монтаж.

Монолитные железобетонные каркасы обеспечивают наибольшую жёсткость каркаса в условиях высоких динамических нагрузок, сеймики или когда их параметры отличаются нестандартностью и полностью отсутствует возможность применения сборных конструкций.

Отечественный и зарубежный опыт показал:

- а) монолитное строительство дешевле, так как все работы выполняют непосредственно на строительной площадке, что не требует строительства заводов ЖБК;
- б) можно сокращать сроки строительства при использовании прогрессивных технологий с применением скользящих или объёмно-переставных щитовых опалубок, средств механизации по подаче и уплотнению бетона;
- в) здания обладают лучшими эстетическими качествами, можно придавать им разнообразные архитектурные формы.

Недостаток – заметные дополнительные расходы на их возведение в зимнее время (обогрев бетона при твердении), что увеличивает сроки строительства.

Сборно-монолитные каркасы – это рациональное сочетание сборных и монолитных элементов, при котором обеспечивается их работа как единого

целого (целесообразно при реконструкции, пристройках или в условиях сейсмике).

Этажерки представляют собой многоэтажные каркасные здания без стен. Для некоторых производств технологическое оборудование частично или полностью можно располагать вне зданий, на открытых площадках, когда перепад температур окружающей среды не имеет существенного значения для производства или на автоматизированных производствах с малой численностью обслуживающего персонала (например, предприятия строительных материалов, асфальтобетонные заводы, нефтеперерабатывающие, газоочистительные установки др.).

По расположению – наружные и внутренние (в зданиях павильонного типа);

- по этажности – низкие до 5 этажей и высокие – более 5 этажей (стальные этажерки могут иметь высоту до 100м);
- по способу возведения стационарные и сборно-разборные;
- по материалу каркаса – сборные железобетонные, монолитные и стальные.

Чаще всего применяют стальные этажерки. Объемно-планировочные параметры: сетка колонн 6×6 м; 6×4,5 м; 6×9 м; 4,5×9 м и др.; высота этажа 4,8 м, для первого – может быть 7,2 м. Колонны – из прокатных или сварных двутавров; ригели из прокатных двутавров или швеллеров; перекрытия – сборные железобетонные плиты или стальные листы.

Достоинства применения стальных открытых этажерок:

- снижение стоимости на 10 – 15% по сравнению с закрытым зданием;
- сокращение сроков строительства;
- то же, сроков монтажа оборудования;
- создание условий для рационального расположения оборудования на сложном рельефе местности;
- снижение эксплуатационных расходов;
- облегчение реконструкции;
- уменьшение пожаровзрывоопасности, доступ к очагам пожара.

Недостатки – защита от коррозии, утепление технологического оборудования.

## Иллюстрация к разделу 2.12

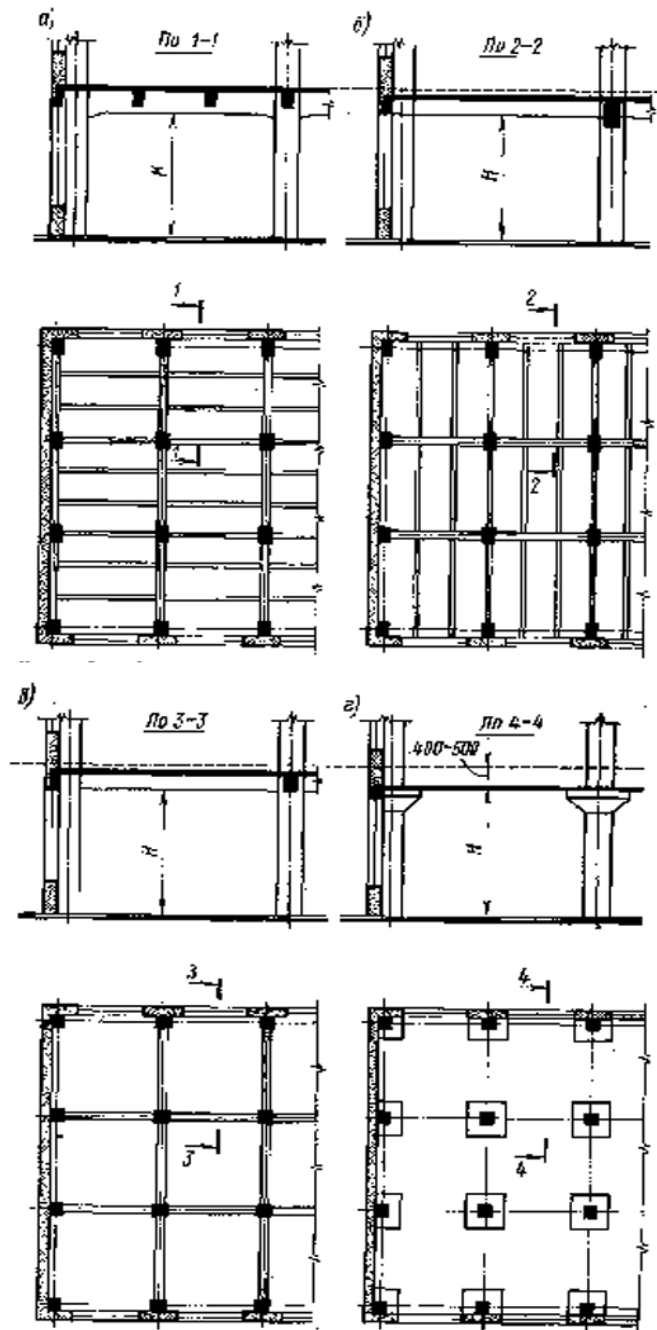


Рис.2.22. Схемы монолитных железобетонных каркасов:

а – с поперечными главными рамами; б – то же, продольными;  
 в – с плитами, опертыми по контуру; г – с безбалочными перекрытиями

### **Библиографический список**

1. ФЗ № 123 (редакция от 29.07.2017 г.) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности зданий и сооружений.
2. ГОСТ 28984-2011. Модульная координация размеров в строительстве. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2013.
3. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. – М.: Минрегион России, 2012.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012.
5. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: МЧС РФ

### **Рекомендуемая литература**

1. Архитектура, строительство, дизайн / А.Г. Лазарев [и др.]. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009.
2. Дятков С.В. Архитектура промышленных зданий и сооружений / С.В. Дятков. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 480 с.
3. Маклакова Т.Г. Архитектура гражданских и промышленных зданий / Т.Г. Маклакова. – М.: Ассоциация строительных вузов, 2008.
4. Пономарев В.А. Архитектурное конструирование / В.А. Пономарев. – М.: Архитектура-С, 2008.
5. СП-31-102-99. Требования доступности общественных зданий и сооружений для инвалидов и других маломобильных посетителей.
6. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. – М.: Минрегион России, 2010.
7. СП 18.13330.2011 Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80. – М.: Минрегион России, 2011.
8. Трепененков Р.И. Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий / Р.И. Трепененков. – Самара: ООО «Прогресс», 2006.



9. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений / И.А. Шерешевский. – М.: «Архитектура-С», 2016.



