Содержание

Предисловие 5
Введение 6

1 Здания из крупных блоков 8
1.1 Типы крупных блоков и конструктивные схемы крупноблочных зданий 8
1.2 Конструктивные элементы и узлы соединения 15
1.3 Крыши крупноблочных зданий 18

2 Деревянные здания из крупных элементов 20
2.1 Каркасно-обшивные и каркасно-щитовые дома 20
2.2 Щитовые дома 24

3 Крупнопанельные здания 28
3.1 Конструктивные схемы современных крупнопанельных зданий 28
3.2 Особенности конструктивно-планировочной структуры крупнопанельных зданий. Схемы опирания конструктивных элементов 30

4 Конструктивные элементы бескаркасных крупнопанельных зданий 35
4.1 Фундаменты 35
4.2 Внутренние стены бескаркасных зданий 41
4.3 Конструкции междуэтажных перекрытий 43
4.4 Конструкции стыков внутренних несущих стен и панелей перекрытия 47
4.5 Конструкции наружных стен и соединений 50
4.5.1 Несущие и самонесущие панели наружных стен 51
4.5.2 Стыки несущих и самонесущих панелей 53
4.6 Конструкции крыши 59

5 Каркасные крупнопанельные здания 71
5.1 Общие сведения 71
5.2 Материалы каркасных зданий 75
5.3 Сборный железобетонный унифицированный каркас 76
5.4 Стальные каркасы многоэтажных гражданских зданий 83
5.5 Фундаменты каркасных зданий 86
5.6 Навесные панели каркасных зданий. 87
5.6.1 Типы ненесущих (навесных) панелей 87
5.6.2 Конструкции навесных стеновых панелей 91

6 Здания из объемных блоков 95
6.1 Метод объемно-блочного домостроения 95
6.2 Классификация конструкций блоков 95

6.3 Развитие объемно-блочного домостроения 102
6.4 Конструктивные схемы объемно-блочных зданий 104
6.5 Прочие элементы объемно-блочных зданий 108

7 Индустриальное возведение зданий из монолитного железобетона 111
7.1 Классификация методов возведения зданий из монолитного железобетона 112
7.2 Возведение монолитных зданий методом бетонирования горизонтальных и вертикальных конструкций в неподвижной опалубке (объемной переставной или крупнощитовой) 112
7.3 Возведение монолитных зданий методом бетонирования вертикальных конструкций в подвижной (скользящей) опалубке, горизонтальных – в неподвижной опалубке или с применением сборных железобетонных перекрытий 114
7.4 Возведение монолитных зданий методом подъема перекрытий 116
7.5 Возведение сборно-монолитных зданий методом бетонирования в скользящей или неподвижной опалубке ядер жесткости и выполнение остальных конструкций здания из сборных элементов в виде связевого каркаса 118
7.6 Возведение зданий висячей конструкции 119
7.7 Конструктивные схемы зданий из монолитного железобетона 121
7.8 Стены и перегородки 121
7.9 Перекрытия 122

8 Плоскостные большепролетные конструкции покрытий 123
8.1 Общие сведения 123
8.2 Стальные балки и фермы 126
8.3 Железобетонные балки и фермы 127
8.4 Деревянные балки и фермы 128
8.5 Рамы 129
8.6 Арки 131

9 Пространственные большепролетные конструкции перекрытий 132
9.1 Плоские складчатые покрытия 132
9.2 Оболочки одинарной кривизны 133
9.3 Оболочки двоякой кривизны 135
9.4 Висячие (вантовые) конструкции 141
9.5 Пневматические конструкции 145

Заключение 148
Библиографический список 149

Предисловие

Учебное пособие по дисциплинам "Архетектура гражданских и промышленных зданий и сооружений", "Архитектура" предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным специальностям 270102, 270104, 270105, 270106, 270115. Содержание и последовательность изложения в пособии соответствует программам этих специальных дисциплин и требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированного специалиста 270100 "Строительство".

Пособие ориентировано на изучение конструкций, наиболее широко применяемых в строительстве жилых и общественных зданий из индустриальных сборных элементов заводского изготовления. Особое внимание уделено современным конструкциям полносборных зданий, используемых в крупнопанельном, каркасно-панельном, крупноблочном и объемно-блочном строительстве. В нем также приведены основные конструктивные решения большепролетных покрытий общественных зданий и методы индустриального домостроения из монолитного железобетона.

Введение

Особенностью гражданского строительства во второй половине XX века стала его беспрецедентная массовость, вызванная бурным развитием городов в большинстве развитых стран. Массовость определила необходимость ускорения темпов строительства, снижение его стоимости и трудоемкости. Строительство гражданских зданий осуществлялось преимущественно индустриальными методами, основанными на максимальной оптимизации производственных процессов.

Индустриализация осуществлялась двумя путями. Первый – переносом большинства операций в заводские условия: изготовлением укрупненных сборных элементов с высоким уровнем заводской готовности на механизированных или автоматизированных линиях, а затем – механизированным монтажом этих элементов на строительной площадке. Второй – сохранением всех или почти всех производственных операций на постройке со снижением их трудоемкости за счет применения механизированного производственного инструмента (скользящая, объемная или плоская инвентарная переставная опалубка, бетононасосы, бетоноукладчики и др.). В бывшем СССР за основу был принят первый путь. Он обеспечивал экономичность, снижение трудоемкости строительства, улучшение условий труда рабочих за счет выполнения большей части операций в строительных, защищенных от атмосферных воздействий производственных условиях.

Второй путь индустриального возведения гражданских зданий – из монолитных железобетонных конструкций был экономически равноценен полносборному строительству и в то же время способствовал архитектурному разнообразию как зданий в отдельности, так и застройки в целом. Монолитное домостроение явилось ценным дополнением к полносборному при решении социальных и архитектурно-композиционных задач.

И заводское, и построечное изготовление конструкций (в индустриальной опалубке) предъявляли к проектированию специфические требования по унификации параметров зданий и их элементов, путем устранения функционально неоправданных различий между ними. Она способствовала единообразию и сокращению количества основных объемно-планировочных размеров зданий (высот этажей, пролетов в перекрытии, размеров оконных и дверных проемов и др.) и, как следствие, единообразие размеров и форм конструктивных элементов и форм для их изготовления в условиях заводского производства или индустриальной опалубки при построечном. Обеспечивая массовость и однотипность конструктивных элементов, унификация способствовала экономической рентабельности их механизированного изготовления.

В последние десятилетия гражданское строительство в РФ претерпело значительные изменения. В первую очередь это связано с повсеместным применением монолитного железобетона, особенно при строительстве многоэтажных жилых зданий. Совершенствовались и методы индустриального

строительства полносборных зданий. Получили дальнейшее развитие внедрение новых строительных материалов, новых технологий строительного производства, работы по унификации, типизации и стандартизации строительных изделий, элементов зданий.

Задачи строителей на сегодня стоят в ускорении научно-технического прогресса, основанного на новых технологиях прогрессивных научно-технических достижениях, экономичных проектных решениях и т.п. Решению этих задач во многом будет способствовать профессиональная творческая деятельность будущего инженера-строителя, так как именно эта деятельность связана с зарождением проекта нового здания или сооружения, и с его воплощением в натуре.

1 ЗДАНИЯ ИЗ КРУПНЫХ БЛОКОВ

1.1 Типы крупных блоков и конструктивные схемы крупноблочных зданий

К крупноблочным относятся здания, стены которых монтируют из искусственных камней большого размера, называемых крупными блоками и имеющих плотность единицы изделия до 3 т, а иногда и более. В таких зданиях крупные размеры имеют не только элементы стен, но и другие части здания (например перекрытия, перегородки, лестницы и др.). Монтируют элементы крупноблочных зданий с помощью монтажных механизмов (обычно башенных кранов). Уложенные в перевязку блоки образуют достаточно устойчивую и жёсткую конструкцию стены.[1]

Крупные блоки различают по назначению, конструкции, форме и по материалу из которого они выполнены.

По назначению блоки делят на три группы: фундаментные, стеновые и специальные.

Фундаментные блоки выполняют в основном несущие функции; их размеры, форма и материал определяются конструктивными и монтажными требованиями.

Стеновые блоки наружных стен помимо несущих выполняют ограждающие функции, которые обуславливают подход к решению их конструкции и формы, а также к выбору их материала, т.е. здесь учитывается температура (t^o_H) и влажность (φ_H, %) наружного воздуха, полезные нагрузки, ветровые нагрузки и т.п.

К специальным блокам относятся вентиляционные и коммуникационные блоки, блоки стен лестничных клеток, а также блоки особой формы (карнизные, цокольные, угловые и др.).

Поскольку каждый блок представляет собой часть стены, его конструкция должна отвечать всем предъявляемым к ней требованиям, т.е. прочности и устойчивости, теплозащиты, долговечности и т.п. При этом решение должно быть наиболее технически и экономически целесообразным.

По материалам крупные блоки делятся на бетонные, силикатные и кирпичные.

Бетонные блоки изготовляются из крупнопористого бетона, из бетона с лёгкими заполнителями (шлак, керамзит и др.) и из ячеистых бетонов (пенобетон, газобетон).

---

[1] Эти признаки отличают крупноблочную конструкцию стен зданий от крупнопанельной.

Силикатные блоки – из плотной известково-песчаной массы. Применяются также более лёгкие силикатные блоки из пеносиликата. Для изготовления кирпичных блоков используется обыкновенный, эффективный или силикатный кирпич, а также керамические блоки.

Крупные блоки наружных стен могут быть сплошными и с пустотами (рис. 1.1).

Сплошные блоки (рис. 1.1, а) наиболее просты в техническом отношении и изготовляются из материалов с объёмным весом, не превышающим 1600 кг/м³.

Для облегчения блоков и повышения их теплотехнических качеств в них устраивают пустоты, могущие иметь круглую, сегментную и щелевидную формы (рис. 1.1, б-г). Такие пустоты, равномерно распределённые по сечению блока, могут уменьшить его вес на 30 % без существенного снижения прочности.

Наряду с однородными изготовляются и неоднородные (слоистые) крупные блоки. К таким блокам относятся блоки с термовкладышами из малотеплопроводных материалов, расположенных в два ряда со смещением, необходимым для перекрытия «мостиков» холода (рис. 1.1, д). Дальнейшим развитием этой конструкции является коробчатый блок с тонкими железобетонными стенками из тяжёлого бетона и заполнением из теплоизоляционных материалов (рис. 1.1, е).

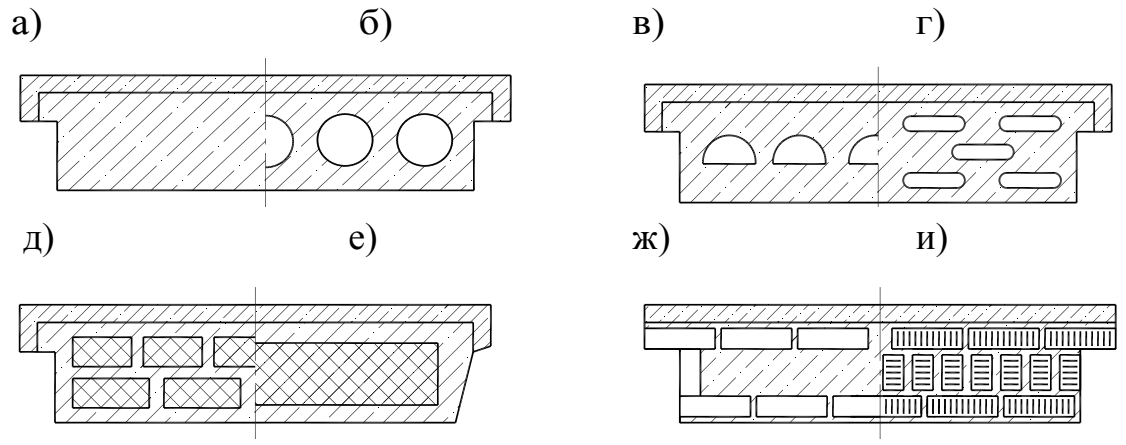


Рис. 1.1. Конструктивные схемы крупных блоков наружных стен:
а – сплошной легкобетонный блок; б, в, г – с пустотами различной формы; д – блок с крупными термовкладышами; е – блок с заполнением из теплоизоляционных материалов; ж – кирпичный блок с легкобетонным заполнителем; и – блок из эффективного кирпича.

Возможны и другие конструкции крупных блоков. Например, в настоящее время также применяют двухслойные блоки, состоящие из слоя крупнопористого бетона толщиной 240 мм, плотностью до 1800 кг/м³ и слоя газобетона толщиной 120мм, плотностью 700÷800 кг/м^3. В таком блоке первый слой в основном выполняет несущие функции, а второй – теплоизоляционные.

Крупные кирпичные блоки объёмом до 1 м³ и плотностью до 3 т, изготовляют заранее на строительной площадке или на кирпичном заводе. Основной формой крупного кирпичного блока (рис. 1.1, ж; и) является параллелепипед с четвертями, расположенными так, что при укладке в стену четверти соседних блоков образуют колодцевые пазы, заполняемые кирпичным боем и затем заливаемые раствором.

По конструкции кирпичные блоки делятся на сплошные и облегчённые (рис. 1.1, ж; и).

Для повышения прочности в кирпичные блоки иногда вводится стальная арматура.

Для изготовления кирпичных блоков следует применять лёгкий кирпич (дырчатый, щелевой). В блоках наружных стен толщиной 380 мм наравне с лёгким допускается применять и полнотелый кирпич. При толщине стен 640 мм использовать сплошной кирпич для изготовления блоков запрещается. При отсутствии легкого кирпича для блоков наружных стен рекомендуется применять облегчённую кладку (рис. 1.1, ж; и).

Блоки внутренних несущих стен делаются однородными, сплошными из прочного бетона (рис. 1.2, а). Иногда они делаются и с пустотами, которые используются как вентиляционные. Блоки внутренних стен можно изготовлять и из сплошного кирпича.

Специальные блоки – вентиляционные, коммуникационные и т.п. изготовляют из прочного бетона и армируют сеткой (рис. 1.2, б; в).

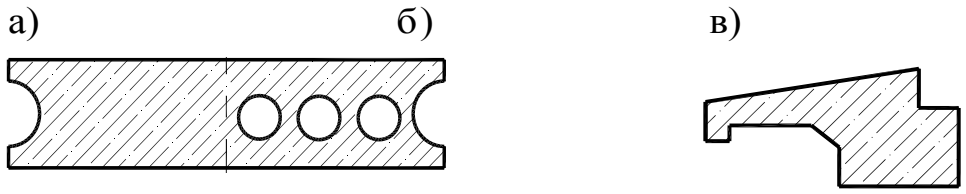


Рис. 1.2. Виды крупных блоков внутренних стен и специальные блоки:
а – сплошной бетонный блок; б – вентиляционный блок; в – карнизный блок.

Каналы в блоках делаются прямоугольными или чаще круглой формы диаметром 130÷140 мм с толщиной стенки, отделяющей их от наружной поверхности блока не менее 60 мм. В зависимости от толщины блока расположение каналов может быть однорядное и двухрядное (рис. 1.2, б).

При необходимости блоки с однорядным расположением каналов могут устанавливаться рядом (с зазором между блоками 20мм) и соединяться сваркой закладных деталей, образуя как бы блок с двухрядным расположением каналов.

Крупные бетонные и кирпичные блоки могут использоваться для устройства как несущих, так и самонесущих стен.

Из-за целесообразности использования высоких прочностных качеств блоков, крупноблочные здания делают почти исключительно с несущими стенами.

Выбор конструктивной схемы крупноблочного здания зависит от его планировочного решения, этажности и ряда других факторов.

Конструктивные схемы крупноблочных жилых зданий аналогичны схемам обычных зданий с продольными и поперечными несущими стенами и с неполным каркасом, также поперечным или продольным (рис. 1.3).

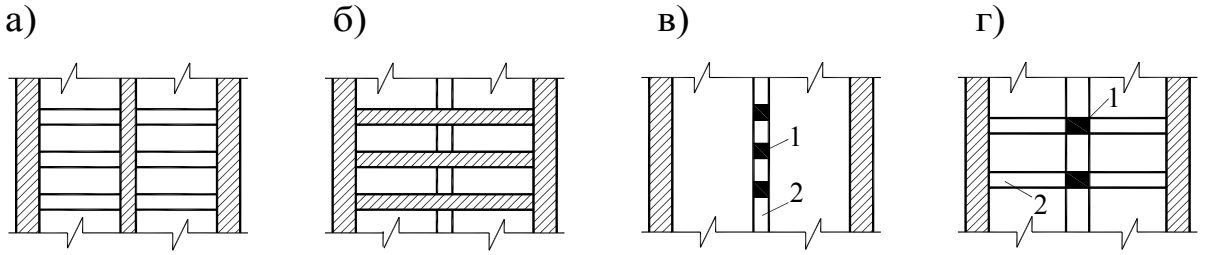


Рис. 1.3. Конструктивные схемы крупноблочных зданий:
а, б – соответственно с продольными и поперечными несущими стенами; в, г – соответственно с продольным и поперечным каркасом; 1 – колонна, 2 – ригель.

Схемы с продольными и поперечными несущими стенами, а также с продольным неполным каркасом (рис. 1.3, а; б; в) позволяют сократить число типоразмеров крупных блоков и получить перекрытия с ровной нижней поверхностью, при которой допустима любая расстановка перегородок.

В схеме с поперечным неполным каркасом (рис. 1.3, г) при малом шаге опор (2,4÷3,2 м) хотя и достигается некоторое облегчение перекрытий, но ригели, выступающие из их нижней плоскости, связывают планировочное решение квартир, так как перегородки должны быть, как правило, установлены под ними.

Конструктивная схема с крупным шагом поперечных несущих стен или столбов (4,5÷6,0 м) (рис. 1.3, б; г) даёт большую свободу в планировке. Она целесообразна в зданиях небольшой длины, например в односекционных домах башенного типа. В зданиях большой протяжённости при этой схеме продольные наружные стены являются самонесущими. Поэтому блоки для этих стен целесообразно делать предельно лёгкими, увеличивая их размеры для полного использования грузоподъёмности кранов.

При решении вопроса о применении внутреннего каркаса или несущих стен предпочтение следует отдавать стенам, так как в этом случае при небольшом проигрыше в затрате материалов и выходе жилой площади требуется меньшее количество типоразмеров сборных элементов и упрощается их монтаж.

Кроме того, такое решение в большей степени обеспечивает общую пространственную жёсткость здания.

К изложенному о конструктивных схемах зданий следует ещё добавить, что в настоящее время более распространена конструктивная схема зданий из крупных блоков с наружными и внутренней продольной несущими стенами (рис. 1.3, а). Эта схема позволяет применять для устройства перекрытий однотипные железобетонные крупноразмерные настилы, элементы которых укладывают поперёк здания, опирая их на наружные и внутреннюю продольную стены.

Разрезкой называется система раскладки блоков в вертикальной плоскости стен. Разрезка определяет размеры блоков, согласуемые с грузоподъёмностью подъёмно-транспортных механизмов.

Важным условием при установлении разрезки является обеспечение минимального количества типоразмеров блоков и простота их формы. Для возможно более полного использования грузоподъёмности механизмов необходимо стремиться к тому, чтобы вес основных типов блоков был одинаков.

Наиболее целесообразной разрезкой стен является двухрядная, при которой по высоте этажа дома укладываются два ряда блоков (рис 1.4, а). В наружных стенах нижний ряд образует простеночные блоки, нижняя плоскость которых находится на уровне перекрытия, а верхняя совпадает с верхом оконных проёмов; верхний ряд образует перемычечные блоки, опирающиеся на простеночные и перекрывающие оконные проёмы. В промежутке между простеночными устанавливают подоконные блоки.

На участках глухих стен (внутренних и наружных) перемычечным блокам соответствуют поясные, а простеночные ставятся вплотную друг к другу.

Если по условиям технологии производства блоков или ограничения грузоподъёмности механизмов невозможно применение крупных простеночных блоков, то их членят на два или три одинаковых по высоте блока меньших размеров, и разрезка соответственно становится трёхрядной или четырёхрядной (рис. 1.4, б; в)[1]. При указанных системах разрезки стен один горизонтальный стык блоков (с внутренней их стороны) совпадает с уровнем перекрытия и закрывается конструкцией пола. Возможны и другие системы разрезки стен.

При двухрядной разрезки вес наиболее крупных простеночных блоков, как правило, не превышает 3 т, что отвечает грузоподъёмности широко применяемых в практике строительства башенных кранов.

Толщина наиболее распространённых однородных сплошных блоков, назначаемая по теплотехническим требованиям, обеспечивает необходимую прочность наружных стен пяти – девятиэтажных зданий.

---

[1] Четырёхрядную разрезку применяют в тех случаях, когда грузоподъёмность монтажного крана мала – не превышает 1,5 т.

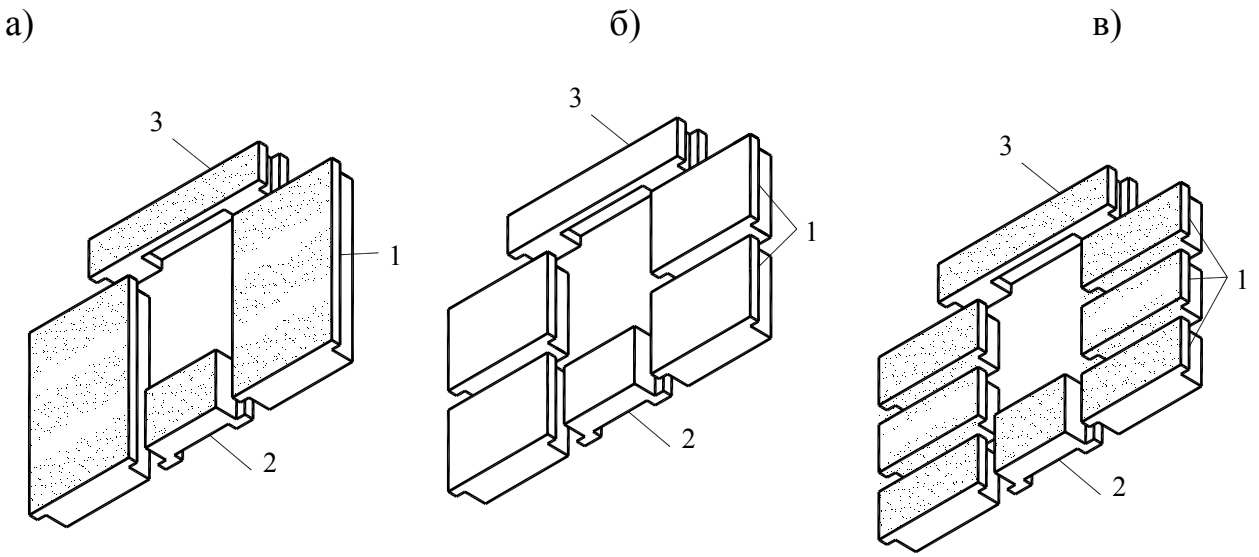


Рис. 1.4. Виды "разрезок" крупноблочных стен:
а – двухрядная; б – трёхрядная; в – четырёхрядная; 1 – простеночный блок; 2 подоконный блок; 3 – перемычечный блок

Разрезка стен лестничных клеток отличается некоторыми особенностями. Для опирания лестничных площадок на поперечные стены предусматриваются специальные блоки с гнёздами. Если в стенах лестничной клетки располагаются вентиляционные каналы, применяются также специальные санитарно-технические блоки при двурядной или однорядной (т. е. на полную высоту этажа) разрезке. При расположении окон лестничной клетки в одном уровне с другими окнами междуэтажная площадка лестницы пересекает окно, что создаёт неудобства в его эксплуатации и портит интерьер лестницы.

Расположение окна между площадками усложняет разрезку наружных стен, нарушает единый ритм членений фасада и увеличивает количество типоразмеров блоков (рис. 1.5).

Для гражданского строительства с целью унификации Госстроем РФ была разработана единая номенклатура крупных блоков.

Номенклатурой предусматриваются однородные сплошные легкобетонные блоки для домов с высотой этажа 2,8 м. Вертикальные и горизонтальные размеры блоков увязаны с другими крупноэлементными унифицированными элементами здания (перегородками, перекрытиями, окнами и т.п.).

При двухрядной разрезке стен, (наиболее распространённой в жилищном строительстве) номинальные размеры элементов следующие: высота простеночного блока равна 2,2 м, ширина 1,0÷1,8 м (с кратностью 200 мм);

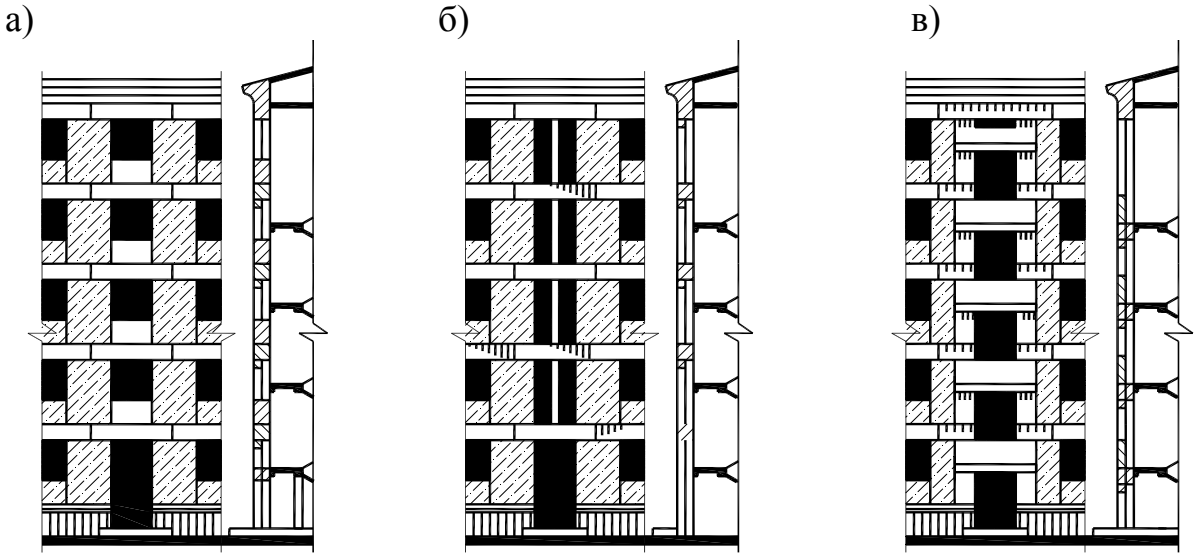


Рис. 1.5. Варианты разрезки на блоки наружной стены лестничной клетки:
а, б – расположение окон лестничной клетки с другими окнами в одном уровне (междуэтажная площадка лестницы пересекает окно); в – расположение окна между площадками лестницы (нарушен единый ритм членения фасада и увеличивается количество типоразмерных блоков)

– высота перемычечного блока равна 0,6 м, ширина 2,0÷3,2 м (с кратностью 400 мм);
– высота подоконных блоков 0,84 м и ширина 1,0÷2,0м (с кратностью 200 мм);
– высота вертикальных блоков внутренних стен – 2,2 м (такая, как и простеночного блока наружной стены), а ширина 1,2; 1,6 и 2,4 м;

При четырёхрядной разрезке номинальная высота простеночных блоков для жилых домов принята 0,8 и 0,7 м (0,8+0,7+0,7 = 2,2 м). Другие размеры элементов такие же, как и при двухрядной разрезке.

Номинальные горизонтальные размеры блоков кратны 200 мм (при толщине шва 20 мм).

Толщина блоков установлена кратной 100 мм. Для блоков наружных стен в зависимости от теплотехнических требований она может быть 400, 500 и 600 мм. Для блоков внутренних стен предусмотрена толщина 300 мм. Однако для многоэтажных зданий (девять и более этажей) толщина блоков может быть и больше в зависимости от требуемой их несущей способности.

В качестве основной системы разрезки наружных стен из крупных кирпичных блоков принята трёхрядная.

Номенклатурой, утверждённой Госстроем РФ, предусмотрены следующие размеры кирпичных блоков для жилищного строительства: толщина блоков 380, 510 и 640 мм, высота простеночных блоков 1090 мм, подоконных 815 мм, перемычечных 580 мм, ширина принимается различная в зависимости от грузоподъёмности блоков и кратности кирпича.

1.2 Конструктивные элементы и узлы соединения

Большинство блоков имеют простую форму с четвертями для установки оконных и дверных коробок и для устройства вертикальных стыков между блоками. Поскольку простеночные блоки работают на сжатие, то они, как правило, не армируются (рис. 1.6, а-в).

Более сложны по форме перемычечные блоки. Кроме четвертей на боковых плоскостях они имеют четверти на нижней плоскости, используемые для установки оконных или дверных коробок, и на верхней плоскости для опирания плит перекрытия (рис. 1.6, г; д). Поскольку эти блоки работают на изгиб, они армируются и изготовляются из бетона высоких марок. Для обеспечения связи друг с другом и перекрытием в них предусматриваются стальные закладные детали.

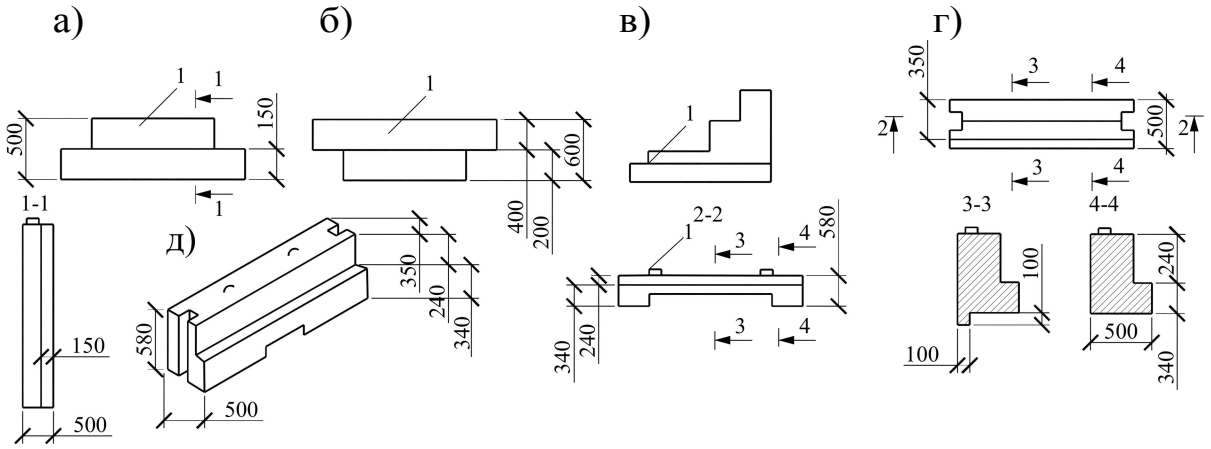


Рис. 1.6. Основные типы крупных блоков стен жилых зданий:
а – простеночный блок наружной стены; б – то же, подоконный; в – угловой; г – перемычечный блок (виды: сбоку, сверху, сечения); д – общий вид перемычечного блока; 1 – петля монтажная

Крупные блоки устанавливают на цементном растворе.[1] Вертикальные швы также заделывают тщательно раствором и проконопачивают пеньковой паклей.[2]

Применяют два вида вертикальных стыков: закрытые и открытые (с внутренней стороны), рис. 1.7.

Закрытые стыки образуются при стыковании блоков внутренних стен, при стыковании горизонтального перемычечного ряда наружных стен, а также простеночных и подоконных блоков (рис. 1.7, а; б).

---

[1] Горизонтальные швы выполняют только на цементном растворе, так как горизонтальная плоскость блоков ровная, без каких-либо выступов и впадин.

[2] Особенно тщательной заделки требуют вертикальные швы в наружных стенах, так как повреждение стыка нарушит температурно-влажностный режим жилого помещения. Во внутренних стенах тщательная заделка швов необходима для обеспечения звукоизоляции ограждений.

Вертикальные стыки с обеих сторон предварительно проконопачивают пеньковой паклей или просмоленным жгутом и затем зачеканивают на глубину 20÷30 мм густым цементным раствором.

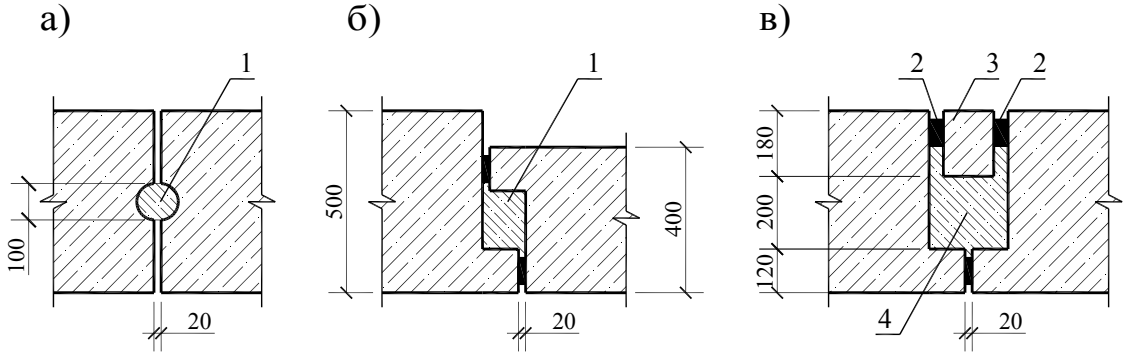


Рис. 1.7. Решения вертикальных стыков крупноблочных стен:
а – закрытый стык блоков внутренних стен; б – то же, простеночных и подоконных блоков; в – открытый стык блоков наружных стен; 1 – цементный раствор; 2 – канопатка и зачеканка; 3 – бетонный вкладыш; 4 – лёгкий раствор

Открытые стыки получаются в результате сопряжения простеночных блоков, установленных рядом (рис. 1.7, в). Шов стыка также проконопачивают пеньковой паклей и зачеканивают цементным раствором, а затем открытый с внутренней стороны стык заделывают специальными бетонными вкладышами (или кирпичом) и образовавшийся колодец тщательно заполняют лёгким бетоном.

Вместо конопатки стыка паклей или жгутом в настоящее время для уплотнения стыка применяют жгуты из пороизола, проклеиваемого на мастике "изол".[1]

При проектировании крупноблочных зданий весьма существенным является обеспечение их пространственной жесткости. Она в значительной мере зависит от принятой конструктивной схемы. Наиболее распространенная в крупноблочном строительстве эта схема с несущими продольными стенами. Применение крупноэлементных перекрытий из железобетонных настилов (обычно используются настилы толщиной 220 мм) образуют жесткие горизонтальные диски, которые, соединяясь со стенами, образуют достаточно жёсткий остов здания. Необходимым условием при этом является наличие надёжных конструктивных связей стыков блоков: в местах примыкания внутренних стен к наружным, в углах здания, а также с перекрытиями. В этих же целях крупные блоки стен устанавливают в перевязку.

Для обеспечения пространственной жёсткости здания перемычечные и поясные блоки соединяют между собой накладками, из по-

[1] Пороизол представляет собой эластичный пористый герметизирующий материал, изготовляемый в виде брусков сечением 30х40 мм или 40х40 мм или жгута диаметром от 10 до 60 мм, приклеиваемого на мастики «изол».

лосовой стали, на уровне каждого этажа, приваренными к монтажным петлям или к специальным закладным стальным деталям (рис. 1.8, а).

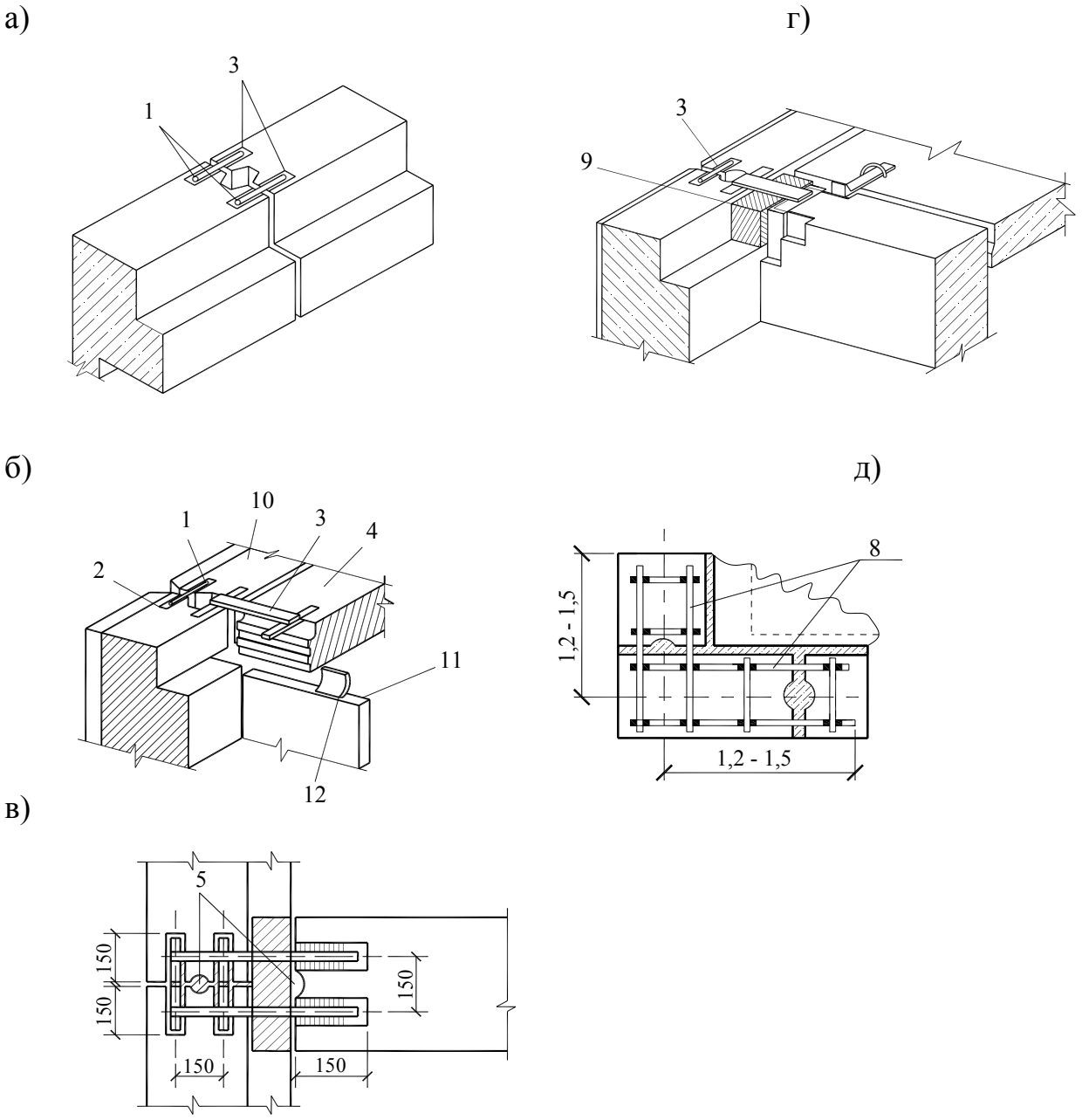


Рис. 1.8. Детали устройства связей в соединениях крупноблочных стен:
а – связь 2-х перемычных блоков; б – связь перекрытий со стенами; в – связь наружных и внутренних стен; г – то же с применением железобетонной шпонки; д – связь поверху перемычных блоков в наружном углу; 1 – накладка из стальных стержней; 2 – закладные детали; 3 – накладки из стальных пластин; 4 – панель перекрытия; 5 – омоноличивание по месту бетоном; 6 – простеночный блок; 7 – стальная закладная пластина; 8 – сварной каркас из полосовой стали; 9 – железобетонная шпонка; 10 – перемычечный блок; 11 – перегородка; 12 – анкер перегородки

Важную роль в обеспечении жёсткости здания выполняет связь перекрытий со стенами с помощью стальных полосок – анкеров, кото-

рые приваривают к закладным деталям перемычечных блоков и монтажным петлям панелей перекрытия (рис. 1.8, б).

Продольные и поперечные стены связывают с помощью сварных соединений из полосовой стали (рис. 1.8, в), прокладываемых в горизонтальном шве по верху перемычечного блока и блока поперечной стены. Однако практика строительства крупноблочных зданий показала, что при этом способе сопряжения в месте примыкания поперечных стен к продольным иногда появляются трещины.

Эти трещины, хотя и не очень ослабляют прочность и устойчивость всего здания, но недопустимы, так как ухудшают его эксплуатационные качества. Поэтому в каждом этаже в местах сопряжения продольных и поперечных стен рекомендуется закладывать помимо стальных анкеров железобетонные шпонки (рис. 1.8, г), которые воспринимают возможные усилия среза, возникающие вследствие разности напряжений в примыкающих стенах. Кроме того, в фундаментах рекомендуется устраивать армированные растворные пояса, которые также предотвращают возникновение указанных выше трещин.

В наружных узлах по верху перемычечных и поясных блоков помимо связей, привариваемых к монтажным петлям (рис 1.8, д), укладывают специальные угловые связи из круглой стали.

1.3 Крыши крупноблочных зданий

При проектировании крупноблочных зданий, особенно в последние годы, широко применяются совмещённые крыши (бесчердачные покрытия); они являются более прогрессивными и индустриальными по сравнению с чердачными крышами. Совмещённые покрытия делятся на невентилируемые и вентилируемые (посредством устройства продухов и каналов). Подробнее о конструировании совмещённых покрытий будет дано в разделе «Крупнопанельные здания». К изложенному следует еще добавить, что совмещённые невентилируемые покрытия устраиваются в основном в зданиях высотой до четырех этажей, а в зданиях большей этажности устраиваются совмещенные вентилируемые покрытия. Это связано с тем, что в зданиях пяти и более этажей часто устраивается верхний технический этаж для размещения служб водоснабжения и отопления, которые создают в помещении повышенный влажностный режим (разводка и распределительный бак системы горячего водоснабжения, распределительный бак системы водяного отопления). Более того, в техническом этаже устраивается машинное отделение лифтов.

Крупноблочное домостроение даёт большой экономический эффект по сравнению со строительством из мелких элементов. Трудоёмкость на монтажной площадке по сравнению с кирпичным строитель-

ством уменьшается в 3÷4 раза, что способствует резкому сокращению сроков строительства.

Стоимость 1м² жилой площади в крупноблочных домах ниже, чем в кирпичных, однако в ряде случаев эта разница не столь велика из-за относительно высокой стоимости самих крупноразмерных элементов.

Вместе с тем, имеются возможности для снижения их стоимости путём усовершенствования технологии изготовления блоков, использования местных строительных материалов, эффективных утеплителей и т.п.

Важнейшим условием снижения стоимости крупноблочного домостроения является также укрупнение и облегчение элементов стен и повышения степени их заводской готовности. Естественным дальнейшим развитием крупноблочного строительства является строительство из крупных панелей и объёмных элементов, которое в наибольшей степени отвечает условиям современного индустриального домостроения.

2 ДЕРЕВЯННЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ КРУПНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

2.1 Каркасно-обшивные и каркасно-щитовые дома

Каркасные дома имеют достаточно высокую степень сборности и в значительной степени отвечают задачам индустриализации строительства.

Каркас этих зданий представляет собой жёсткий остов, который по его возведении заполняется ограждающими элементами.

Деревянные каркасы заводского изготовления собираются из однотипных деталей (стоек, ригелей, обвязок и т.п.) смонтированных в относительно крупные элементы – рамы. На строительной площадке из этих рам монтируется каркас здания в целом. Благодаря этому значительно снижается трудоемкость и сокращаются сроки строительства.

В современном строительстве применяются два типа каркасов:

– с поэтажными стойками;
– со сквозными стойками (рис. 2.1).

Каркасы с поэтажными стойками (или так называемые платформенные каркасы) состоят из стоек верхней и нижней горизонтальных обвязок. Стойки опираются на нижние обвязки и связываются поверху верхними обвязками.

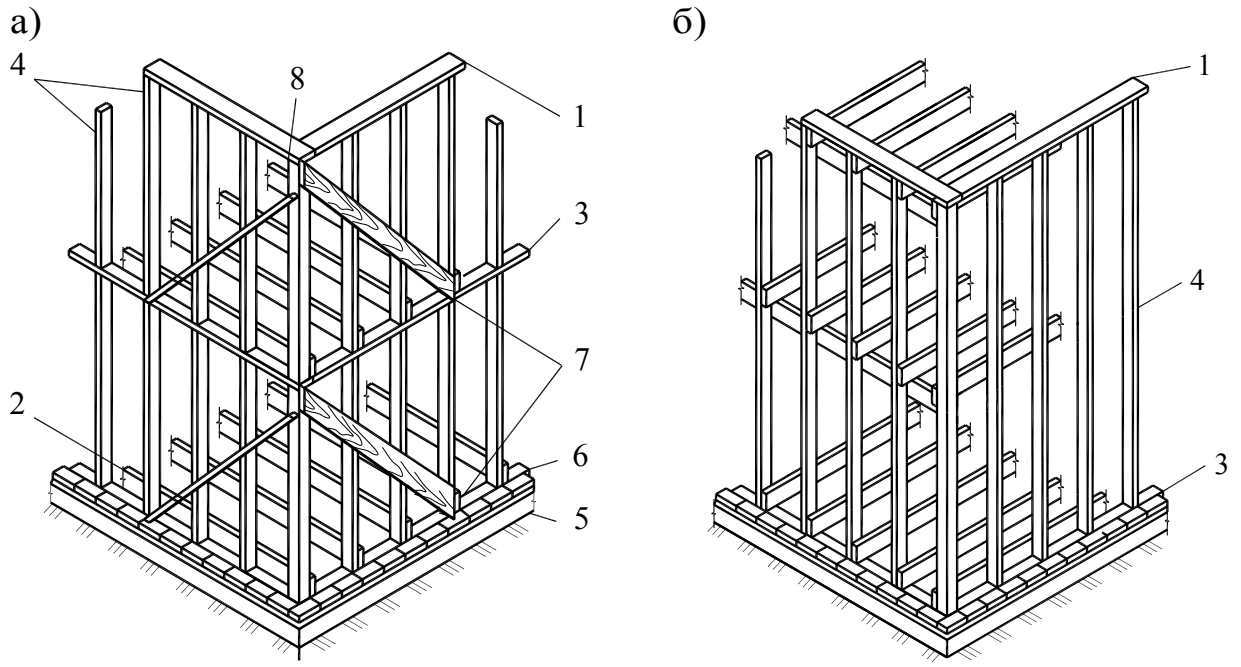


Рис. 2.1. Типы каркасных сборных домов:
а – с поэтажными стойками; б – со сквозными стойками; 1, 3, 6 – обвязки – верхняя, нижняя, междуэтажная – 2(50 х 50); 2 – балки 50 х 200; 4 – стойки 50 х 100; 5 – цоколь (каменный); 7 – раскосы 25 х 150; 8 – угловая стойка 2(50 х 100)

Нижние обвязки являются одновременно опорами для балок перекрытий на каждом этаже.

В каркасах со сквозными двухэтажными стойками стойки связываются нижними, междуэтажными и верхними обвязками. Эти обвязки в виде доски на ребро служат и опорой для балок перекрытия.

Наиболее распространены платформенные каркасы, как более удобные в изготовлении и монтаже. Кроме того, в этом случае из одних и тех же элементов можно возводить одноэтажные и многоэтажные дома.

Так как каркас состоит из большого количества элементов, соединённых между собой простейшим способом – на гвоздях, при проектировании необходимо обратить особое внимание приданию ему необходимой жёсткости. Необходимо также учитывать особые свойства древесины (возможность коробления, загнивания и др.) и обеспечить в связи с этим благоприятные условия работы всех элементов каркаса.

Обвязки обычно делаются из брусков (100×100, 120×180 или 150×150 мм) или парных досок (50×100 мм), угловые стойки – из парных досок общим сечением 100×100 мм; рядовые стойки – из досок 50×100 мм; балки перекрытий чаще всего имеют сечения 50×100 мм, 50×150 мм или 50×180 мм.

Для обеспечения жёсткости и неизменяемости каркаса между стойками вводятся раскосы или, поскольку раскосы затрудняют заполнение утеплителем, производится косая наружная обшивка.

Балки перекрытий ставятся на обвязки у стоек.[1]

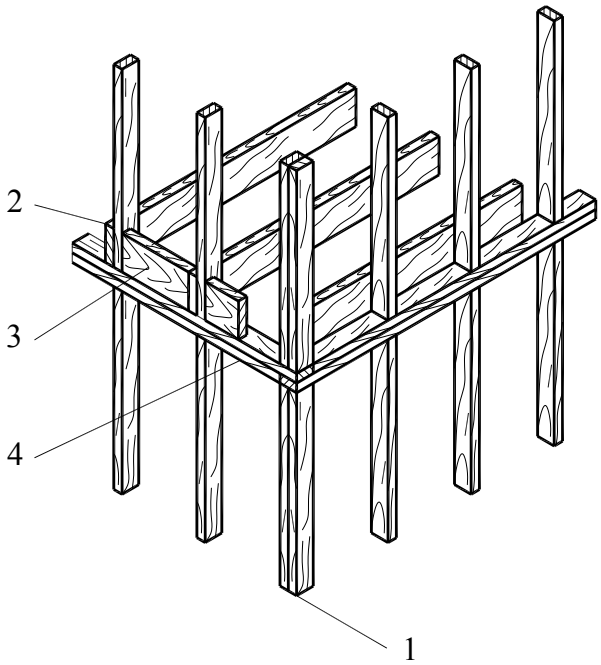
Расстояния между стойками выбираются с учётом размеров плитных теплоизоляционных материалов (обычно в пределах 600÷1000 мм). Между стойками и балками на уровне обвязок вводятся дощатые распорки (рис.2.2). Оконные и дверные коробки устанавливаются между стойками каркаса. Поэтому их размеры должны быть увязаны с шагом стоек. Если окно шире этого шага, стойка вырезается и в каркас вводятся горизонтальные элементы (ригели), образующие проём (рис.2.3).

Стены деревянных каркасных домов могут быть каркасно-обшивными, с рулонным или плитным утеплителями, и каркасно-щитовыми.

В качестве рулонных утеплителей применяют шевелин или соломенный войлок, в качестве плитного – фибролит, древесно-волокнистые плиты (оргалит), минераловатные плиты, торфоплиты, соломит, камышит и т.п.

а) б)

[1] Здесь речь идёт о домах с поэтажными схемами. В домах со сквозными стойками для опирания балок по стойкам наружных и внутренних стен тоже прибивается обвязка. Разница в работе обвязок такова, что на первые опираются стойки и балки, а на вторые только балки.



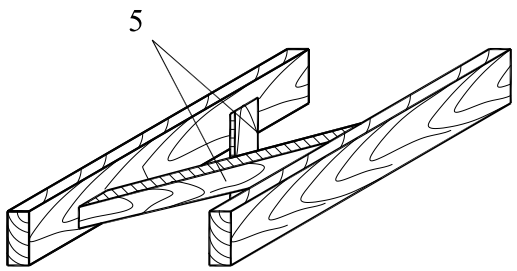


Рис. 2.2. Детали каркасного дома с поэтажными стойками:
а – укладка балок перекрытия; б – устройство распорок между балками; 1 – угловая стойка 2 (50х100); 2 – балки 50х200; 3– закладная доска; 4 – обвязка 2 (50х100); 5 – распорки 50х75 в середине пролёта балки

С внутренней стороны каркас обшивается тёсом, фанерой или сухой штукатуркой. Под обшивкой прокладывается слой пароизоляции (рулонный материал или алюминиевая фольга, которая, как сказано выше, одновременно улучшает теплотехнические качества стены).

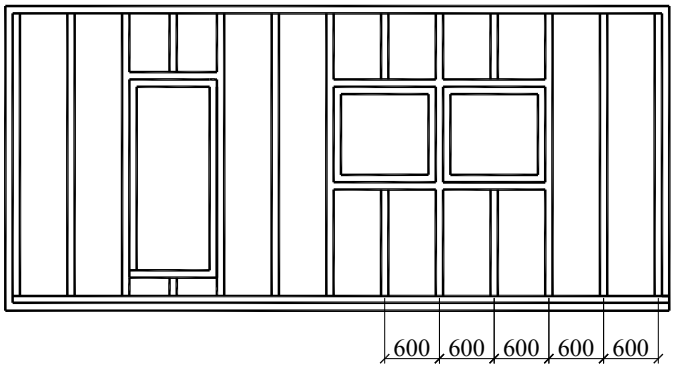


Рис. 2.3. Устройство оконных и дверных проемов в каркасной стене

С наружной стороны каркаса делается косая (под углом 45°) обшивка из нестроганных досок. По обшивке укрепляется, для предупреждения продувания стены, листы картона. По картону устраивается лицевой слой в виде обшивки из тонких досок внахлёстку или в шпунт из асбестоцементных плиток, древесноволокнистых водоустойчивых плит или водостойкой фанеры.

В каркасно-щитовых конструкциях пространство между стойками каркаса заполняется готовыми щитами заводского изготовления. Применение щитов резко снижает трудоёмкость монтажа по сравнению с каркасно-обшивными стенами и повышает качество здания (рис.2.4).

Высота щитов делается равной расстоянию между нижней и верхней обвязками каркаса. Щит состоит из обвязок, расположенных по его контуру (рамы), внутренней и внешней обшивок, между которыми ставится утеплитель. Рама делается из брусков или досок, ширина которых должна быть равна ширине стоек каркаса. Утеплитель должен быть по возможность лёгким (из лёгких плит, рулонных материалов или из оргалита с воздушными прослойками). Внутренняя обшивка щитов может быть из тонких досок (16 мм) по слою пароизоляции, из водостойкой фанеры или слоистого пластика. Наружная обшивка делается также из тонких досок по слою строительного картона, соединённых в шпунт или внахлёстку.

а) б)

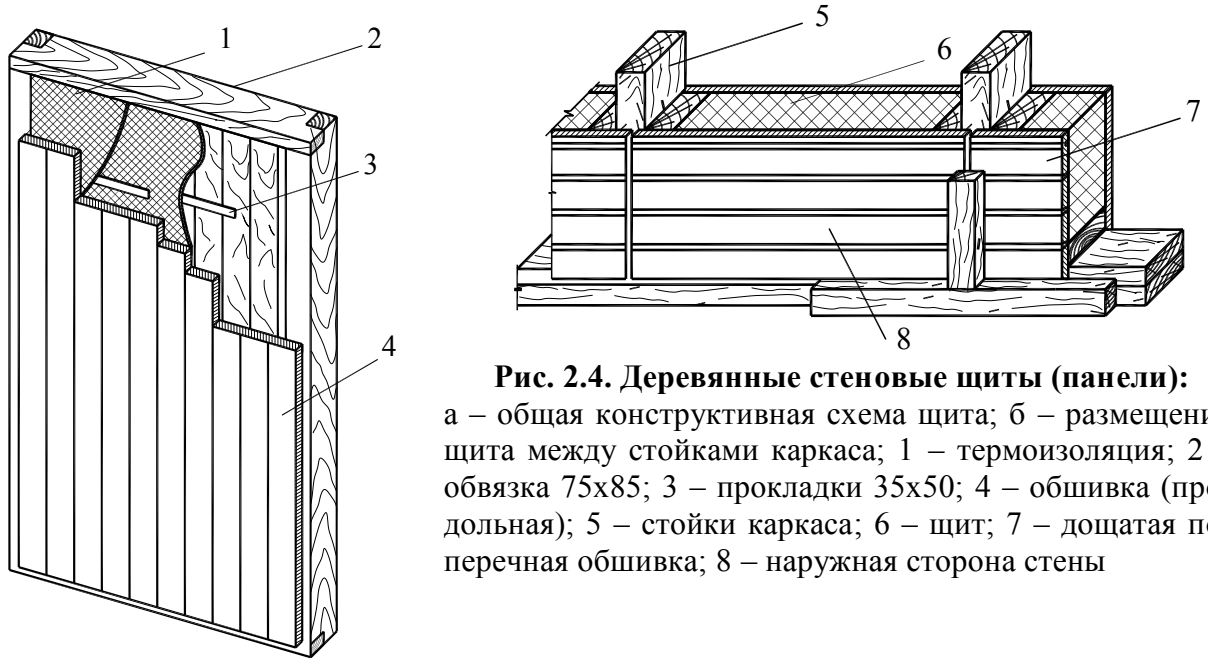


Рис. 2.4. Деревянные стеновые щиты (панели):
а – общая конструктивная схема щита; б – размещение щита между стойками каркаса; 1 – термоизоляция; 2 – обвязка 75х85; 3 – прокладки 35х50; 4 – обшивка (продольная); 5 – стойки каркаса; 6 – щит; 7 – дощатая поперечная обшивка; 8 – наружная сторона стены

Наружную обшивку выпускают за рамы щита для образования четверти, которая закрывает сопряжение щита со стойками и обвязками. Снаружи и изнутри места стыкования щитов закрываются нащельниками (рис.2.4, б).

Для устройства окна в каркас вставляется оконная коробка, бруски которой прибиваются к стойкам. Между вершинником коробки и ригелем для предупреждения передачи нагрузки от каркаса на коробку оставляется зазор – 10 мм. Зазоры между коробкой и элементами каркаса проконопачиваются и закрываются нащельниками. Снаружи к коробке прикрепляется отливная доска, а с внутренней стороны – подоконная доска.

Для домов каркасно-щитовой конструкции предусматриваются специальные щиты с оконными или дверными проёмами. В этих случаях коробка крепится к обвязкам щита.

Междуэтажные (и нижние) перекрытия состоят из балок, между которыми укладываются готовые щиты наката. Накат собирается из щитов, которые делаются из брусков толщиной 50 мм. Щиты своими поперечными брусками укладываются на черепные бруски балок. Поверх наката укладываются плиты утеплителя или засыпка.

Потолок образуется путём обшивки перекрытия снизу фанерой или сухой гипсовой или органической штукатуркой.

Чердачное перекрытие имеет конструкцию, аналогичную междуэтажному, но поверх наката под утеплителем устраивается пароизоляция, а пол не делается.

Стропила опираются на мауэрлатный брус, уложенный по верхней обвязке. Карнизный свес образуется выпуском концов стропильных ног.

Конструкции полов, крыш, лестниц и других элементов каркасных зданий не имеют специальных различий от описанных ранее, в курсе "Конструкции гражданских зданий из мелкоразмерных элементов".

2.2 Щитовые дома

Щитовые бескаркасные конструкции деревянных сборных домов являются наиболее индустриальными. Они позволяют все строительные процессы на площадке свести к немногочисленным операциям по монтажу укрупнённых элементов, дополняемых лишь незначительным количеством доделочных работ.

Основной конструктивной и сборочной единицей в щитовых домах являются деревянные щиты, применяемые для устройства стен, перекрытий и других конструктивных элементов здания.

Щитовые бескаркасные конструкции пригодны для небольших одноэтажных зданий.

В щитовом доме стена может быть образована вертикальными или горизонтальными щитами.

При вертикальной схеме (рис.2.5) требуется четыре типа щитов, причём все стыки между щитами располагаются вертикально; при горизонтальной схеме число типов щитов равно восьми и часть стыков между щитами расположена горизонтально.

Горизонтальные стыки хорошо уплотняются под влиянием веса выше расположенных щитов, но требуют дополнительных мероприятий для предупреждения затекания в них воды.

Из-за меньшего количества типоразмеров щитов, их общего меньшего количества и однотипности, а также надёжности стыков, предпочтение отдаётся вертикальной схеме.

а)

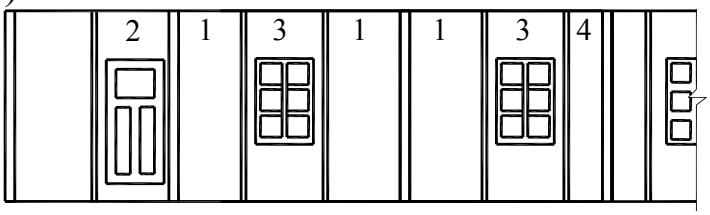
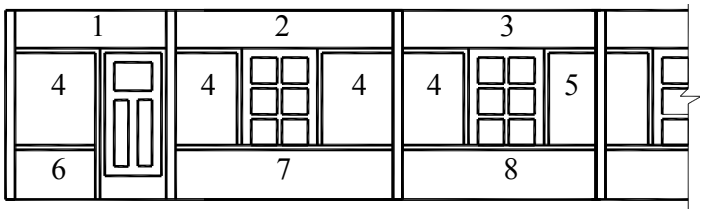


Рис. 2.5. Схемы разрезки деревянной щитовой стены (дома щитовой конструкции):
а – при вертикальных щитах; б – при горизонтальных щитах

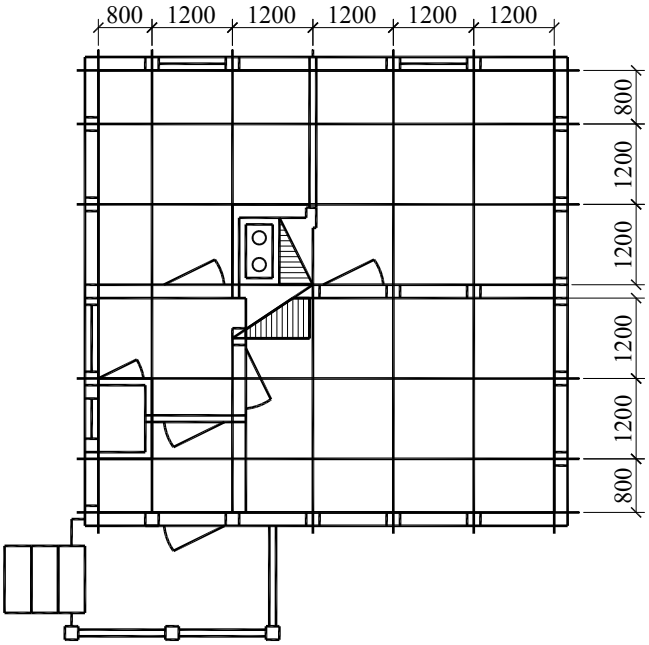
б)



Щиты внутренних стен изготавливаются без теплоизоляционных слоев с одинаковой обшивкой с двух сторон.

При проектировании щитового дома одной из важных задач является достижение минимального количества типоразмеров щитов. Поэтому проектирование ведётся на основе модульной разбивочной сетки (рис.2.6). Из рисунка видно, что для наружных применены только три типа щитов (глухой, с окном и дверью).

а)



б)

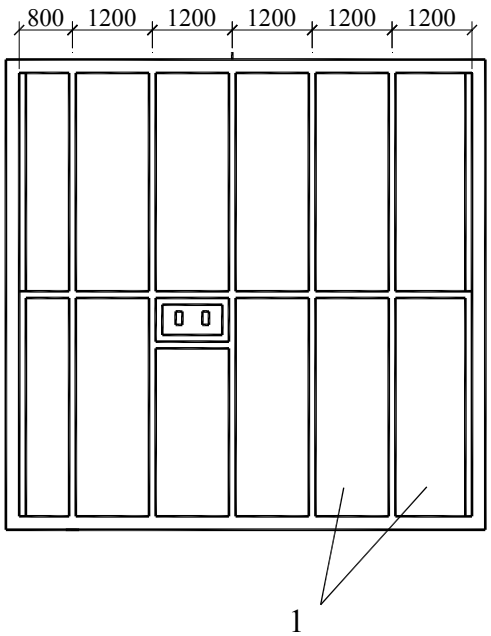


Рис. 2.6. Разбивочная схема плана одноквартирного деревянного щитового дома:
а – план раскладки стеновых щитов; б – то же, щитов перекрытия; 1 – щиты перекрытия

Плотность стыка достигается установкой снаружи и изнутри нащельников, рейки-шпонки, вставляемой в пазы боковых сторон обвязки, вкладышей различных форм, уплотняющих прокладок из упругих материалов и тщательной конопаткой оставшихся после монтажа зазоров.

Угловой стык осуществляется с помощью доборного квадратного бруса, сторона которого равна толщине обвязки щита. При этом с внутренней стороны стык закрывается треугольным бруском.

Размеры щитов принимаются с учётом размеров здания, условий транспортировки и монтажа. При этом имеются в виду обычные транспортные средства (грузовые автомобили, железнодорожные вагоны) и лёгкая механизация при монтаже зданий. Размер щитов по длине принимается равным высоте этажа, т.е. 2,8 ÷ 3м; ширина обычно не превышает 1,2 м; толщина 100 ÷ 120 мм; вес щита не превышает 200 кг.

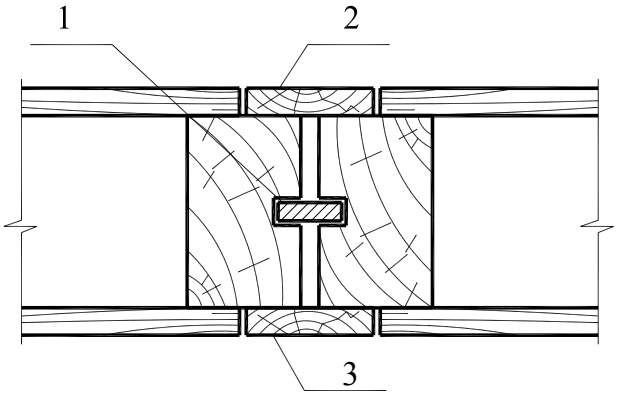


Рис. 2.7. Деталь стыка стеновых щитов:
1 – шпонка; 2 – внутренний нащельник;
3 – наружный нащельник

По своей конструкции щиты близки к щитам, применяемым в каркасно-щитовых зданиях. Однако если в каркасно-щитовых зданиях щит является только ограждающей конструкцией, а функции несущей конструкции выполняет каркас, то в щитовых зданиях щит одновременно является и несущей и ограждающей конструкцией. Поэтому в последнем случае обвязка стенового щита рассчитывается на восприятие нагрузок от других элементов здания (чердачного перекрытия и крыши), т.е. делается более прочной и жёсткой. Для повышения жёсткости обвязки в конструкцию щита часто вводятся средники (2 ÷ 3 по высоте). Внутренняя и наружная обшивки и теплоизоляционные слои делаются из таких же материалов, которые принимаются в каркасно-обшивных и каркасно-щитовых зданиях.

Перекрытия в щитовых домах также делаются щитовой конструкции (рис.2.8), хотя применяются и балочные перекрытия со сборными накатами (как в каркасных зданиях).

Длина щитов перекрытий соответствует, перекрываемому пролёту, а ширина – ширине щитов стен. При назначении толщины щита учитывается его работа на изгиб.

Щиты нижнего и чердачного перекрытий снабжаются теплоизоляцией аналогично стеновым щитам.

Пароизоляционный слой в щитах нижнего перекрытия укладывается под верхним дощатым настилом, а в щитах чердачного перекрытия – поверх нижней обвязки.

В местах опирания стеновых щитов по цоколю укладывается гидроизоляционный слой и цокольная обвязка из бруса и доски. Толщина цокольной обвязки делается равной толщине обвязки щита, а их стык снаружи перекрывается наружной обшивкой щита и специальным отливом.

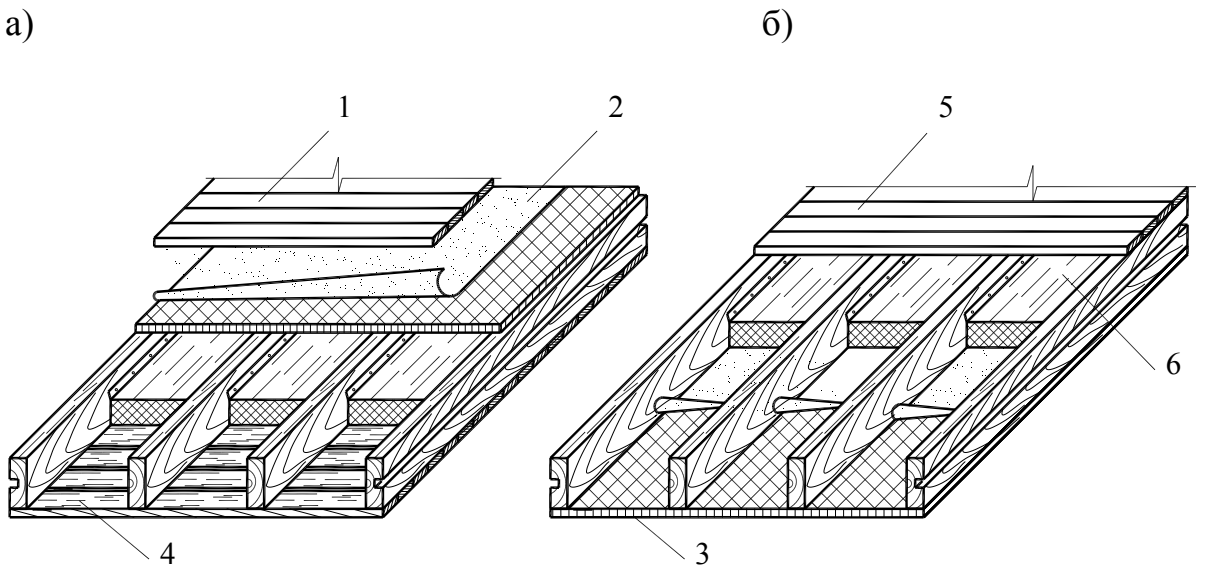


Рис. 2.8. Сборные деревянные щиты перекрытий:
а – нижнего; б – чердачного; 1 – дощатый настил (чистый пол) 22 мм; 2 – пароизоляция; 3 – фанера 6мм; 4 – нижняя дощатая обшивка 16 мм; 5 – верхняя дощатая обшивка 16 мм; 6 – утеплитель

Нижнее перекрытие опирается на доску цокольной обвязки. В этом случае длина щита перекрытия равна расстоянию между щитами несущих стен (в свету).

Возможно опирание наружных стеновых щитов на короткую сторону щита нижнего перекрытия.

Щиты чердачного перекрытия опираются на щиты наружных и внутренних стен и поверху (в плоскости стены) соединяются обвязкой, играющей одновременно роль мауэрлата.

Стропила крыши собираются на месте из отдельных элементов, заготовленных на заводе и сколачиваемых гвоздями. По стропилам укладываются щиты, также заготовленные на заводе и снабженные сплошной или разреженной обрешёткой (в зависимости от материала кровли).

Кровля в индустриальных домах устраивается деревянной, из рубероида, черепицы, волнистых асбестоцементных или металлических листов.

3 КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

3.1 Конструктивные схемы современных крупнопанельных зданий

Различные конструктивные схемы применяются из-за большого разнообразия объёмно-планировочных решений, различного уровня развития промышленности строительных материалов и производства сборных изделий, обеспеченности строек подъёмно-транспортным оборудованием.

По конструктивным схемам крупнопанельные здания подразделяются на здания каркасные, бескаркасные (панельные) и с неполным каркасом.

Каркасные крупнопанельные здания основной несущей конструкцией имеют каркас, состоящий из колонн и ригелей, располагаемых поперёк и вдоль здания.

Важным преимуществом каркасной схемы является разделение функций между несущими колоннами и ограждающими самонесущими стенами. Разделение функции позволяет изготовлять колонны из высокопрочных материалов, а стены – из предельно лёгких материалов.

Каркасная схема обладает универсальностью, что очень важно при унификации конструктивных элементов. В настоящее время разработан унифицированный каталог сборных изделий для строительства жилых и общественных зданий.

К недостаткам каркасной схемы относятся большое количество монтажных элементов, большой расход стали и ухудшенный интерьер помещений из-за выступающих рёбер колонн и ригелей.

Каркасные здания в зависимости от расположения ригелей могут подразделяться на здания с поперечным каркасом, с продольным каркасом, с безригельным решением перекрытия (с опиранием плиты перекрытия на 4 колонны) и пространственным каркасом, когда ригели располагаются в поперечном и продольном направлениях (рис. 3.1, а).

В бескаркасных (панельных) крупнопанельных зданиях основной несущей конструкцией являются наружные и внутренние стены-панели.

Основное преимущество бескаркасной схемы состоит в возможности использования в качестве несущих конструкций наружных и внутренних вертикальных ограждений (стены и перегородки), которые должны отвечать условиям тепло- и звукоизоляции, значительной массой и прочностью. Однако это преимущество относится только к тем зданиям, которые имеют мелкие помещения (жилые дома, гостиницы, палатные корпуса больниц и т. п.). Не случайно эта конструктивная схема считается наиболее экономичной в жилищном строительстве, включая здания повышенной этажности. Бескаркасные крупнопанельные здания, которые могут иметь несколько вариантов расположения несущих панелей (рис 3.1, б):

а) с несущими наружными и несущими внутренними поперечными и продольными стенами (опирание настилов перекрытия производится по контуру), рис. 3.1, б, 1;

б) с несущими наружными стенами и внутренними несущими поперечными стенами (опирание настилов перекрытия производится по трём сторонам), рис. 3.1.б, 2;

в) с несущими наружными и несущими внутренними продольными стенами (опирание настилов перекрытия производится по двум сторонам), рис. 3.1.б, 3.

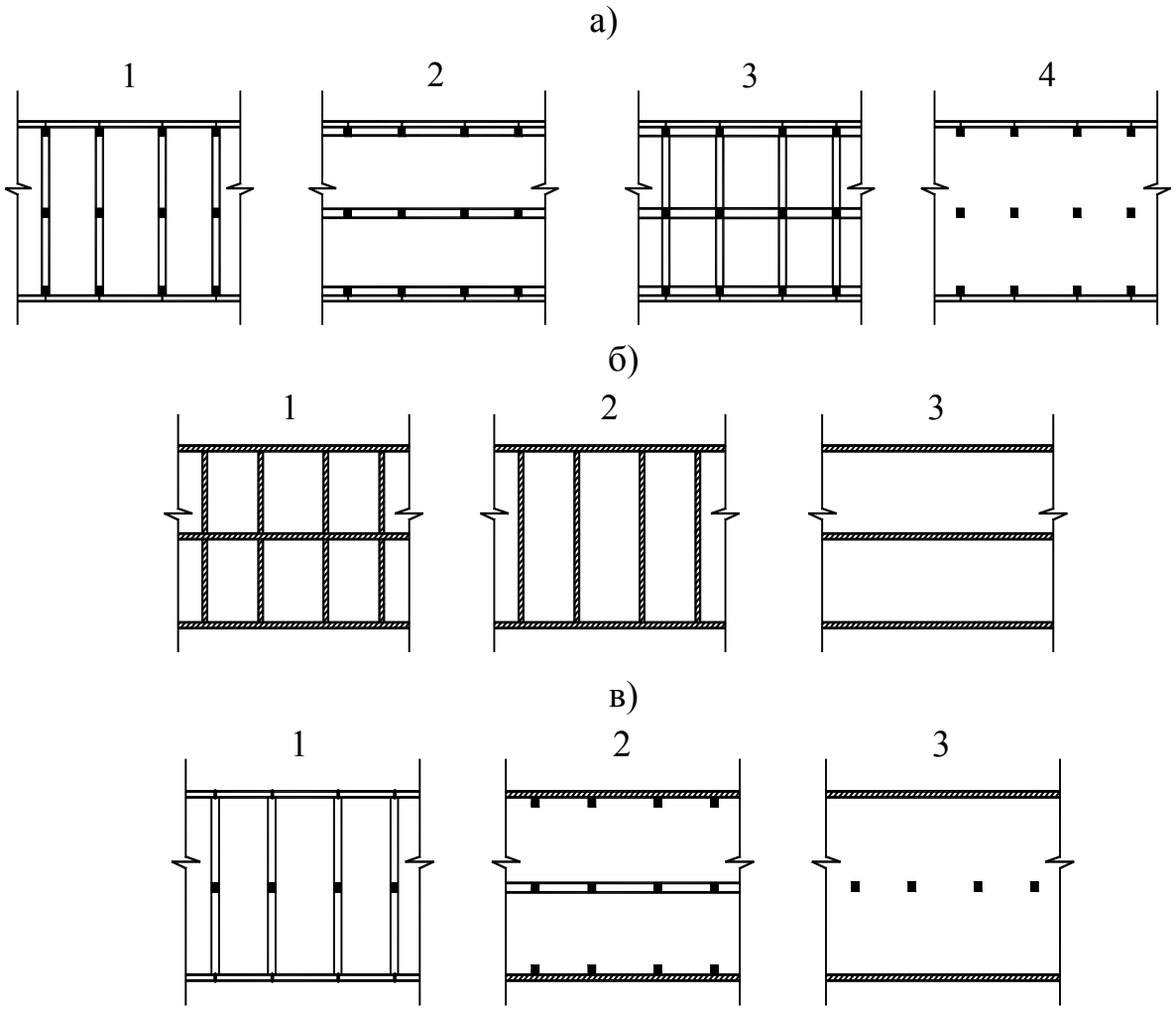


Рис. 3.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий:
а – каркасные: *1* – с поперечным каркасом; *2* – с продольным каркасом; *3* – с пространственным каркасом; *4* – безригельный каркас; *б* – бескаркасные: *1* – с несущими наружными и несущими поперечными и продольными стенами; *2* – с несущими наружными и несущими поперечными стенами; *3* – с несущими наружными и несущими продольными стенами; в – с неполным каркасом: *1* – с несущими наружными стенами и внутренним поперечным каркасом; *2* – то же, с продольным каркасом; *3* – безригельная схема

Крупнопанельные здания с неполным каркасом по своей конструктивной схеме занимают промежуточное положение между каркасной и бескаркасной схемами.

В домах с такой схемой используется несущая способность наружных стен и колонн, расположенных внутри здания в определенном порядке.

В зависимости от расположения в плане несущих и ограждающих элементов эта схема имеет следующие три разновидности (рис. 3.1, в):

а) с наружными несущими стенами и внутренним поперечным каркасом (рис. 3.1, в, 1);
б) с наружными несущими стенами и внутренним продольным каркасом (рис. 3.1, в, 2);
в) безригельная схема (опирание настилов перекрытия здесь производится двумя углами – на две колонны и одной стороной – на наружную стену), рис. 3.1, в, 3.

Эта схема применялась ранее в массовом жилищном строительстве, но не выдержала конкуренции с более рациональными первыми двумя схемами. Существуют и другие конструктивные схемы крупнопанельных зданий как в РФ, так и за рубежом, но они не получили распространения.

3.2 Особенности конструктивно-планировочной структуры крупнопанельных зданий. Схемы опирания конструктивных элементов

В процессе архитектурно-строительного проектирования крупнопанельных зданий решающее значение имеет выбор конструктивно-планировочной структуры, представляющей собой планировочное решение здания, увязанное с его объёмно-пространственной конструктивной схемой.

Конструктивно-планировочная структура здания в первую очередь определяется модульной (разбивочной) сеткой вертикальных опор и их конструктивным решением.

Крупнопанельные здания по принципу конструктивно-планировочной структуры могут быть разделены на две группы (системы)[1].

Первая группа – с поперечными несущими конструкциями в виде несущих панельных стен или стоечно-ригельного каркаса. При поперечных схемах, показанных на рисунке 3.2, элементы перекрытия опираются на поперечные несущие конструкции.

Вторая группа – с продольными несущими конструкциями, аналогичными первой системе. При продольных схемах (рис. 3.3) перекрытия опираются на наружные и внутренние продольные несущие конструкции.

1. Под конструктивной системой следует понимать совокупность решений несущих и ограждающих конструкций; в отличие от конструктивной схемы она более полно характеризует конструктивное решение.

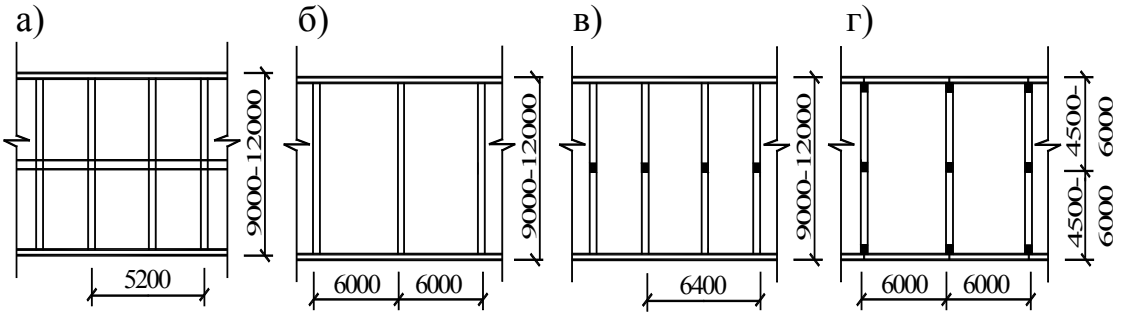


Рис. 3.2. Системы с поперечными несущими конструкциями:
а – с малым поперечным шагом несущих стен и несущими продольными стенами; *б* – с широким поперечным шагом несущих стен; *в* – с наружными несущими стенами и внутренним поперечным каркасом; *г* – с полным поперечным каркасом

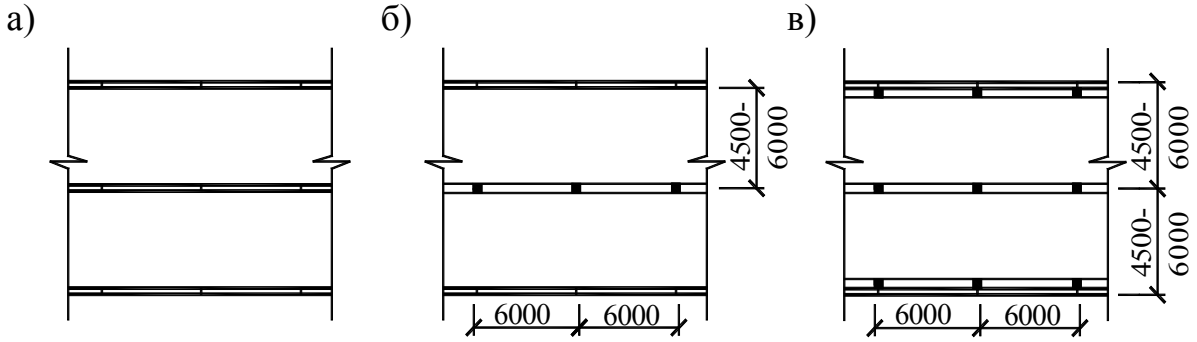


Рис. 3.3. Системы с продольными несущими конструкциями:
а – с продольными несущими стенами; *б* – с наружными несущими стенами и внутренним продольным каркасом; *в* – с полным продольным каркасом

Система с поперечными несущими конструкциями позволяет чётко разграничить элементы здания – на несущие поперечные стены или рамы каркаса и на ограждающие лёгкие наружные навесные панели, при которых размеры оконных проёмов не ограничиваются.

В практике крупнопанельного строительства широко применяется конструктивная схема с поперечными стенами, что объясняется следующими её преимуществами:

1) простотой и технологичностью изготовления сборных крупноразмерных изделий, получаемых в результате чёткого конструктивно-планировочного решения жилых домов с поперечными несущими стенами;
2) разнообразием возможных конструктивных решений наружных стен, которые могут быть несущими, самонесущими или навесного типа;
3) удобством и простотой монтажа крупнопанельных зданий из конструктивных элементов, образующих замкнутые пространственные ячейки.

В крупнопанельном жилищном строительстве применяются два типа схем с поперечными несущими стенами.

Схема с малым шагом поперечных несущих стен, соответствующих ширине комнат и лестничных клеток (шаг на комнату). В крупнопанельных домах с частым расположением поперечных несущих стен обычно применя-

ются два шага размером 2,6 и 3,2 м или один шаг размером 3,2 м. В части типовых проектов 9 ÷ 12-этажных домов размеры между поперечными несущими панельными стенами приняты: 2,7; 3,0 и 3,3м.

Малые пролёты между поперечными несущими перегородками позволяют применять для устройства перекрытий небольшой толщины плоские железобетонные панели, экономичные по расходу материалов затратам труда и стоимости. Недостатком такого решения является то, что при наличии жёсткозакреплённых часто расположенных межкомнатных несущих перегородок исключается вариантная планировка квартир.

Схема с широким большепролётным шагом поперечных несущих панельных стен или колонн и ригелей каркаса даёт возможность размещать между поперечными несущими конструкциями две комнаты (шаг на две комнаты), рис. 3.2, б; г. В крупнопанельных зданиях с широким шагом поперечных стен или колонн каркаса применяется унифицированный шаг размером 6 м, в местах лестничных клеток, как правило, применяется узкий шаг, равный половине большого, т.е. 3 м. В практике крупнопанельного строительства применяется широкий шаг размерами 5,2 и 6,4 м.

Схема поперечных несущих конструкций с широким шагом обеспечивает достаточную вариантность планировки квартир и даёт возможность свободно располагать межквартирные перегородки в пределах между несущими поперечными конструкциями.

К преимуществам бескаркасных крупнопанельных зданий с поперечными несущими стенами относится отсутствие каких-либо конструктивных элементов, выступающих в помещения, а их недостатком является жесткозаданное расположение несущих поперечных стен по основным разбивочным осям, наличие которых даже при широком шаге (размером 6 м) затрудняет устройство больших помещений. Поэтому первые этажи жилых домов с поперечными несущими стенами при необходимости размещения в них торговых предприятий или помещений культурно-бытового обслуживания решаются по каркасной конструктивной схеме.

Система с продольными несущими стенами или продольным каркасом удобна для ряда планировочных решений жилых секций и квартир, так как при этой системе не ограничивается размер квартир и секций по длине здания и обеспечивается свободное размещение межкомнатных перегородок в квартирах. Наличие же средней продольной несущей стены или продольного ригеля несколько ограничивает планировочное решение жилых домов.

Характерная особенность крупнопанельных зданий заключается в том, что при их проектировании возникает противоречие между естественным стремлением к свободе и разнообразию объёмно-планировочного решения зданий, с одной стороны, и требованием сокращения типоразмеров изделий, с другой стороны. Это противоречие в значительно меньшей мере относится к зданиям из мелкоштучных элементов.

При назначении размеров планировочных параметров крупнопанельных зданий, а также конструктивных размеров сборных изделий необходимо

учитывать особенности конструктивного решения узлов опирания элементов перекрытия на несущие конструкции.

Различные способы опирания панелей перекрытия на несущие стеновые панели или ригели, а также опирание ригелей на колонны или стены приводят к тому, что при полной унификации объёмно-планировочных параметров зданий и одной и той же конструктивной схеме сборные изделия имеют различные размеры. Все разнообразные случаи опирания конструкции могут быть приведены к двум принципиальным схемам (рис. 3.4).

Платформенное опирание – когда панели перекрытий укладываются впритык по верхней плоскости несущих стеновых панелей или по верху ригелей, а ригели опираются на торцы колонн. В этом случае перекрытия перерезают вертикальные несущие конструкции (рис. 3.4, а; б; в).

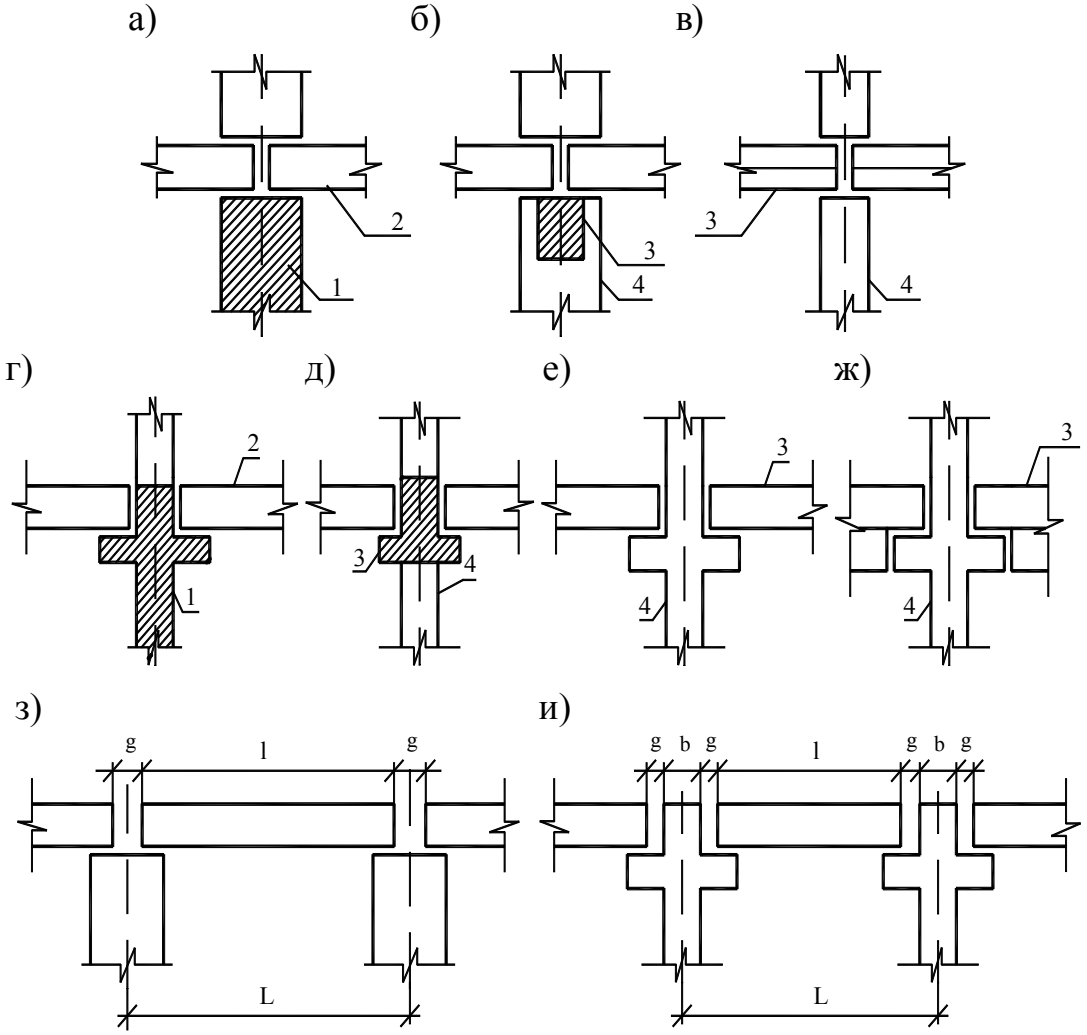


Рис. 3.4. Схема опирания конструктивных элементов:
а – опирание панелей на стены; *б* – то же, на ригели прямоугольного сечения; в – платформенное опирание ригелей на колонны; *г* – опирание панелей на стены с консолями; *д* – опирание панелей на полки ригелей; *е* – опирание ригелей на выступающие консоли; *ж* – то же, на скрытые консоли; *з* – конструктивные длины элементов при платформенном опирании; *и* – то же, при опирании консольного типа; *1* – несущая стеновая панель; *2* – панель перекрытия; *3* – ригель; *4* – колонны

Консольное опирание, когда панели перекрытий укладываются в раздвижку на выступающие консоли из несущих стеновых панелей или на консольные полки ригелей, а ригели опираются на консоли колонн. В этом случае конструктивные элементы не перерезают вертикальные несущие конструкции (рис. 3.4, г – ж).

В практике крупнопанельного строительства применяются обе рассмотренные системы опирания, существенное различие которых заключается в том, что если при платформенной системе цепочки горизонтальных размеров включают конструктивные размеры сборных изделий и зазоры между ними, то при консольной схеме появляется дополнительное слагаемое – толщина несущей стеновой панели, ригеля или колонны (рис. 3.4, з; и).

Одной из наиболее важных проблем в конструкциях крупнопанельных зданий является качественное решение вертикальных стыков между наружными панелями, в которых температурные колебания вызывают знакопеременные усилия. Вследствие этого вертикальные стыки находятся постоянно в движении и попеременно испытывают растяжение или сжатие. Поэтому длина наружных панелей должна назначаться в зависимости от коэффициента линейного расширения материалов, из которых предполагается делать панели, и в зависимости от конструктивного решения вертикальных стыков между панелями, обеспечивающих соответствующую деформативность.

В целях уменьшения возможности образования трещин в наружных крупнопанельных стенах от переменно-действующих температур наружного воздуха установлены допустимые расстояния между температурными швами в зданиях, возводимых в различных климатических условиях, с учётом применяемых материалов для наружных панелей и конструкций связей между ними.

Снижение веса зданий, укрупнение сборных изделий, уменьшение количества узловых соединений сокращает транспортные расходы, трудоёмкость, стоимость и сроки возведения крупнопанельных зданий. Таким образом, для дальнейшего совершенствования крупнопанельного домостроения необходимо расширение производства эффективных тепло-звукоизоляционных, отделочных и герметизирующих материалов, а также развитие производства новых видов конструкций из лёгких бетонов и различных сплавов.

4 КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ БЕСКАРКАСНЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Несущие и ограждающие конструкции полносборных зданий следует проектировать из крупноразмерных унифицированных типовых или стандартных комплексных изделий максимальной заводской готовности. Конструкции должны обладать необходимой прочностью, жёсткостью, устойчивостью, долговечностью и огнестойкостью; должны удовлетворять общим архитектурным, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим и теплотехническим требованиям, а также обладать достаточной звукоизоляционной способностью. Они должны быть экономичными, малой трудоемкости, простыми в изготовлении и удобными при монтаже.

Рассмотрим особенности конструирования основных элементов крупнопанельных зданий:

– фундаменты;
– стены (внутренние и наружные);
– конструкции междуэтажных перекрытий;
– конструкции крыши;
– прочие элементы.

4.1 Фундаменты

В практике массового крупнопанельного строительства бескаркасных зданий используются следующие конструктивные решения фундаментов:

1) блочные (ленточные и прерывистые);
2) крупнопанельные (ленточные и ленточно-столбчатые);
3) свайные;
4) плитные фундаменты в виде ребристых, безбалочных или коробчатых плит.

Для местных и транзитных инженерных сетей и других коммуникаций в жилых домах устраиваются подполья или специальные траншеи (местные заглубления).

Блочные (ленточные и прерывистые) фундаменты[1] рассматривались ранее при изучении курса „Архитектура”.

Крупнопанельные (ленточные) фундаменты выполняются из крупноразмерных элементов – панелей (рис. 4.1).

При конструктивной схеме с поперечными несущими стенами подземную часть выполняют или из панелей сплошного сечения, или из фундаментных рам (рис. 4.1, а), которые устанавливаются на фундаментные блоки – по-

[1] Блочные фундаменты состоят из железобетонных блоков и блоков подушек. При укладке блоков-подушек с промежутками образуются так называемые ленточные прерывистые фундаменты.

душки. В этих случаях следует особое внимание обращать на сопряжение фундаментных рам с цокольными панелями, которые выполняются путём сварки арматурных петель с последующим их замоноличиванием.

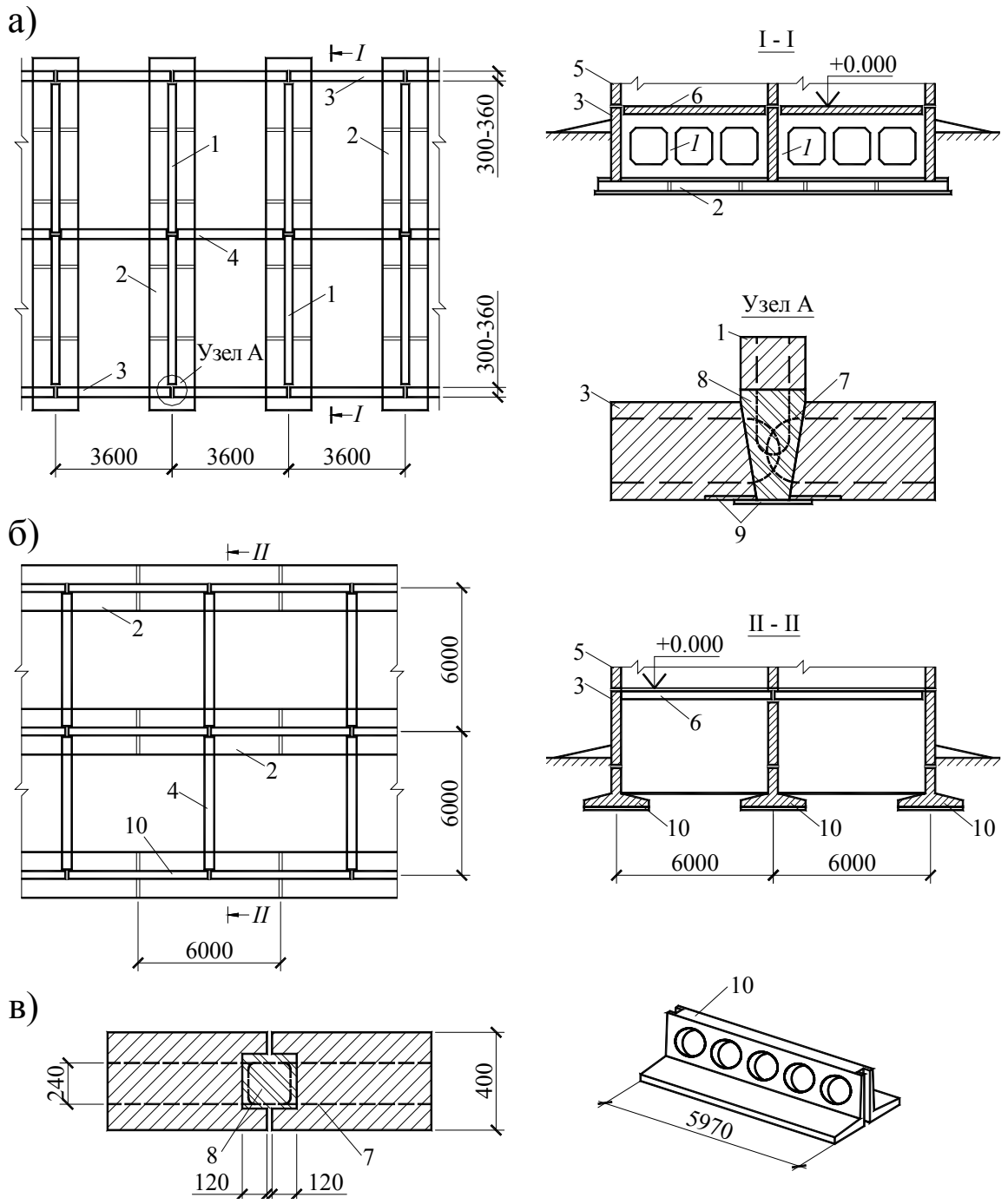


Рис. 4.1. Сборные ленточные фундаменты крупнопанельных зданий:
а – с поперечными несущими стенами; б – с продольными несущими стенами; в – сопряжение фундаментных элементов; 1 – фундаментная рама; 2 – фундаментный блок-подушка; 3 – цокольная панель; 4 – стена жесткости; 5 – стеновая панель; 6 – панель перекрытия; 7 – арматурные петли; 8 – замоноличивание бетоном; 9 – стальная закладная деталь; 10 – крупноразмерный фундаментный элемент

При конструктивной схеме с продольными несущими стенами фундаменты целесообразно выполнять из крупноразмерных фундаментных элементов (рис 4.1, б), которые являются опорами для панелей наружных и внутренних стен. Фундаментные элементы ставятся на тщательно выровненную песчаную подсыпку толщиной 80х100 мм. В продольном направлении эти элементы разбиваются таким образом, чтобы стыки их не совпадали со стыками наружных стен. Фундаментные элементы сопрягаются между собой через арматурные петли, расположенные в торцах, с последующим замоноличиванием бетоном.

Применение ленточных фундаментов (блочных и крупнопанельных) вызывает значительный объём земляных работ, из которых около 25 % приходится выполнять вручную. Стены подполья и фундаменты требуют большого расхода бетона при недостаточном использовании его прочности. Продолжительность работ по устройству нулевого цикла 9-этажного дома при ленточных или столбчатых фундаментах составляет почти половину времени, затрачиваемого на монтаж коробки здания.

Свайные фундаменты. Решению задачи по уменьшению времени на нулевой цикл в наибольшей степени отвечает применение фундаментов из железобетонных свай. Сваи в строительстве используют уже в течение многих лет, однако применялись они главным образом при сложных гидрогеологических условиях.

Теперь речь идёт о массовом применении в гражданском строительстве коротких свай (длиной 3÷7 м) и о замене ими ленточных фундаментов при обычных грунтах. Для устройства фундаментов в здании большой этажности целесообразно использовать специальные сваи-оболочки, рассчитанные на восприятие больших сосредоточенных нагрузок, или монолитные ленточные, перекрёстные или плитные фундаменты.

Исследованиями последних лет установлено, что применение фундаментов с короткими забивными сваями технически и экономически целесообразно не только при неблагоприятных грунтах, но и при обычных сжимаемых грунтах, где нижние концы свай достигают относительно плотных грунтов.

Свайные фундаменты из коротких свай применяют при массовом строительстве не только крупнопанельных зданий, но также крупноблочных и каменных жилых и общественных зданий. Такие фундаменты рекомендуется применять взамен ленточных фундаментов на естественном основании при глубине заложения 1,7÷2м от поверхности планировки. В силу небольшой пространственной жесткости крупнопанельные здания чувствительны к неравномерным осадкам, вследствие чего происходят нарушения соединений в узлах, раскрытие стыков и т.п. Конструктивное решение короткосвайных фундаментов в крупнопанельных зданиях показано на рис. 4.2.

Особенностью новой конструкции свайных фундаментов является исключение поперечных несущих конструкций в пределах технического подполья и расположение ростверков непосредственно под цокольным перекрытием (под полом первого этажа). Такое решение позволило резко уменьшить

объём потребного бетона (рис. 4.2, а). Новым также является однорядное расположение свай под поперечными несущими стенами с шагом 2 ÷ 2,5 м (рис. 4.2, а). По сваям укладывается сборный ростверк, соединённый с оголовками свай через специальную сборно-монолитную подушку.

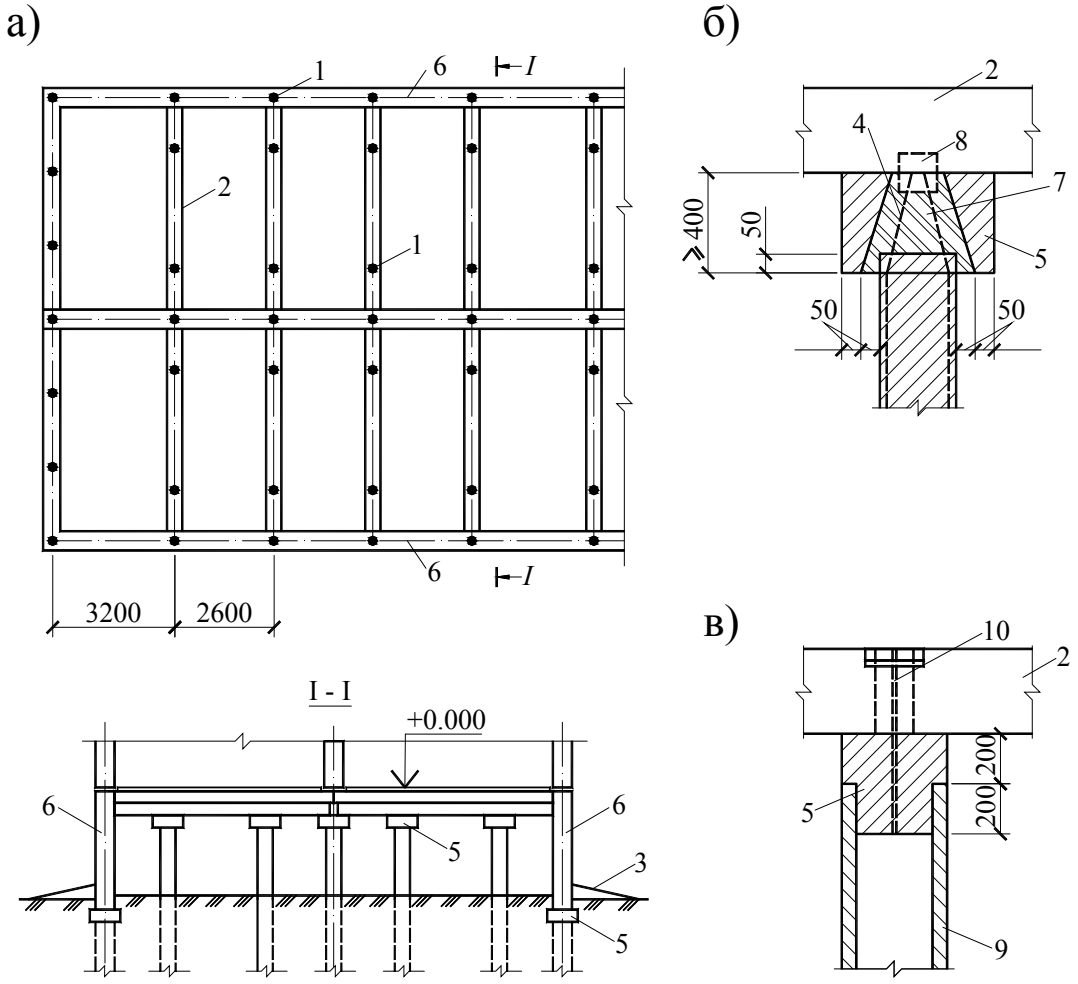


Рис. 4.2. Размещение свай под крупнопанельным зданием с поперечными несущими стенами:
а – план размещения свай; б, в – варианты оголовка для стержневых и трубчатых свай; 1 – сваи; 2 – ростверк; 3 – отмостка; 4 – арматура головы сваи; 5 – оголовок (насадка); 6 – цокольная панель; 7 – замоноличивание; 8 – стальная закладная деталь для соединения ростверка с оголовком; 9 – трубчатая свая; 10 – стержень диаметром 18÷22 мм для сопряжения оголовки (насадки) с ростверком

Железобетонные сваи по форме разделяются на призматические и цилиндрические с острием и без острия. По виду поперечного сечения сваи бывают сплошные квадратные, квадратные с круглой полостью, круглые или трубчатые (рис. 4.3.). Минимальная длина квадратных свай принимается 3 м с градацией длиной в 1 м. Длина квадратных свай с круглой полостью принимается от 4 до 6 м с градацией через 0,5 м. Сваи-оболочки изготовляют длиной от 4 до 7 м.

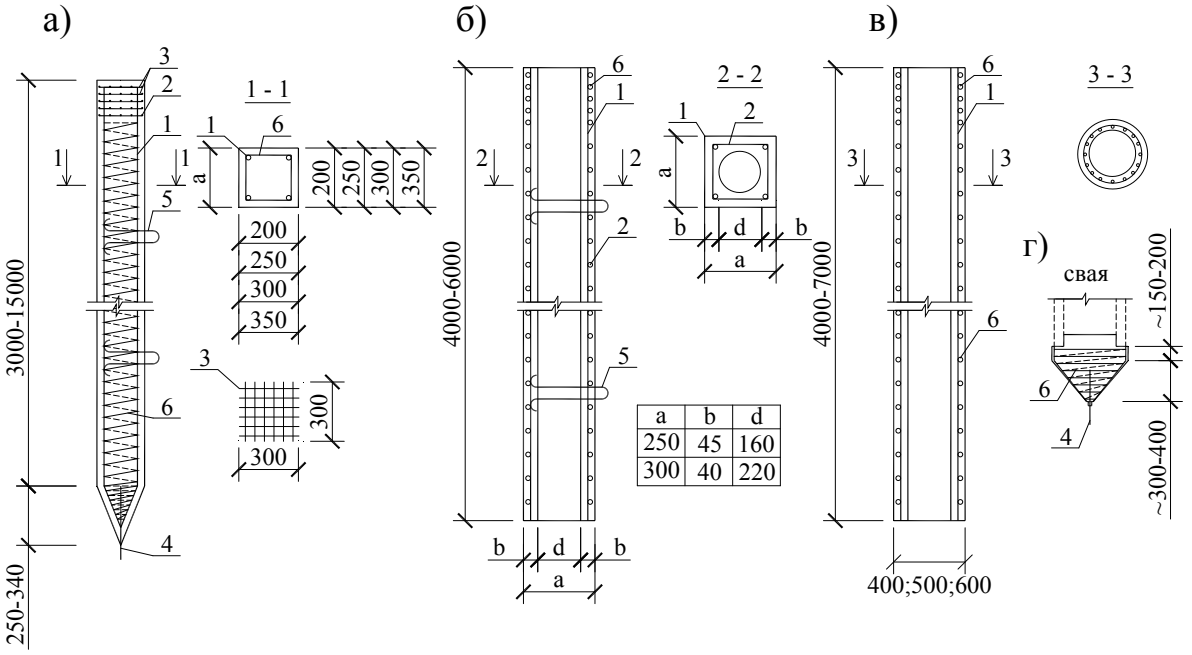


Рис. 4.3. Виды железобетонных забивных свай:
а – сплошные квадратного сечения; б – квадратные с круглой полостью; в – трубчатые (сваи-оболочки); г – башмак трубчатой сваи; 1 – стержневая арматура; 2 – хомуты; 3 – арматурная сетка; 4 – стержень диаметром 22 ÷ 25 мм; 5 – петли для подъема; 6 – спиральная арматура

Сваи железобетонные длиной до 7 м называют короткими. Сваи квадратные сплошного сечения при обычном армировании изготовляются из бетона класса не ниже В 15, а трубчатые сваи – из бетона В 20; напряжённо-армированные сваи изготовляют из бетона класса не ниже В 20, а сваи-оболочки – из бетона В 30.

В крупнопанельных зданиях с поперечными несущими стенами, при которых ростверк работает совместно с этими стенами, он опирается на сваи через оголовки или насадки. Ростверк может быть железобетонным монолитным, сборно-монолитным и сборным (рис. 4.2.). Ростверк должен жёстко связывать головы свай, поэтому верхние концы арматуры, которые обнажаются после нарушенного забивкой бетона, входят в толщину ростверка или в оголовок насадки. Сборные железобетонные ростверки изготовляют из бетона класса не ниже В 15, а монолитные – из бетона В 10.

Плитные фундаменты конструируют в виде плоских и ребристых плит или в виде перекрестных лент. Для зданий с большими нагрузками, а также при использовании его подземного пространства применяются коробчатые фундаменты (рис. 4.4.).

Плитные фундаменты проектируют под здания в основном каркасной конструктивной системы. Для повышения жесткости плиты устраивают ребра в перекрестных направлениях, которые могут выполняться как ребрами вверх, так и вниз по отношению к плите.

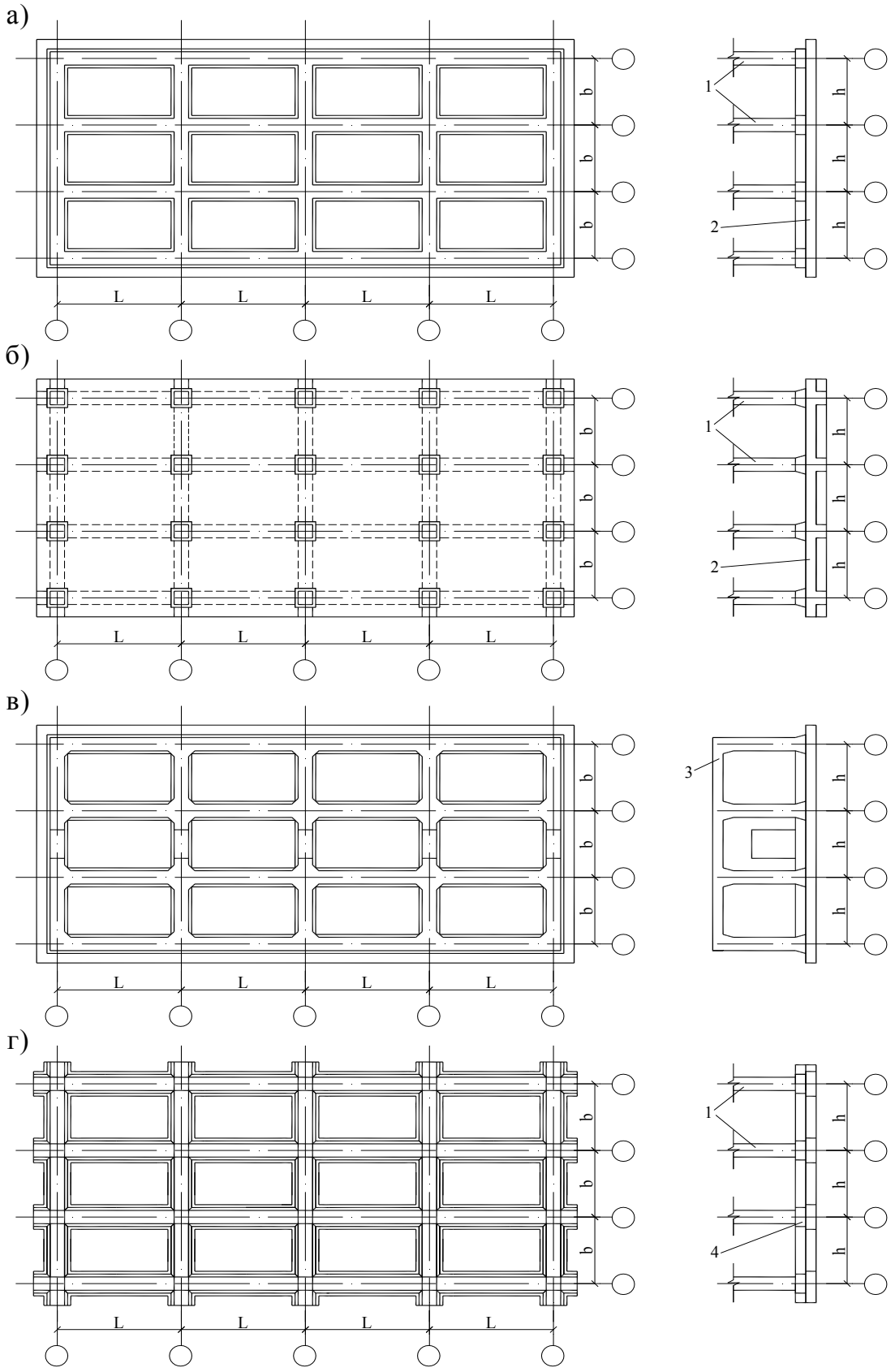


Рис. 4.4. Плитные фундаменты:
а, б – с ребрами вверх (а) и вниз (б); в – коробчатый; г – перекрестные ленты; 1 – колонна; 2 – фундаментная плита; 3 – коробчатый фундамент; 4 – перекрестные фундаментные ленты

Фундаментная плита с ребрами вниз менее трудоемка, так как уменьшается объем земляных работ. Толщина плиты и ее армирование определяются расчетом в зависимости от ее конструкции, приходящихся нагрузок и несущей способности основания.

В учебных целях толщину ребристой плиты следует назначать от 1/8 до 1/10 пролета, а сплошной плиты от 1/6 до 1/8 соответственно.

На пересечениях ребер фундаментной плиты устанавливаются колонны при каркасной конструктивной системе, а при бескаркасной – ребра используются как стены цокольной части здания, на которые устанавливают несущие конструкции его наземной части.

Фундаменты в виде коробчатого сечения применяются при возведении высотных зданий с большими нагрузками. Ребра такой плиты выполняются на полную высоту подземной части здания и жестко связываются с перекрытиями, образуя, таким образом, замкнутые сечения различной конфигурации.

Примерами таких решений могут служить выстроенные в г. Москве жилые дома Чертаново-Северное с использованием подземного пространства под гаражи или административное здание гидропроекта.

4.2 Внутренние стены бескаркасных зданий

Конструктивные решения панелей внутренних стен должны удовлетворять требованиям прочности, жёсткости, звукоизоляции и противопожарным требованиям. По нормам звукоизоляции в жилых зданиях однослойные (акустически однородные) межквартирные перегородки из тяжёлого бетона должны иметь поверхностную плотность 350 ÷ 400 кг/м^2, а двойные (из гипсобетона, разделённые воздушной прослойкой) – 250 ÷ 300 кг/м^2. Для повышения общей жёсткости здания и улучшения звукоизоляции необходимо заводить панель поперечной стены в замоноличенный стык в месте соединения поперечных стен с наружными панелями.

Внутренние крупнопанельные несущие стены применяются однослойной конструкции, они могут быть разделены на плоские – сплошные и тонкостенные – ребристые (рис. 4.5.). Внутренние панели должны иметь полную заводскую готовность, их поверхности должны быть подготовлены под окраску или оклейку обоями. В панели должны быть вмонтированы трубы и закладные детали, необходимые для отопительной системы, и предусмотрены каналы для скрытой сменяемой электропроводки и слаботочных сетей.

Для внутренних стен панельных зданий I группы (системы) применяют бетонные панели сплошного сечения двух разных толщин – 120 мм для межкомнатных стен и 160 мм – для межквартирных. Для зданий II группы – бетонные панели внутренних стен имеют единую толщину 160 мм. Московским территориальным каталогом, независимо от группы, предусмотрена единая толщина панелей – 180мм. Во всех случаях панели имеют высоту в этаж и изготавливаются глухими и с дверными проемами.

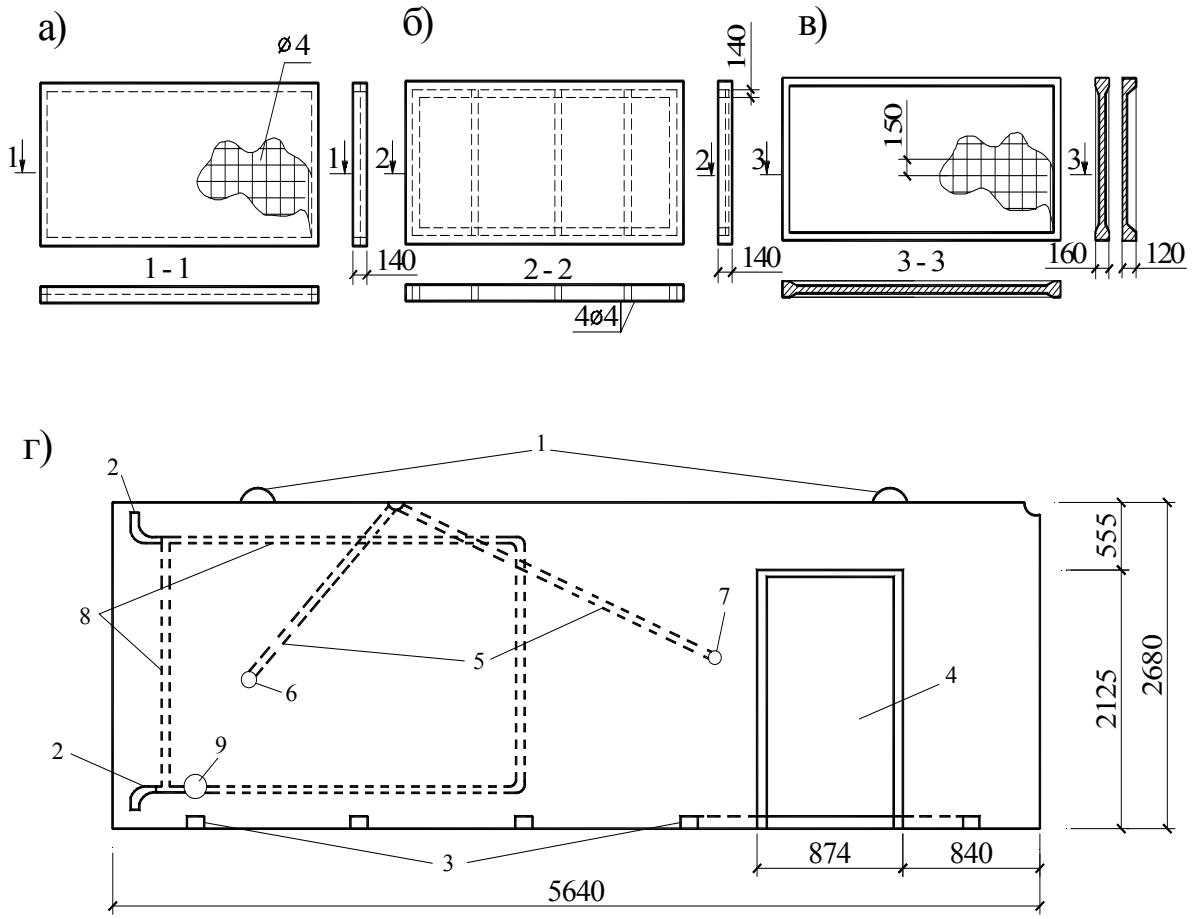


Рис. 4.5. Конструкции однослойных панелей внутренних несущих стен:
а – из тяжелого бетона В10; б – из легкого бетона В10; в – с ребрами по контуру из тяжелого бетона В 15; г – панель полной заводской готовности; 1 – подъемная петля; 2 – анкерная плита; 3 – деревянные пробки; 4 – дверной проем; 5 – канал для внутренней эл. проводки диаметром 20 мм; 6 – розетка; 7 – выключатель; 8 – регистр отопления; 9 – регулировочный кран

Главным требованием соединений между панелями внутренних стен наряду с прочностью является надёжная их изоляция воздушного шума.

В практике строительства звукоизоляция внутренних стен в местах соединения панелей часто оказывается неудовлетворительной вследствие плохого выполнения монтажных работ (стеновые панели устанавливаются насухо, в результате чего образуются щели, отсутствуют упругие прокладки в стыках между панелями)

Для звукоизоляции крупнопанельных стен следует заводить панели – перегородки в толщину наружной стены (в борозды) на 30 ÷ 50 мм и в местах взаимных перемещений устраивать вертикальные колодцы шириной не менее 80 мм, доступные для бетонирования; стыки с открытыми швами необходимо заполнять упругими прокладками с последующим замоноличиванием.

4.3 Конструкции междуэтажных перекрытий

Междуэтажные перекрытия – одна из наиболее сложных и ответственных частей здания, требующая 20 ÷ 25 % общих затрат труда на постройке. Стоимость перекрытия с полами достигает 25 ÷ 30 % стоимости общестроительных работ. Поэтому выбор рациональной конструкции междуэтажного перекрытия в значительной мере определяет технико-экономические качества крупнопанельного здания.

Междуэтажное перекрытие представляет собой комплексную ограждающую конструкцию, состоящую из элементов пола, звукоизолирующей прослойки и несущей части с подготовленной под окраску потолочной поверхностью. К каждой из этих частей перекрытия предъявляются свои определённые требования.

Полы должны быть износоустойчивыми, обладать необходимой твёрдостью, ударной вязкостью, непродавливаемостью, влажностью, отвечать требованиям теплоусвоения и иметь хороший декоративный вид.

Назначение звукоизолирующей прослойки – обеспечить требуемую звукоизоляцию от ударного шума и улучшить звукоизоляцию от воздушного шума; она должна обладать необходимой несущей способностью и деформативностью, быть биостойкой и не изменять своих свойств во времени под действием нагрузки.

Прочность и жёсткость являются основными требованиями к несущей части перекрытия. Потолок должен обладать повышенной трещиностойкостью и пониженной деформативностью, в некоторых случаях он должен иметь звукопоглощающую способность и высокую декоративность.

Основными видами несущих панелей перекрытий являются плоские, ребристые и панели шатрового типа с рёбрами по контуру (рис. 4.6).

Плоские панели (рис. 4.6, а; б) делаются сплошными и пустотными. Облегчение панелей пустотами даёт экономию расхода стали и бетона, но вызывает значительное увеличение их конструктивной высоты и ухудшает звукоизоляционные качества. Вследствие этого целесообразно отдать предпочтение сплошным панелям.

Сплошные панели на комнату изготовляются из тяжёлого бетона классов В 10, В 15 при пролётах 2,6 ÷ 3,2 м и имеют толщину 120, 140 мм и 160 мм. Панели могут изготавливаться также и из керамзитобетона, шлакобетона и других лёгких бетонов класса не ниже В 10. Простота формы сплошных панелей значительно облегчает их изготовление, а малая высота даёт возможность увеличить высоту помещения. Гладкие поверхности панелей удобны для устройства пола и потолка.

При широком шаге несущих конструкций (6 м ÷ 6,4 м) применение сплошных панелей перекрытий нецелесообразно, так как их толщина соответственно увеличивается и они получаются очень тяжёлыми. В этих случаях применяются многопустотные предварительно напряженные панели перекрытий толщиной 220 мм. Ширина этих панелей применяется от 0,8 ÷ 2 м с

градацией через 200 или 300 мм для возможности получения необходимого набора панелей при любом расстоянии между лестничными клетками или любой ширине здания, отвечающих модульной системе.

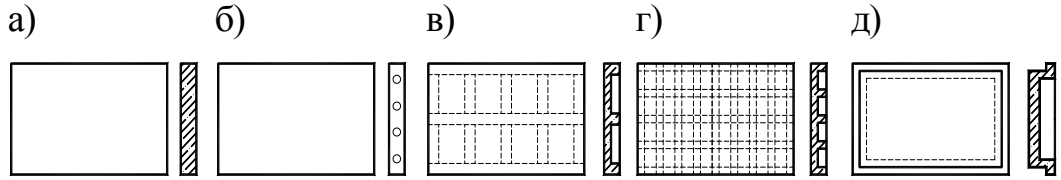


Рис. 4.6. Типы несущих панелей перекрытий:
а – плоская сплошная; б – плоская с круглыми пустотами; в – ребристая; г – часторебристая; д – шатрового типа

Ребристые панели (рис. 4.6, в; г) изготовляются из тяжёлого бетона и могут иметь редкое и частое расположение промежуточных рёбер. При устройстве перекрытий их укладывают рёбрами вверх. По ним на звукоизоляционных прокладках укладывается плита пола.

Шатровая панель (рис. 4.6, д) представляет собой плоскую железобетонную плиту толщиной 50 ÷ 60 мм, окаймлённую по контуру рёбрами высотой около 200 мм. Изготовление шатровых панелей в технологическом отношении относительно сложно. Эти панели имеют небольшую конструктивную толщину, позволяют увеличить высоту помещений, при этом стоимость таких перекрытий ниже по сравнению с перекрытиями из многопустотных настилов. Существенным недостатком шатровых панелей является наличие рёбер по контуру, что создаёт жёсткую планировочную схему здания, требующую размещение перегородок непосредственно под рёбрами.

Крупнопанельные перекрытия классифицируются:

а) по конструктивному типу (как звукоизолирующие ограждения);
б) по расчётной схеме;
в) по весу монтажного элемента.

По конструктивному типу (как звукоизолирующие ограждения) перекрытия делятся (рис. 4.7):

а) на акустически однородные (рис. 4. 7, а);
б) на акустически неоднородные – раздельного типа (рис 4.7, б – г).

Акустически однородное перекрытие состоит из несущей панели, нижняя поверхность которой является потолком, и покрытие пола, включающего слой упругого материала, например линолеума, улучшающего звукоизоляцию перекрытия от ударного шума (рис. 4.7, а).

Перекрытие раздельного типа состоит из несущей панели, пола или потолка раздельной конструкции и звукоизолирующей прослойки, представляющей собой воздушное пространство либо свободное, либо полностью или частично заполненное упругомягким звукоизоляционным материалом.

Перекрытия раздельного типа подразделяются на две группы:

а) с раздельным полом (рис. 4.7, а; б);
б) с раздельным самонесущим или подвесным потолком (рис 4.7 в; г).

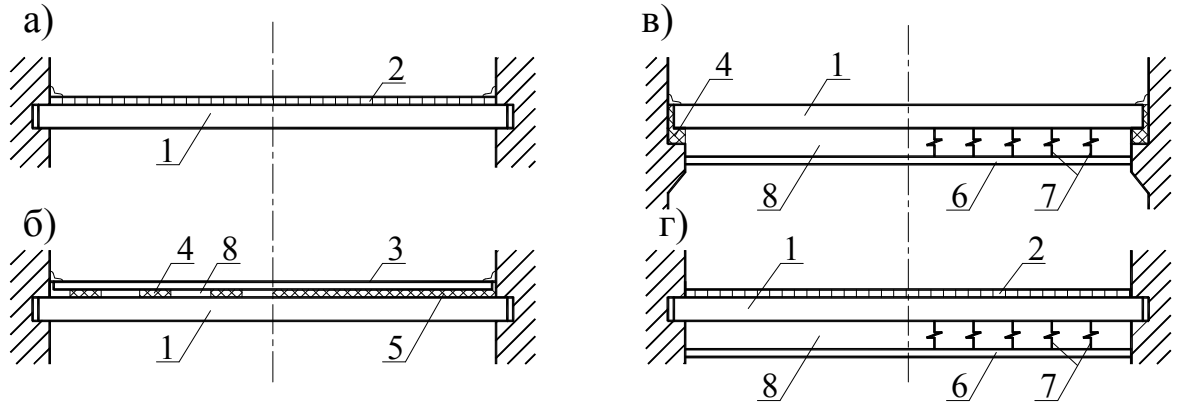


Рис. 4.7. Перекрытия раздельного типа:
1 – несущая панель; 2 – покрытие пола, включающее слой упруго-мягкого материала; 3 – элемент раздельного пола; 4 – полосовые звукоизоляционные прокладки; 5 – сплошной звукоизоляционный слой; 6 – элемент раздельного потолка; 7 – звукоизолирующие подвески (крепления); 8 – воздушная прослойка

Перекрытие с раздельным полом может опираться несущей частью через звукоизоляционные прокладки либо иметь покрытие пола, включающее упругую прослойку, улучшающую изоляцию от ударного звука (рис. 4.7, г).

На рис. 4.8 показаны раздельные перекрытия с гипсобетонными панелями пола, уложенными на несущие железобетонные панели различной конструкции.

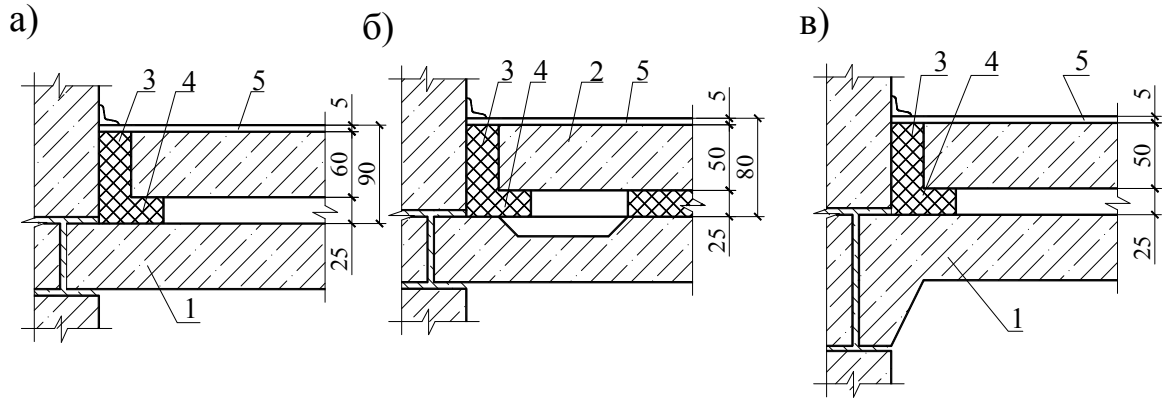


Рис. 4.8. Крупнопанельные перекрытия раздельного типа с лёгкобетонной панелью пола:
а – с плоской несущей панелью; б – с ребристой панелью; в – с панелью шатрового типа; 1 – несущая панель; 2 – гипсобетонная панель пола; 3 – звукоизоляционное заполнение; 4 – упругая звукоизоляционная прокладка; 5 – линолеум на мастике

Конструкцией этого типа является также раздельное панельное перекрытие из двух часторебристых железобетонных плит (рис. 4.9, а). Плита пола свободно опирается на крайние рёбра нижней плиты через упругие прокладки, которые выполняются из мягкой древесно-волокнистой плиты, стекловолокнистых плит и других материалов. Это перекрытие отличается высокой степенью заводской готовности, простотой монтажа и удовлетворитель-

ными звукоизоляционными качествами, но требует большого расхода металла (8,7 кг/м^2) и бетона.

При втором решении раздельной конструкции перекрытия в качестве несущей используется железобетонная панель пола. Акустический потолок из древесно-волокнистых или гипсо-волокнистых плит, по которым укладывается прослойка из минеральной ваты или каких-либо других звукоизоляционных материалов, подвешивается к панели пола или опирается на стеновые панели самостоятельно, образуя в пределах конструкции перекрытия сплошную воздушную прослойку (рис. 4.9, б). Эта конструкция отличается сравнительно небольшим весом (200 ÷ 220 кг/м^2) и имеет хорошие звукоизоляционные качества.

По расчётной схеме панельные перекрытия классифицируются:

а) на перекрытия со свободно лежащими панелями;
б) на перекрытия с панелями, защемленными на опорах;
в) на неразрезные перекрытия с панелями, стыки которых воспринимают опорные моменты.

Вес монтажного элемента перекрытия (с учётом веса такелажных приспособлений) определяется грузоподъемностью монтажного крана.

Наиболее распространенными типами конструкций междуэтажных перекрытий для крупнопанельных домов с поперечными несущими стенами являются:

1) в виде плоской железобетонной плиты толщиной 140 ÷ 160 мм;
2) в виде раздельной конструкции из двух прокатных железобетонных скорлуп, нижняя из которых является несущей, а верхняя опирается на нижнюю через упругие прокладки; возможно перекрытие в виде нижней самонесущей железобетонной прокатной плиты потолка и верхней несущей ребристой плиты пола в виде усиленной часторебристой плоской железобетонной плиты, по которой уложена на упругих прокладках железобетонная плоская панель пола.

Для крупнопанельных домов с несущими продольными стенами применяются многопустотные настилы толщиной 220 мм и шириной 0,8; 1,2; 1,6 и 2,0 м. В последнее время наметилась тенденция к применению сплошных плоских предварительно напряжённых железобетонных панелей толщиной 160 мм.

Поиски рациональных конструкций перекрытия осложняются тем, что они должны удовлетворять зачастую противоречивым требованиям. Так, полы должны быть износостойкими, иметь достаточную твёрдость, ударную вязкость, влагостойкость, обладать хорошими декоративными свойствами, а также обеспечивать необходимые требования по теплоусвоению.

Звукоизоляционная прослойка должна обеспечивать звукоизоляцию перекрытия от ударного шума, быть биостойкой и не изменять своих свойств во времени.

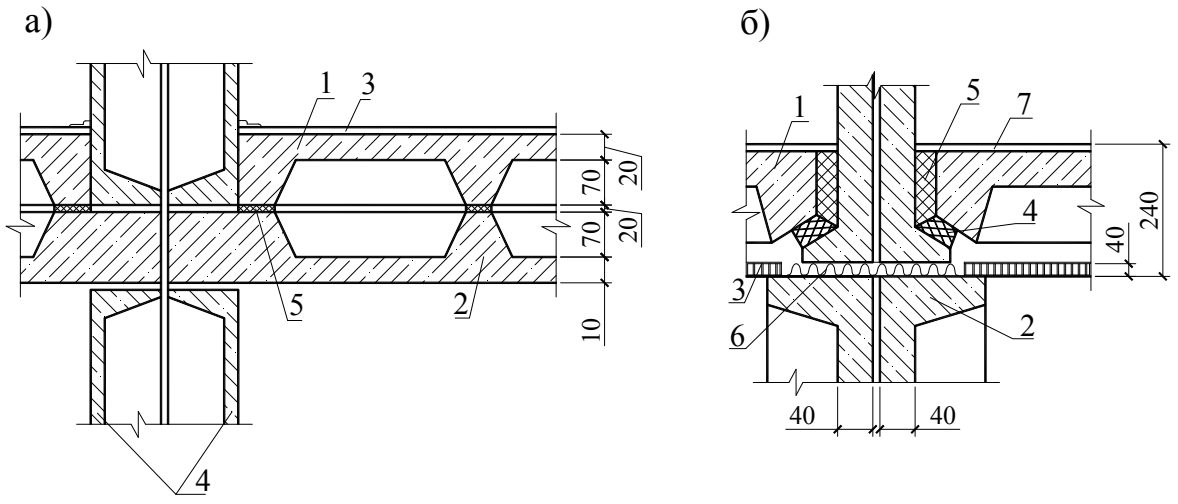


Рис. 4.9. Детали устройства раздельных перекрытий:
а) раздельное перекрытие из 2-х часторебристых панелей пола: 1 – несущая панель пола; 2 – панель потолка; 3 – чистый пол; 4 – несущая плита внутренней стены; 5 – звукоизоляционная прокладка;
б) деталь устройства раздельного перекрытия с несущей панелью пола и звукоизолирующей панелью потолка, опирающегося на выступы стеновых панелей: 1 – несущая панель перекрытия; 2 – сдвоенная межквартирная стеновая панель; 3 – звукоизоляционная панель (подвесной потолок) потолка; 4 – упругая звукоизоляционная прокладка; 5 – звукоизоляционное заполнение; 6 – конопатка; 7 – чистый пол

Несущая часть должна удовлетворять требованиям прочности и жёсткости, наибольшей заводской готовности, надёжности монтажных стыков, экономичности.

Опыт эксплуатации раздельных перекрытий показал неудовлетворительные звукоизоляционные качества этой конструкции. Ухудшение звукоизоляции вызвано образованием и развитием в процессе эксплуатации трещин и, что особенно важно, изменением во времени акустических свойств прокладочных звукоизоляционных материалов.

Наиболее рациональной оказалась конструкция междуэтажного перекрытия в виде плоской железобетонной плиты толщиной 160 мм с наклейкой по ней линолеума на упругой основе. Это перекрытие является наиболее индустриальным из всех известных конструкций и отвечает нормативным требованиям изоляции воздушного шума. Оно пригодно для узкого и широкого шага панельных домов.

4.4 Конструкции стыков внутренних несущих стен и панелей перекрытия

При проектировании и строительстве крупнопанельных зданий особое внимание уделяют решению стыков между панелями и другими элементами несущего остова здания; правильное решение стыков в значительной мере

определяет долговечность дома, надёжную работу всей системы несущего остова, эксплутационные качества здания.

В стыках панелей стен и перекрытий могут быть разные сочетания усилий сжатия, растяжения, срезы значений которых определяются статическим расчетом конструкции.

Стыки внутренних несущих стен и панелей перекрытия должны обладать необходимой прочностью, жёсткостью, долговечностью, обеспечивать необходимую звукоизоляцию смежных квартир и этажей и надёжную защиту металлических крепёжных деталей от огня. Конструкции стыка должны быть технологичны, т. е. просты в изготовлении и монтаже.

Горизонтальные стыки внутренних несущих стен устраивают сопряжениями их через перекрытия (платформенный стык, рис. 4.10, а; б) или контактным сопряжением несущих панелей (контактный стык, рис. 4.10, в; г) с установкой стеновых панелей верхних этажей непосредственно на стеновые панели нижнего этажа. Последний надёжнее, но сложнее в изготовлении, а поэтому применяется в зданиях высотой более 9 этажей (рис. 4.10, а).

Платформенный стык выполняют с растворными швами толщиной не более 20 мм под панелями перекрытий и над ними. При платформенном опирании панелей перекрытий на несущие стены величины площадок опирания должны быть:

– при расстоянии между несущими стенами < 3,6 м: при опирании панели по контуру – 40 ÷ 50 мм, при опирании по двум сторонам – 50÷60 мм;
– при расстоянии между несущими стенами > 3,6 м, при опирании по двум сторонам – 60 ÷ 70 мм.

При малой толщине стен края панелей перекрытия устраиваются с выступами в плане, что даёт возможность опирать их на всю толщину стены (рис. 4.10, б).

В платформенных стыках зданий высотой более 9 этажей стрежни верхней арматуры панелей перекрытий следует соединять под опорной стеной на сварке, обеспечивая неразрезность конструкций.

Контактный стык стеновых панелей применяют в двух вариантах. По первому варианту стенового контактного сопряжения верхние и нижние грани стеновых несущих панелей и опорные грани панелей перекрытий изготовляют с вырезами, как показано на рис. 4.10, г. В этом случае шипы стеновых панелей входят в пазы перекрытий, а концы верхней арматуры панелей перекрытий (встречающихся на опорной стене) соединяются по принципу непрерывного армирования, придавая перекрытию неразрезность. Стеновую панель монтируемого этажа при монтаже устанавливают с заведением шипов в гнёзда, имеющиеся в перекрытии, и опирают на винтовые фиксаторы (рис. 4.10, е), с помощью которых точно регулируется правильность положения верхней панели. Затем производят бетонирование шва, причём необходимое количество раствора настилают с одной стороны панели и с помощью вибратора забивают его шов, пока избыток раствора не выйдет наружу с другой стороны устанавливаемой панели, что свидетельствует о полном заполнении шва.

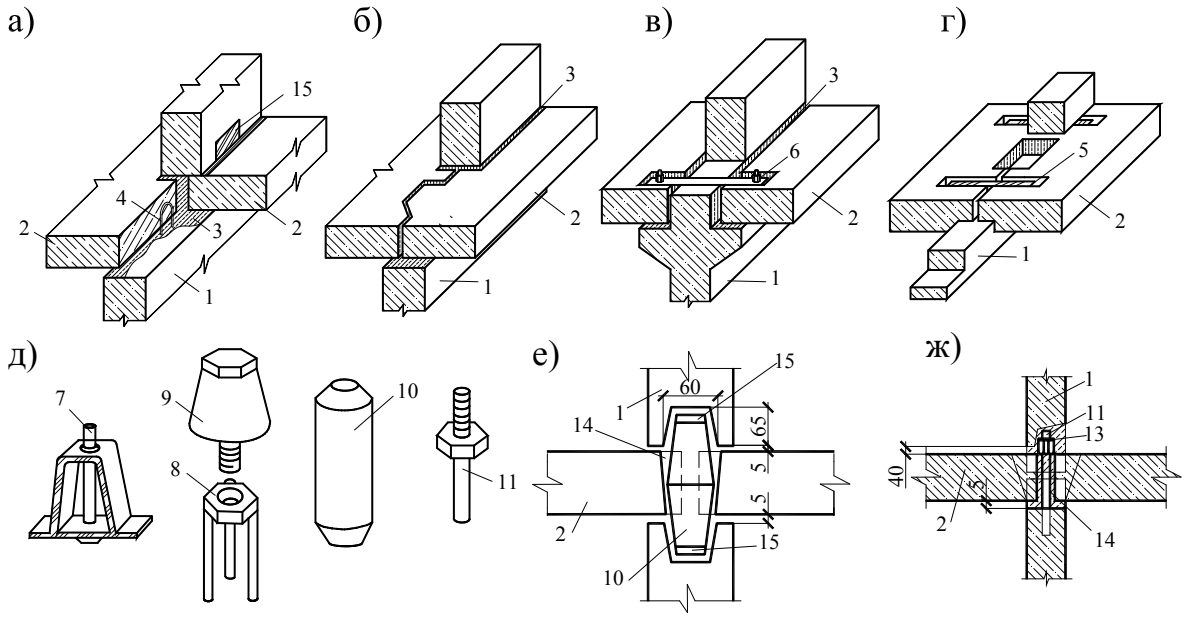


Рис. 4.10. Стыки внутренних несущих стен и панелей перекрытий:
а – платформенный стык; б – платформенный зубчатый стык; в – контактный стык с опиранием панелей перекрытий на выносные консольные стеновые панели; г – контактно-гвоздевой стык; д – типы фиксаторов; примеры фиксации стен: е – платформенного стыка; ж – контактного стыка; 1 – стеновая панель; 2 – панель перекрытия; 3 – раствор; 4 – монтажные петли; 5 – сварные соединения; 6 – болтовые соединения связевых накладок; 7 – шпилька-фиксатор; 8 – анкерная гайка; 9 – конический железобетонный фиксатор для наружных панелей; 10 – железобетонный фиксатор для внутренних панелей; 11 – штырь фиксатор с регулирующей гайкой; 12 – цементная пластифицированная паста; 13 – стальная шайба с пластмассовой прокладкой; 14 – пазы в панелях перекрытий для пропуска фиксатора; 15 – гнездо в стеновой панели

По второму варианту панели перекрытий опираются на консольные приливы и соединяются в опорном шве, обеспечивая неразрезность перекрытия (рис. 4.10, в). При этой системе сопряжения панели верхнего этажа передают нагрузку непосредственно на панели нижнего этажа, в связи с чем несущая способность стен используется более эффективно. Недостаток рассмотренной системы – сложность изготовления стеновых панелей с консольными приливами.

Чтобы точно установить панели в проектное положение, применяют метод принудительного монтажа, для чего в узлах сопряжений панелей предусматривают установку фиксаторов (рис. 4.10, е; ж) в сочетании со сварными или болтовыми креплениями стальных соединяющих накладок с закладными деталями. В панелях стен предусматривают гнёзда, в которые вставляются фиксаторы, выступающие над верхней гранью панели на 60 мм. В панелях перекрытий, перерезывающих стеновые панели, тоже предусматривают гнёзда, соответствующие положению фиксаторов. Перед монтажом стеновых панелей уровень всех опорных деталей фиксаторов устанавливают по нивелиру. После установки панелей зазоры под ними бетонируют. Устойчивость наружных и внутренних несущих стен зданий обеспечивает соединение их между собой и с панелями перекрытий металлическими крепления-

ми. Применяют анкерные арматурные связи из скоб, которые вставляются в петли, выпускаемые из соприкасающихся стеновых панелей как в рядовых, так и в угловых сопряжениях.

При строительстве зданий повышенной этажности и зданий, возводимых в сейсмических районах, применяют непрерывное армирование стен и перекрытий со сваркой выпусков арматуры из всех сходившихся в узле панелей с помощью стержневых накладок, что обеспечивает практическую непрерывность стержней арматуры в пределах каждой жёсткой диафрагмы (стен или перекрытия). Для устройства стыка рассматриваемого типа углы панелей на заводе не бетонируют, а концы рабочей арматуры, располагаемой по контуру панелей, оставляют такой длины, чтобы они не выходили за геометрические габариты панелей и не мешали их скалыванию и перевозке. После сварки выпусков арматуры стыки замоноличиваются бетоном В10. Соседние панели внутренних и наружных стен дополнительно скрепляют по высоте этажа с использованием накладок из полосовой и угловой стали, приваренных к основной арматуре панелей.

4.5 Конструкции наружных стен и соединений

Удельный вес наружных стен в общем объёме работ по сооружению крупнопанельного дома составляет 20 ÷ 25 % по стоимости и 15 ÷ 20 % по трудоёмкости.

От правильного выбора конструкции наружных панелей в первую очередь зависят эксплуатационные качества дома, которые связаны с влиянием температурных и усадочных воздействий, влажности материала стен, увлажнения и обмятия уплотнителей, изменения физических параметров уплотнителей во времени и т. п.

Несущие и ограждающие конструкции полносборных зданий следует проектировать из крупноразмерных унифицированных типовых или стандартных комплексных изделий максимальной заводской готовности. Конструкции должны обладать необходимой прочностью, жёсткостью, устойчивостью, долговечностью и огнестойкостью; должны удовлетворять общим архитектурным, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим и теплотехническим требованиям, а также обладать достаточной звукоизолирующей способностью. Они должны быть экономичными, минимальной трудоёмкости, простыми в изготовлении и удобными при монтаже.

Анализ полносборного строительства показал, что с точки зрения основных требований – экономичности, высокой степени индустриализации, технологии производства сборных изделий и монтажа зданий – оптимальной является конструктивная схема с поперечными несущими стенами. Архитектурно-конструктивные элементы крупнопанельных зданий с такой схемой рассматриваются в первую очередь. Наряду с этим, в дальнейшем, будут рассмотрены конструктивные элементы полносборных зданий с каркасной схе-

мой, которая применяется при строительстве жилых домов большой этажности и при возведении зданий общественного назначения.

В практике российского крупнопанельного домостроения получили применение две конструктивные разновидности панелей наружных стен – однослойные (преимущественно керамзитобетонные) и многослойные железобетонные с утеплителем из пеностекла, пенополистирола, пенопласта, минераловатных плит др.

4.5.1 Несущие и самонесущие панели наружных стен

Наружные однослойные панели (рис. 4.11, а) находят применение в крупнопанельном строительстве; материалами для их изготовления являются лёгкие и ячеистые бетоны. С наружной стороны панели отделываются цементным раствором под окраску, декоративным бетоном на белом или цветном цементе, присыпкой дроблённым камнем различных пород или облицовывают керамическими и другими декоративными плитами; панели из ячеистого бетона рекомендуется отделывать гидрофобными красками. Внутренняя сторона наружных панелей из плотных лёгких бетонов может изготовляться без отделочного слоя; при лёгких бетонах с межзерновой пористостью панели покрываются слоем плотного отделочного раствора толщиной не менее 15 мм.

В практике крупнопанельного домостроения применяются также панели из вермикулитобетона, перлитобетона, шлакопемзобетона и других материалов, там, где они являются местными строительными материалами.

Наибольшее распространение получили многослойные стеновые панели, которые по своим конструктивным особенностям разделяются на двух- и трёхслойные; они могут быть несущими, самонесущими, а также и навесными. Эти панели имеют достаточно высокую несущую способность.

Недостаток многослойных панелей по сравнению с однослойными – повышенная сложность и трудоемкость изготовления, в процессе которого в форму должны быть уложены три различных материала /тяжёлый бетон на нижнюю и верхние плиты, утеплитель в середину панели и бетон в рёбра, соединяющие железобетонные плиты/. Все эти материалы должны быть уложены с точным соблюдением проектных размеров, в противном случае это ведёт к резкому снижению теплотехнических свойств стены.

Двухслойные панели наружных стен (рис. 4.11, б) состоят из двух слоёв бетона – внутреннего, более плотного и прочного (В 10) толщиной 60 ÷ 80 мм и наружного теплоизоляционного слоя из лёгкого или ячеистого бетона с объёмной массой 400 ÷ 600 кг/м^3. Внутренний несущий слой чаще выполняется из железобетонной плиты с рёбрами по контуру или в виде часторебристой плиты.

Наибольшее распространение получили трёхслойные стеновые панели – из двух железобетонных слоёв толщиной 40 ÷ 50 мм и слоя утеплителя. В качестве утеплителя панелей применяются минераловатные плиты, пенобетон, пеносиликат, цементный фибролит, пенопласт, пенополистирол и т. д.

Наружная отделка многослойных железобетоных панелей предусматривается цветными бетонами, ковровой керамикой, стекломозаикой, окраской погодостойкими, в частности синтетическими красками; возможно применение для отделки фасадов новых материалов, например пластиков.

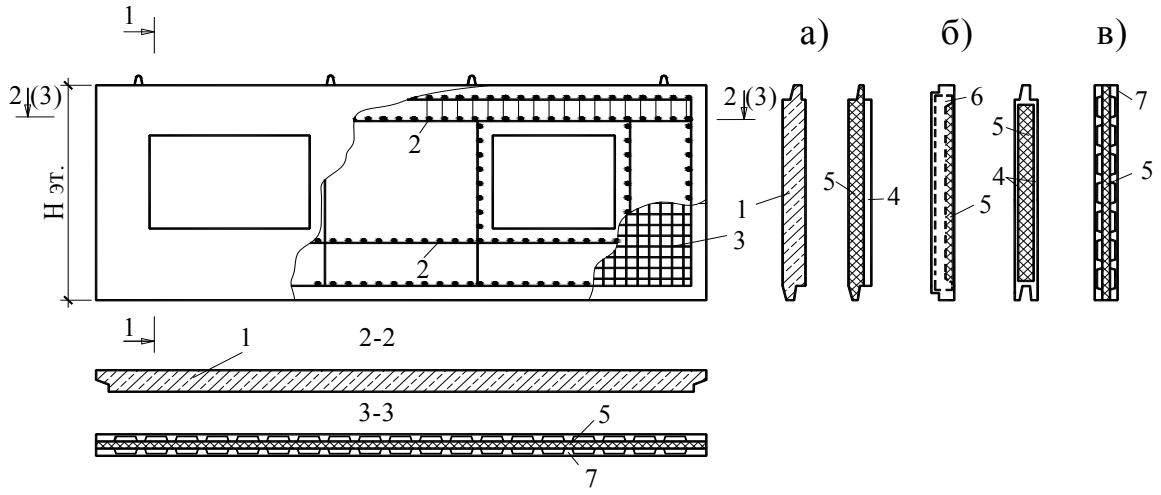


Рис. 4.11. Наружные стеновые панели (армирование, показанное на чертеже, соответствует однослойным панелям):
а – однослойная керамзитобетонная панель; б – двухслойная панель (из двух слоев бетона, внутреннего – тяжелого и наружного – легкого и ячеистого; железобетонная плита с ребрами по контуру – внутренний слой ячеистый бетон); в – трехслойные панели (из железобетона с легким утеплителем или две часторебристые панели с утеплителями из теплых материалов); 1 – керамзитобетон; 2 – сварной арматурный каркас; 3 – арматурная сетка; 4 – железобетон; 5 – утеплитель; 6 – ребристая (ребра по контуру) железобетонная плита; 7 – часторебристая железобетонная плита

Изготовляются эти панели методом последовательной укладки в формы с соответствующим уплотнением составляющих их слоев. Железобетонные слои выполняются из тяжёлого или легкого бетона плотносью 1600 ÷ 2500 кг/м^3. Класс бетона применяют для тяжёлого бетона не менее 15-го, а для легкого бетона – не менее 10-го. Железобетонные слои могут быть сплошными или ребристой конструкции. Толщина их по требованиям огнестойкости и надёжной защиты арматуры от коррозии назначается не менее 50 мм, причём толщину внутреннего слоя принимают от 80 до 100 мм. Толщина панелей определяется в основном теплотехническими требованиями. Однако в целях унификации в типовых проектах приняты три толщины панели – 250, 300 и 350 мм.

Для производства трёхслойных панелей могут быть применены только полужёсткие и жёсткие утеплители, имеющие геометрические размеры в соответствии с раскладкой по форме. Применение утеплителей в рассыпном виде (минеральной ваты, вермикулита и др.) должно быть исключено.

Перспективным является применение трёхслойных наружных панелей из вибропрокатных скорлуп, в которых могут быть рационально использова-

ны различные эффективные теплоизоляционные материалы, размещаемые между скорлупами из плотного железобетона; рёбра кессонных скорлуп являются надёжными противоосадочными приспособлениями. В трёхслойной конструкции панелей с гибкими связями лучше обеспечивается герметичность вертикальных швов между ними, так как наружная скорлупа, подвергаясь температурным изменениям, не вызывает деформации внутренней скорлупы. При этом жёстко связанная с другими конструкциями здания внутренняя скорлупа панелей находится в постоянном температурном режиме и не будет вызывать деформации в швах.

Трехслойные панели имеют существенные преимущества перед одно- и двухслойными. Они заключаются в повышенной водонепроницаемости фасадного слоя, возможности в широком диапазоне менять несущую способность стены (за счет увеличения класса бетона, толщины несущего слоя, или его армирования) и ее теплозащитные качества (за счет применения утеплителей различной эффективности и сечения). Это делает конструкцию трехслойной стены универсальной – пригодной к применению в различных условиях и с различными статическими функциями.

Однако до середины 90-х годов прошлого столетия в отечественной домостроительной промышленности преобладало производство однослойных панелей. В связи с резким возрастанием нормативных требований к энергосбережению и соответственно к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций однослойные конструкции для большинства климатических районов страны оказались неприемлемыми. Промышленность перестраивается на производство трехслойных панелей. Но и они в большинстве случаев оказываются пригодными лишь с самыми эффективными утеплителями (с коэффициентом теплопроводности в пределах 0,04÷0,06 Вт/м ºС). В этом случае из-за увеличения толщины утеплителя толщина стен может возрасти до 350÷400 мм, что влечет за собой реконструкцию оснастки форм на домостроительных заводах.

4.5.2 Стыки несущих и самонесущих панелей

В крупнопанельных зданиях особо ответственными элементами являются стыковые соединения стеновых панелей. Стыки должны быть простыми в изготовлении и удобными при монтаже, они должны удовлетворять требованиям: теплотехническим, водо- и воздухопроницаемости, прочности и долговечности.

Прочность и долговечность крупнопанельных зданий в значительной степени зависит от долговечности и эксплутационной надёжности связей, т. е. закладных элементов, от того, как прочно они заанкерены в бетоне и хорошо защищены от коррозии. Связи между панелями должны назначаться не конструктивно, а по расчёту с учётом температурных воздействий и усилий от возможной неравномерной осадки здания.

Вследствие температурных колебаний стыковые соединения находятся постоянно в движении, они испытывают деформации от растягивающих и

сжимающих усилий. При отсутствии в стыках соответствующих конструктивных связей, поглощающих температурные деформации, происходит постепенное разрушение цементного раствора, в стыковых соединениях раскрываются трещины, и создаётся свободный доступ атмосферной влаги.

Температурные деформации возрастают по высоте здания и достигают максимума в верхних этажах. Это объясняется тем, что крупнопанельные стены на границе с фундаментами почти не изменяют свою длину, так как фундаменты здания практически не испытывают температурных деформаций из-за относительно постоянных температур в грунте. В тоже время в наружных панелях под влиянием температурных воздействий возникают деформации вследствие их изгиба из плоскости, в результате которых толщина шва между панелями с наружной стороны в зимнее время увеличивается.

В крупнопанельных зданиях наряду с обратимыми (температурными) деформациями возникают необратимые деформации, которые вызываются усадкой, ползучестью и неравномерной осадкой зданий – как следствие развития в стыках растягивающих или сжимающих усилий. Мерой борьбы с этими деформациями является повышение общей пространственной жёсткости крупнопанельных домов. Причиной образования трещин в стыках является также усадка цементного раствора, которым зачеканиваются стыки с наружной стороны и бетона самих панелей.

Большое влияние оказывают на раскрытие трещин в стыках разные по величине деформации внутренних и наружных стен, которые вызываются неодинаковым напряженным состоянием этих стен и применением для них различных материалов с разными упруго-пластическими свойствами, например керамзитобетона для наружных стен и железобетона для внутренних. Вследствие этого деформации сжатия стен даже при одинаковых напряжениях различны по величине.

Конструктивное решение стыковых соединений должно обеспечивать совместную пространственную работу внутренних и наружных стен. Таким решением в настоящее время является устройство замоноличенного стыка, который отличается от обычного стыка наличием замоноличенных шпонок в верхней и нижней частях панелей, в местах выпуска соединительных металлических деталей. В средней части, где отсутствуют соединительные детали, конструкция замоноличенного стыка такая же, как и в обычном (рис. 4.12, в).

Металлические закладные детали выполняются в большинстве решений в виде петлевых выпусков, которые при монтаже соединяются дуг с другом и с петлевыми выпусками арматуры с помощью соединительных скоб на сварке. Стыки с расположенной в них арматурой замоноличиваются тяжёлым бетоном классов В10 ÷ В15, что обеспечивает защиту арматуры от коррозии и надёжную передачу возникающих в стыке сдвигающих усилий. Для защиты от промерзания стыка вводится эффективный утеплитель (например, пенополистирол).

Защита стыков от водо- и воздухопроницаемости обеспечивается в настоящее время путём устройства закрытого стыка. Закрытый стык решается с

помощью упругих пористых прокладок в виде жгутов прямоугольного или круглого сечения и мастик из эффективных материалов.

Наиболее распространённые упругие прокладки:

а) пороизол, изготовляемый из изношенной резины и нефтяных дистилатов; представляет собой эластичный материал (пористый, герметизирующий) изготавливаемый в виде брусков 30х40 мм или в виде жгута диаметром от 10 до 60 мм, приклеиваемый на мастике изол.
б) пенополиуретановые уплотнительные плиты УЛП–30,изготовляемые из эластичного пенополиуретана (поролон) и пропитываемые смолами, которые сообщают материалу гидрофобность;
в) резиновые утеплительные ленты УПК–30, изготовляемые из вспененной резины;
г) утеплитель горизонтальных стыков (УГС), изготовляемый из отходов резиновой промышленности и армированной резины;
д) неопреновые и гернитовые жгуты, изготовляемые из искусственного каучука.

К числу распространённых мастик для герметизации вертикальных стыков относятся:

а) изол, изготовляемый из старой авторезины и нефтяных битумов; ею можно склеивать бетон, керамику, металл, стекло.
б) тиоколовые мастики У-30М и УТ-35, изготовляемые из синтетичского каучукоподобного материала;
в) полиизобутиленовые мастики УМ–20, УМ–40, УМ–60, предназначенные для использования при температурах до -20, -40 и -60 ºС (т.е. для разных климатических условий), изготовляемые на заполнителях из угольного порошка, старой авторезины и минерального масла.

Мастика нагнетается в шприцы и при заделке стыков выдавливается сжатым воздухом. Поверхности бетона и раствора в шве должны быть чистыми и сухими.

Различают стыки вертикальные и горизонтальные.

Вертикальные стыки между стеновыми панелями можно подразделить на две группы. К первой группе относятся так называемые упругоподатливые стыки, в которых панели в стыках соединяются с помощью стальных связей, привариваемых к закладным деталям стыкуемых элементов. Пустоты, образующиеся в стыках, заполняются раствором или бетоном. Ко второй группе относятся жёсткие стыки – монолитные (иногда их называют замоноличенными) железобетонные, в которых прочность стыкового соединения обеспечивается имеющейся в нём замоноличенной стальной арматурой.

Пример конструктивного решения вертикального упруго – податливого стыка двух тонких керамзитобетонных стеновых панелей приведён на рис. 4.12, а. В паз, образуемый четвертями, входит на глубину 50 мм стеновая панель внутренней поперечной стены. Соединяют панели с помощью накладки из полосовой стали, привариваемой к стальным закладным деталям панелей.

Для герметизации стыка в его узкую щель заводят уплотнительный жгут гернита на клее КН–2 или пороизола на мастике «изол». С наружной стороны стык зачеканивают цементным раствором или промазывают мастикой – тиоколовым герметиком. Для лучшей изоляции от проникновения влаги с внутренней стороны стыка наклеивают на битумной мастике вертикальную полосу из одного слоя гидроизола или рубероида. Вертикальный колодец стыка заполняют тяжёлым бетоном.

В железобетонных или тонких лёгкобетонных панелях стык изнутри утепляют термовкладышем из минеральной ваты, обвёрнутой полиэтиленовой плёнкой или из пенопласта (стиропора).

Стальные крепления стеновых панелей, представляющие собой чаще всего 6 ÷ 8 мм полоски, подвергаются коррозии вследствие проникания влаги через трещины в стыках и если они находятся в зоне точки росы. В этом случае в особенно неблагоприятных условиях находятся стальные крепления в стыках, заполняемых пористым (лёгким) бетоном, обладающим большим водопоглощением.

Необходимо также иметь в виду, что нижняя плоскость закладной детали при сварке под влиянием высокой температуры отрывается от бетона, в который она была замоноличена на заводе. Таким образом, даже при защите от коррозии наружной поверхности закладной детали нижняя её плоскость может ржаветь под действием проникающей атмосферной или конденсационной влаги в щель между нижней поверхностью закладной детали и бетоном.

Для защиты связей и закладных деталей от коррозии рекомендуется на заводе со всех сторон покрывать их цинком путём распыления, горячего цинкования или гальванизации.

После сварки в условиях монтажа защитный слой цинка с лицевой стороны закладной детали и связи – накладки восстанавливается с помощью газопламенной металлизации.

Кроме того, оцинкованные стальные элементы защищают замоноличиванием их цементно-песчаным раствором (1:1,5 ÷ 1:2) толщиной не менее 20 мм.

Как было указано выше, вертикальные стыки между стеновыми панелями, заполняемые раствором или бетоном (малоупругими материалами), неизбежно по целому ряду причин растрескиваются. Для того чтобы дождевая вода не проникала в помещение через трещины в стыках, а также в целях восстановления герметизации стыка, разработан ряд мероприятий.

Вертикальный стык наружных стеновых панелей рекомендуется устраивать с применением двойной герметизации прокладок, изготовляемых из пороизола или гернита. Вертикальные грани панелей имеют точно выполненный профиль, образующий пазы необходимой формы и выступы, обеспечивающее точное положение в стыках гидроизоляционных прокладок (рис. 4.12, б).

Со стороны фасада устье шва разделывают герметизирующей мастикой, цементным раствором и расчеканкой и дополнительной окраской гидрофобной мастикой, также как горизонтальные стыки стеновых панелей. Герметизацию вертикальных стыков наружных стеновых панелей производят изнутри до установки панелей внутренних стен. В устье паза вводят гермети-

зирующую прокладку (гернитовый шнур)[1] до упора. Затем дно стыка заклеивают слоем гидроизола на синтетическом клее. После этого при однослойных наружных стеновых панелях монтируют внутренние стены с полным их креплением, устанавливают в углах щиты переставной опалубки и производят бетонирование колодца шва бетоном В 15 на быстротвердеющем, расширяющемся или безусадочном цементе с лёгким заполнителем, размеры зёрен которого не должны превышать 20 мм.

Более надёжны вертикальные жёсткие монолитные стыки, прочность, которых обеспечивается замоноличенной арматурой. При устройстве таких стыков имеется возможность избежать трещин, в стыках исключается также опасность коррозии стальных связей.

На рис. 4.12, в показан монолитный стык однослойный стеновых панелей с петлевыми выпусками арматуры, соединенными скобами из круглой стали диаметром 12 мм. Герметизация стыка обеспечивается прокладкой пороизола на мастике «изол» и обмазкой наружного шва герметиком. Между замоноличенной зоной стыка и герметизацией образована вертикальная воздушная полость, которая служит дренажным каналом, отводящим вниз попадающую внутрь шва воду с выпуском её наружу на уровне цоколя.

При монтаже домов из панелей небольшой толщины в вертикальных стыках применяют уплотняющие вкладыши из минеральной ваты, обвёрнутой полиэтиленовой плёнкой, или из пенопласта (рис. 4.12, а).

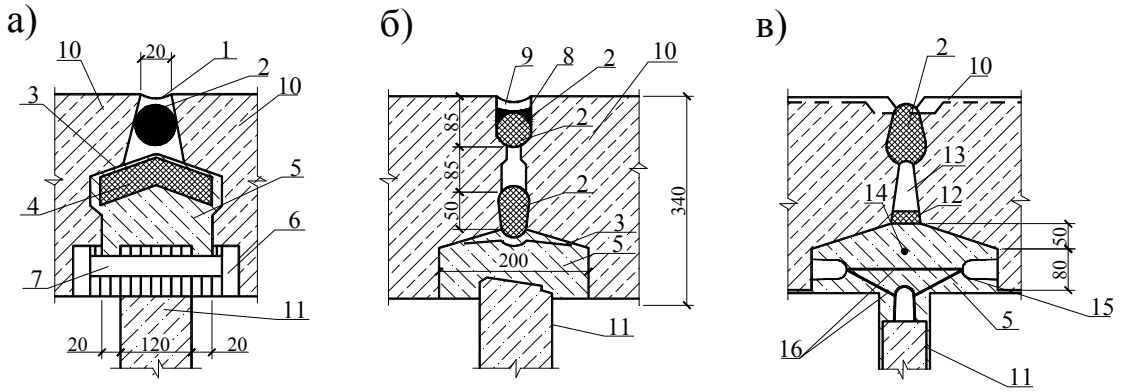


Рис. 4.12. Конструкции вертикальных стыков наружных стеновых панелей:
а – упруго-податливый стык; б – тоже с двойной герметизацией; в – монолитный (замоноличенный) стык; 1 – раствор или герметик; 2 – гернитовый шнур на клее КН-2 или пороизоловый жгут; 3 – полоса гидроизола или рубероида; 4 – термовкладыш; 5 – тяжелый бетон; 6 – закладные детали; 7 – стальная накладка; 8 – герметизирующая мастика; 9 – цементный раствор; 10 – наружная однослойная панель; 11 – внутренняя несущая железобетонная панель; 12 – прокладка (стиропор); 13 – дренажный канал; 14 – анкер диаметром 12 мм; 15 – петля; 16 – скоба диаметром 12 мм

---

[1] Гернит – пористые эластичные жгуты круглого сечения диаметром 30 и 40 мм, изготовляемые из синтетического наиритового каучука. Ввиду того, что водопоглощение гернита колеблется в пределах от 0,7 до 6,5 %, требуется дополнительно защищать его поверхность. Поэтому гернитовые прокладки можно применять только в сочетании с клеями КН – 2 и 88 – Н. Эти клеи изготовляются на базе наитритового каучука, однородного с гернитом материала. Оба клея хорошо сцепляются с бетоном.

При проверке петлевых соединений были обнаружены зазоры между отгибами скоб и петлями, которые в случае недостаточного плотного замоноличивания вызывали значительную податливость связей. Для уменьшения податливости такого рода несварных связей в некоторых типовых сериях панельных жилых домов были предусмотрены дополнительные сварные связи, запроектированные как монтажные.

Горизонтальный стык наружных стеновых панелей решают с устройством в верхней грани панели "противодождевого барьера" (или "водоотбойного барьера", рис. 4.13, а; б) или зуба. На наклонной части барьера, или зуба раствор прерывают и создают воздушный зазор, в пределах которого подъём влаги по капиллярам прекращается и стык остаётся сухим. На внутренней стороне верхней грани панелей устраивают четверти для опирания панелей перекрытия. Противодождевые барьеры или зубья не устраивают в однослойных стеновых панелях толщиной 300 мм и более. Ширину опорной четверти в несущих наружных стенах принимают 110 мм, имея ввиду заделку перекрытия на 80 мм. Ширину четверти в самонесущих стенах принимают 50 мм с заделкой панелей только на 30 мм в акустических целях (для снижения звукопроводности стыка). Край панели перекрытия укладывают на четверть несущих наружных панелей по слою раствора, а на четверть самонесущих панелей по слою пакли, вымоченной в гипсе. Снизу паз тщательно расширяют раствором. Между торцом панели перекрытия и стеновой панелью вводят полосу утеплителя толщиной около 30 мм. Панели наружной стены и перекрытий соединяют сваркой закладных деталей с тщательным замоноличиванием.

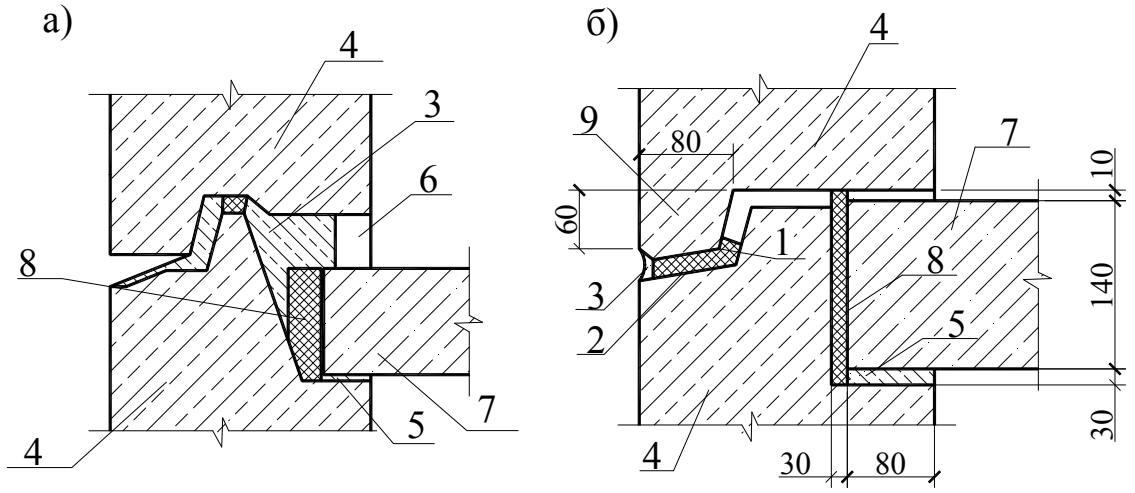


Рис. 4.13. Конструкции горизонтальных стыков наружных стеновых панелей:
а – горизонтальный стык с противодождевым барьером; б – то же, с зубом; 1 – гернитовый шнур на клее КН-2 или пороизоловый жгут; 2 – герметизирующая мастика; 3 – цементный раствор; 4 – наружная стеновая панель; 5 – зачеканка раствором; 6 – монтажная прокладка; 7 – панель перекрытия; 8 – вкладыш из минераловатных плит толщиной 50 мм, обернутый в пергамин, или из пенопласта; 9 – зуб

Перед установкой панелей следующего этажа на противодождевой зуб нижней панели укладывают герметизирующую прокладку, а на заделываемый край панели перекрытия – слой раствора. После установки стеновой панели герметик с наружной стороны покрывают полиизобутиленовой мастикой, а затем шов заделывают раствором с расчеканкой.

4.6 Конструкции крыши

В практике крупнопанельного домостроения нашли применение два типа крыш; совмещенные (вентилируемые и невентилируемые) и чердачные (рис. 4.14 и 4.15).

Совмещённые невентилируемые крыши используются, как правило, в малоэтажных общественных зданиях и жилых домах высотой до четырех этажей.

Несущей основой в совмещённых невентилируемых крышах служат те же плоские железобетонные плиты, что и в конструкциях междуэтажных перекрытий. По несущей плите в условиях строительной площадки укладывают по слою пароизоляции утеплитель из пеностекла, керамзитобетона, цементно-фибролитовых плит и др. материалов, затем устраивают цементную стяжку для выравнивания основания под гидроизоляционный ковёр, завершающий конструкцию покрытия (рис. 4.14, а; б). Водоотвод с крыши обычно осуществляется через внутренние водостоки. Однако, в практике имеются случаи применения в 5-этажных домах наружных водостоков с устройством организованного водосброса.

Вентилируемые совмещённые крыши сооружают из крупных панелей заводского изготовления: однослойных, монтируемых за один приём, или, в крайнем случае двухслойных, монтируемых послойно за два раза. Вентиляция крыши осуществляется через воздушные прослойки или же в верхней её зоне.

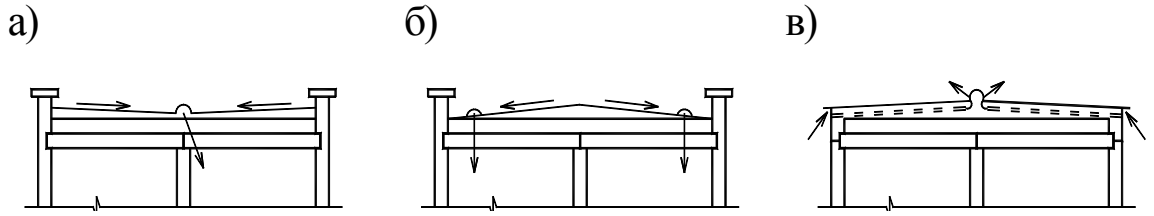


Рис. 4.14. Схемы совмещенных крыш крупнопанельных зданий:
а, б – совмещенные невентилируемые крыши; в – совмещенные вентилируемые крыши.

Наличие воздушной прослойки даёт возможность удалять накопившиеся под гидроизоляционным ковром (в верхней зоне теплоизоляции) водяные пары и таким образом осушать крышу (рис. 4.14, в).

Крупноразмерные панели для крыш большой заводской готовности изготовляют из армированного пено- или газобетона. Для вентиляции в панели

устраивают продольные сквозные цилиндрические каналы диаметром 50÷60 мм (или квадратные каналы), расположенные на расстоянии 35÷50 мм от верхней плоскости панели и 150÷200 мм друг от друга. Систему расположенных в панелях вентиляционных каналов присоединяют к сборному каналу на продольной оси крыши, над которым находятся вытяжные шахты (рис. 4.14, в).

Необходимо иметь в виду, что вентиляция совмещённой крыши без устройства на ней вытяжных шахт не даёт надлежащего эффекта.

Схемы сечений нескольких вариантов совмещенных вентилируемых крыш заводского изготовления, которые в одном или двух монтажных элементах сочетают несущие, теплоизоляционные, гидроизоляционные и вентиляционные функции, показаны на рис. 4.15.

Водоотвод в этих крышах устраивается внутренний.

Чердачные крыши используются обычно в зданиях высотой 5 и более этажей. Они способствуют повышению эксплуатационных качеств крупнопанельных зданий при небольших дополнительных затратах. При устройстве чердачных крыш легче устранять протечки крыш и предупреждать попадания воды в помещения верхнего этажа.

Крыши панельных зданий следует проектировать сборными из крупноразмерных железобетонных элементов, преимущественно с чердаком, имеющим сквозной проход вдоль здания высотой в свету не менее 1,6 м. На отдельных участках чердака возможно уменьшение высоты до 1,2 м.

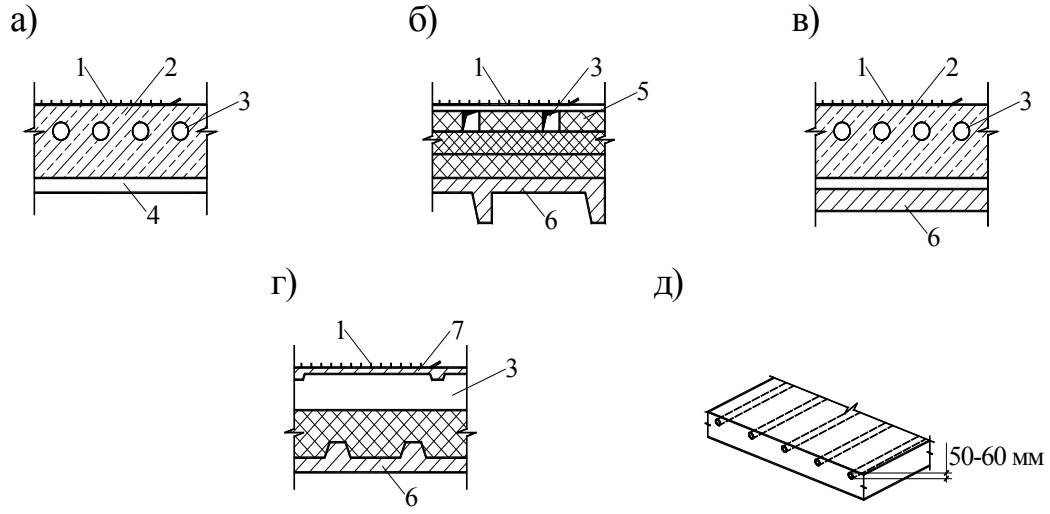


Рис. 4.15. Совмещенные крыши из крупных панелей:
а, б – монтируемые за один прием; в, г – монтируемые за два приема; д – схема армопенобетонной панели с вентиляционными каналами; а – однослойные из легких бетонов; б – с несущей утепленной нижней плитой со стяжкой и гидроизоляцией; в – утепляющая панель на несущем перекрытии; г – нижняя несущая плита, соединенная с плитой из легкого бетона и верхняя панель; 1 – кровельный ковер; 2 – несущий утеплитель из легкого бетона; 3 – вентиляционный канал; 4 – слой плотного бетона; 5 – жесткий утеплитель; 6 – несущая плита; 7 – верхняя кровельная панель

Переход на чердачные крыши стимулировал поиск способов использования внутреннего пространства чердака, в результате чего применяются новые конструктивные решения с выпуском в чердак воздуха вытяжной вентиляции дома с естественным побуждением.

В практике строительства используются следующие принципиальные схемы чердачных крыш, отличающихся различными комбинациями выпуска вентиляционного воздуха и ограждающих конструкций (рис. 4.16):

а) крыши с холодным чердаком и кровлей из рулонных материалов (рис. 4.16, а);
б) крыши с холодным чердаком, безрулонные с кровельными панелями (рис. 4.16, б);
в) крыши с теплым чердаком и кровлей из рулонных материалов (рис. 4.16, в);
г) крыши с теплым чердаком, безрулонные с кровельными панелями (рис. 4.16, г);

Конструкцию чердачных крыш следует выбирать в соответствии с климатическими условиями района строительства по табл. 4.1.

Крыша с холодным чердаком и кровлей из рулонных материалов состоит из железобетонных панелей чердачных перекрытий с утеплением плитными, штучными или засыпными материалами; фризовых наружных стен из железобетонных панелей; кровельных панелей и водосборных лотков; бетонных карнизных парапетных блоков из тяжелого бетона; кровли из рулонных материалов.

В состав крыши с холодным чердаком и кровельными панелями входят элементы, перечисленные выше, за исключением кровли из рулонных материалов.

Для крыш с холодным чердаком характерным является пропуск каналов вытяжной вентиляции дома через чердачное пространство наружу и утепление чердачного перекрытия.

Холодный чердак наиболее полно соответствует функциональной схеме крыши, безупречен в эксплуатационном отношении, а область его применения практически не ограничена. Однако пропуск через чердачное покрытие многочисленных вентиляционных блоков и канализационных вытяжек существенно уменьшает ее надежность, особенно в местах примыкания, а также увеличивает номенклатуру сборных элементов.

Этот недостаток в основном проявляется при безрулонной крыше, где номенклатура кровельных панелей возрастает в $2 \div 3$ раза.

Крыши с теплым чердаком и кровлей из рулонных материалов следует проектировать при использовании чердачного помещения в качестве воздухосборной камеры в системе вытяжной вентиляции. Вентиляционные коммуникации объединяются в чердачном пространстве в общую шахту.

а)

б)

в)

г)

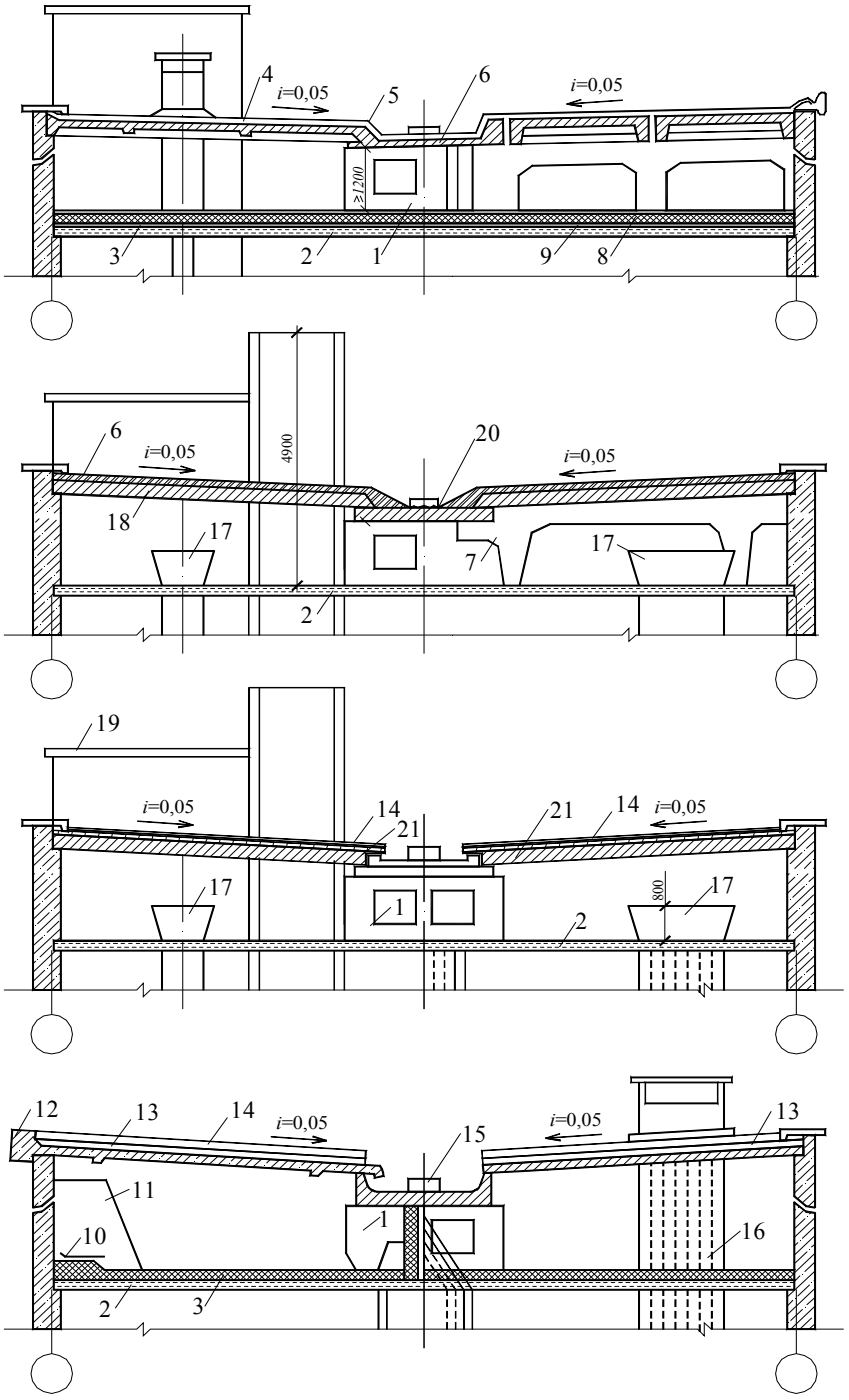


Рис. 4.16. Принципиальные схемы конструкции чердачных полносборных крыш: а – с холодным чердаком и рулонной кровлей; б – то же, с безрулонной; в – с теплым чердаком и рулонной кровлей; г – то же, с безрулонной; 1 – опорный элемент; 2 – панель чердачного перекрытия; 3 – утеплитель; 4 – кровельная ребристая панель; 5 – рулонный ковер; 6 – водосборный лоток; 7 – опорная рама; 8 – защитный слой; 9 – пароизоляционный слой; 10 – полоса рубероида; 11 – фасадный опорный элемент; 12 – железобетонная кровельная панель безрулонной крыши; 13 – гидроизоляционный слой; 14 – П-образная плита-нащельник; 15 – водосточная воронка; 16 – вентиляционный блок; 17 – оголовок вентиляционного блока; 18 – легкобетонная панель покрытия; 19 – машинное помещение лифта; 20 – легкобетонная панель лотка; 21 – двухслойная кровельная панель

Крыши с теплым чердаком и кровлей из рулонных материалов состоят из чердачного перекрытия, монтируемого из панелей, аналогичных панелям междуэтажных перекрытий; наружных фризовых стен чердака, аналогичных наружным стенам здания; кровельных панелей однослойной конструкции из бетонов на пористых заполнителях или из ячеистых бетонов, а также слоистой конструкции с эффективным утеплителем; карнизных парапетных блоков; вытяжных шахт; кровли из рулонных материалов.

Таблица 4.1 – Оптимальные типы конструкции чердачных крыш с учетом типа здания и климатических условий района строительства.

Тип зданий и их этажность	Тип крыши и покрытий	Конструкция крыши	Климатический район				Минимальный уклон, %
			I	II	III	IV	
Жилые и общественные высотой пять и более этажей	а и б	С рулонной и безрулонной кровлей и холодным чердаком	Н	С	С	Д	Кровли – 3, Лотка – 1
То же	в и г	С рулонной и безрулонной кровлей и теплым чердаком	С	С	Д	Н	Кровли – 5, Лотка – 3

В состав крыши с теплым чердаком и кровельными панелями входят элементы, перечисленные выше, за исключением кровли из рулонных материалов.

Для теплого чердака характерен закрытый объем чердака. Выпуск вытяжного воздуха из дома наружу осуществляется через высокую вытяжную шахту.

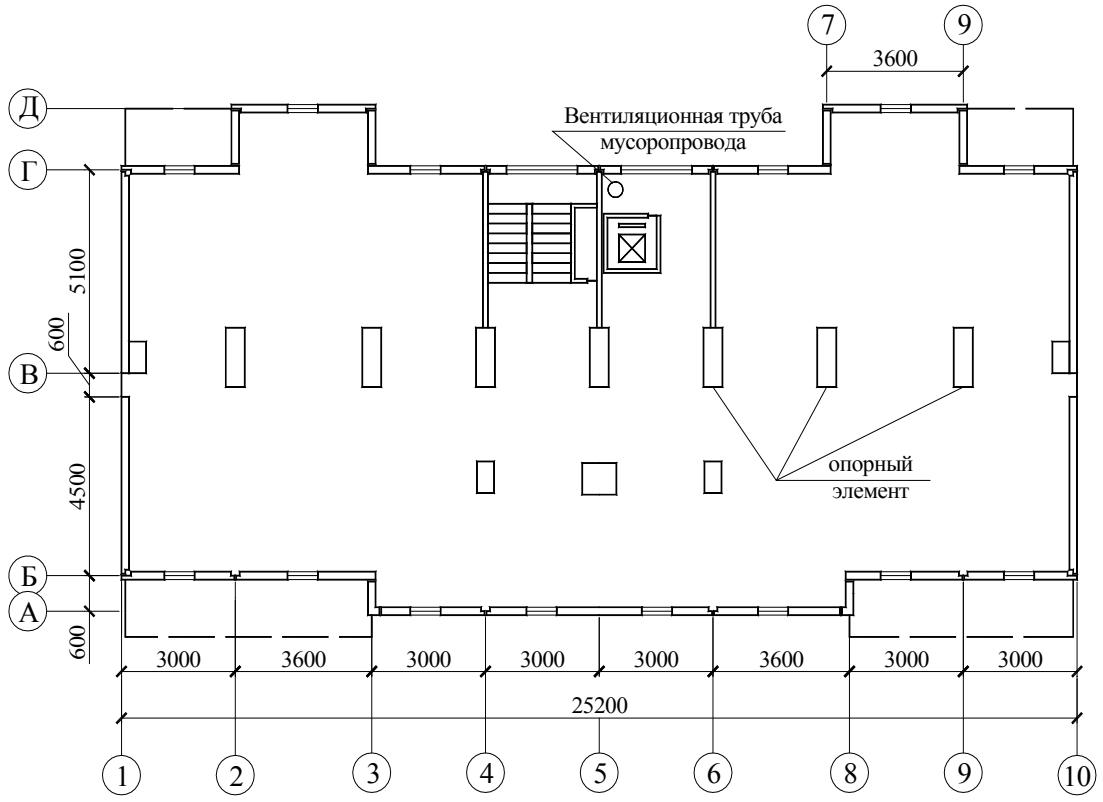
Наружные ограждения чердака (стены и покрытие) имеют расчетные теплозащитные характеристики.

Чердачные перекрытия, разделяющие отапливаемые помещения от обогреваемого чердака, могут выполняться без теплоизоляции.

Включение вентиляционной системы дома в функциональную схему крыши обеспечивает устойчивую работу вентиляционной системы и улучшает эксплуатационные свойства крыши в целом. Кроме того, теплый чердак дает возможность уменьшить теплопотери перекрытия за счет использования тепла отбрасываемого вентиляционного воздуха. С другой стороны, устройство теплоизоляции в наружных ограждениях чердака заметно повышает материалоемкость ограждающих конструкций и увеличивает их строительную стоимость, что является основным недостатком крыши с теплым чердаком.

На рис. 4.17, 4.18 приведены элементы конструкций, используемых в чердаке, а также схема расположения панелей чердачного перекрытия.

а)



б)

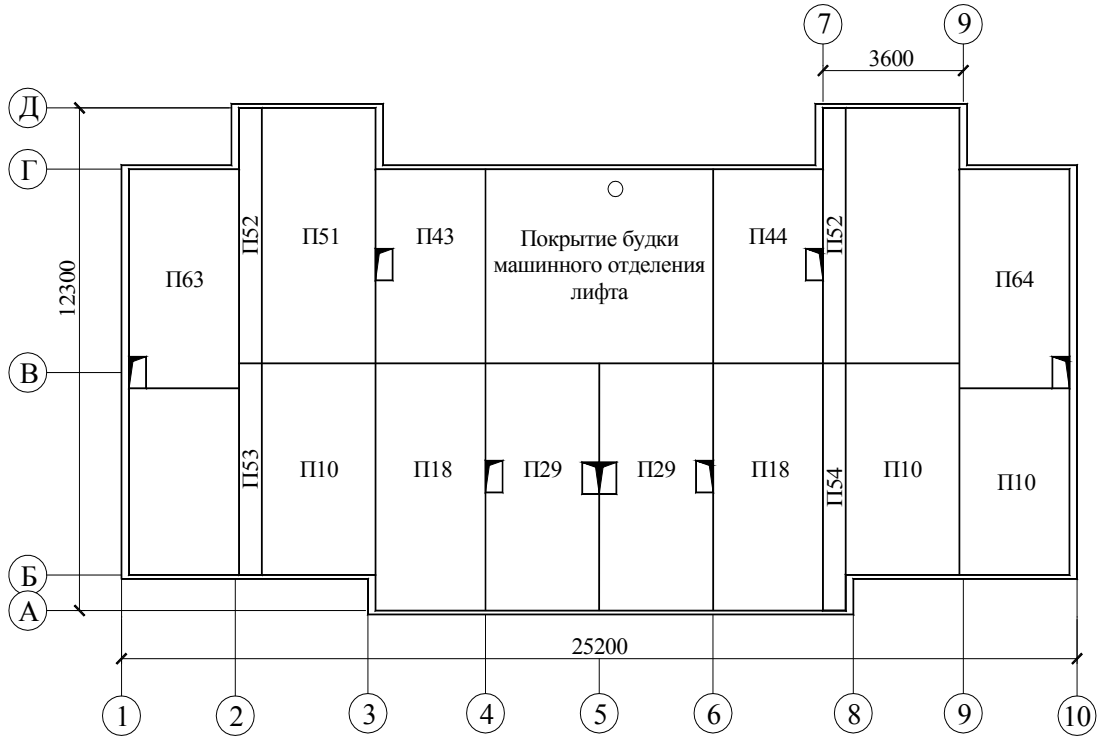
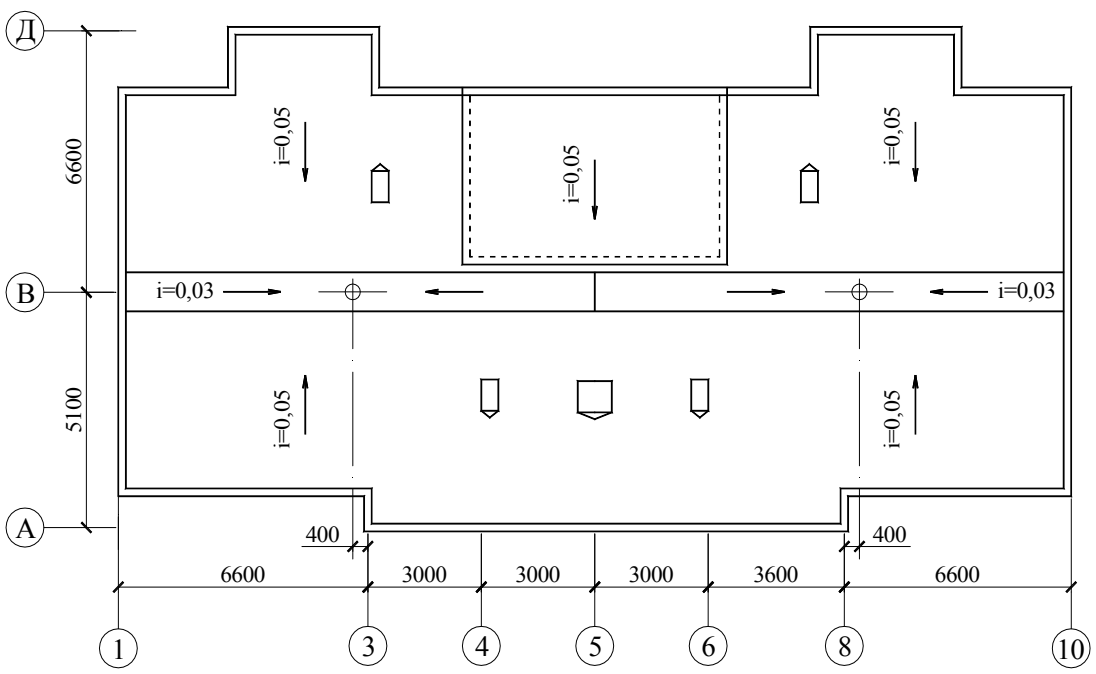


Рис. 4.17. Схема плана чердака (а) и плана покрытия с расположением раздельных панелей чердачной крыши с холодным чердаком и рулонной кровлей (б)

а)



б)

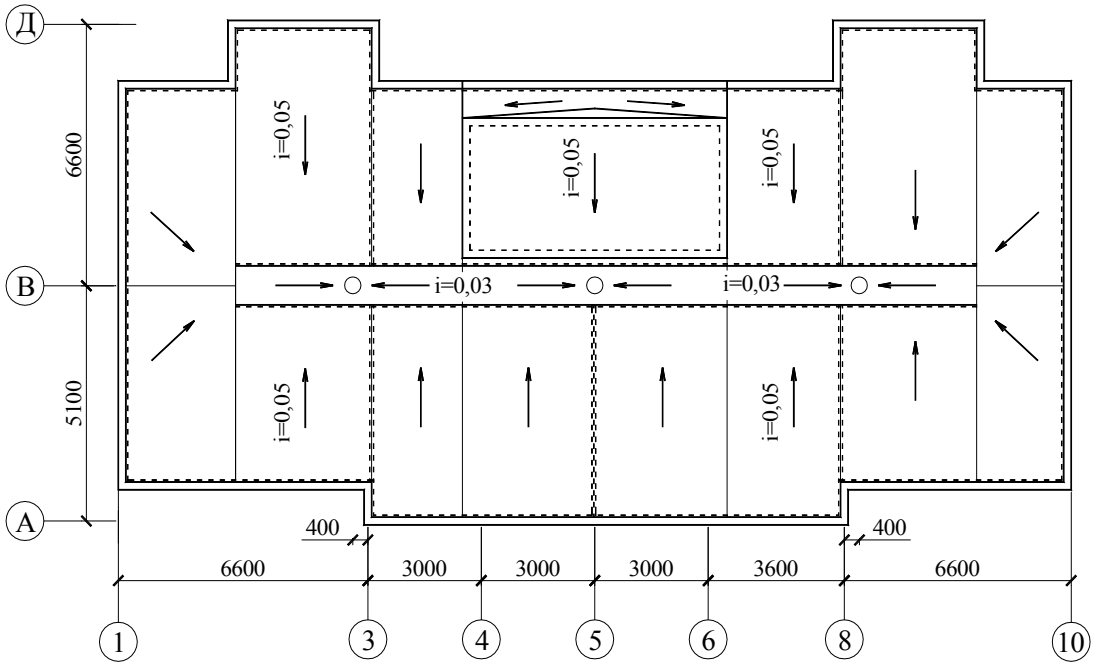


Рис. 4.18. Схема плана чердачной крыши:
а – рулонная крыша; б – безрулонная крыша

На рис. 4.19 показаны детали рулонной крыши крупнопанельных зданий. С целью повышения надежности в эксплуатации рулонных крыш примыкание их к парапетной панели должно быть перекрыто тремя дополнительными слоями рубероида или мастики. Кроме того, дополнительно устраивают фартуки из оцинкованной кровельной стали. Верх фартука, примыкающего к стене, герметизируют мастикой (эластосил и т.п.). Стыки ребристых панелей крыши до укладки кровли закладываются поверху полосами из рубероида с точечной проклейкой их с одной стороны шва.

На рис. 4.20, 4.21 показаны детали безрулонной крыши зданий из полносборных элементов.

При проектировании сборных железобетонных крыш необходимо соблюдать основное правило их конструирования: стыки между кровельными панелями, как правило, должны совпадать с вертикальными стыками панелей продольных фризовых стен; все стыки кровельных элементов, углы примыкания их к другим конструкциям должны находиться выше основной поверхности ската воды, а зазоры в стыках и примыканиях должны быть перекрыты. Для этого кровельные элементы в местах стыков и примыканий должны снабжаться бортиками высотой не менее 80 мм. При раскладке кровельных панелей вплотную друг к другу перекрывание стыков осуществляется железобетонными "Г"-образными нащельниками или напуском одного из элементов на другой "гуськом" (рис. 4.20).

При раскладке панелей с раздвижкой, не превышающей 1200 мм, промежуток между ними следует перекрывать уширенными "П"-образными железобетонными замковыми панелями. В этом случае промежуток между кровельными панелями рекомендуется использовать для пропуска через кровлю вентиляционных блоков и прочих элементов. Допускается использовать замковые панели в качестве зонта над оголовками вентиляционных блоков.

Железобетонные кровельные панели следует проектировать с продольными и поперечными ребрами. Высота промежуточных продольных ребер назначается по расчету с учетом размещения между ребрами отверстий для пропуска вентиляционных шахт. Стыки между этими ребрами могут быть перекрыты плитами-нащельниками или внахлестку с выступающим свесом крайнего высокого ребра смежной панели с прокладкой герметика.

На рис. 4.21 приводятся варианты схем продольных стыков кровельных панелей.

Кровельные панели при опорах на водосборный лоток должны иметь нижнее ребро на всю ширину панели; при опоре на наружную стену – верхнее ребро, расположенное выше уровня стока воды.

Толщину поля плиты кровельных панелей следует принимать не менее 40 мм. Для пропуска через кровельные панели вентиляционных шахт, стояков вытяжной вентиляции из канализации и выходов на крышу в панелях предусматриваются отверстия с бортиками высотой от 80 до 100 мм по периметру.

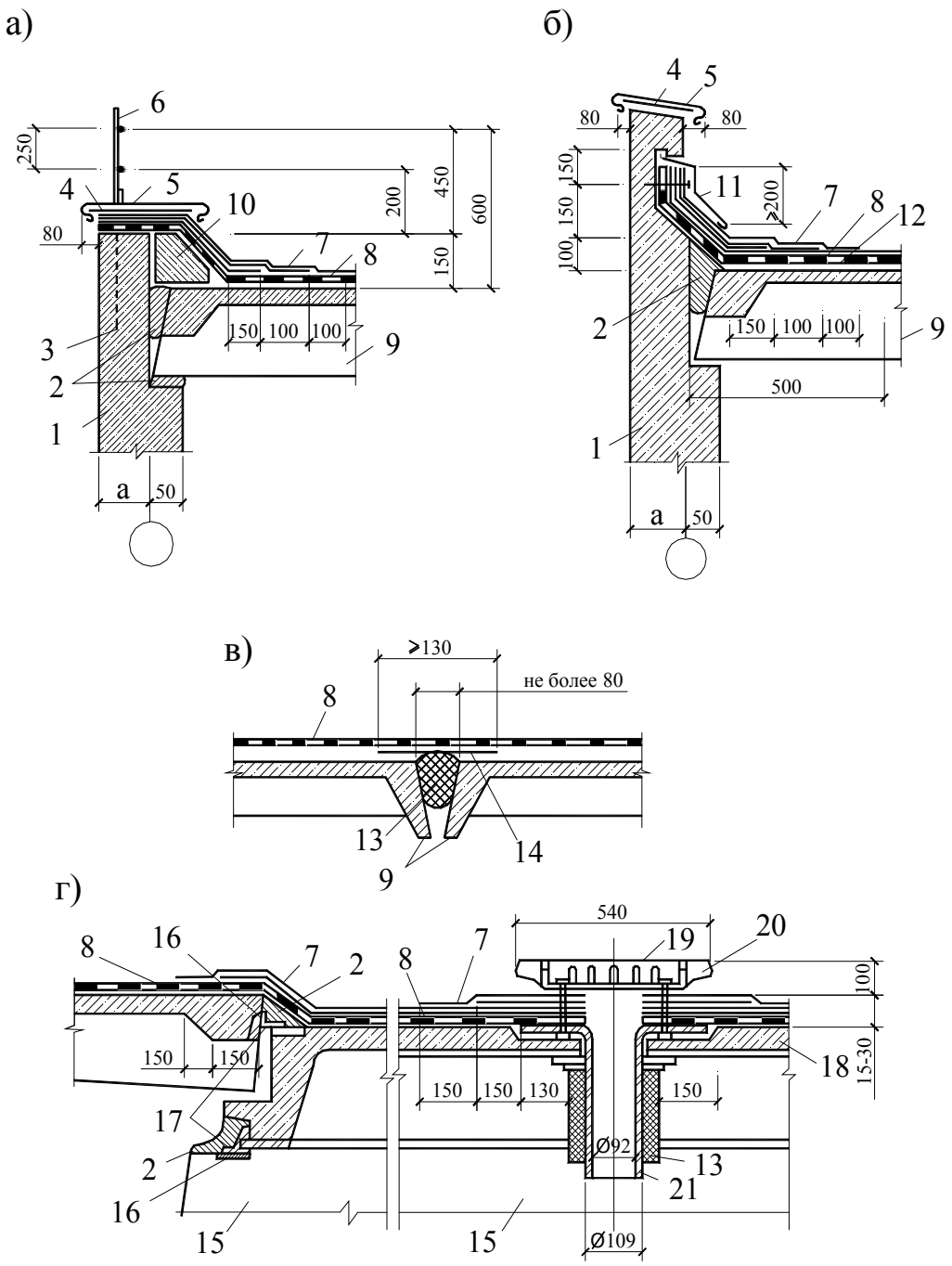


Рис.4.19. Узлы сопряжений конструкций рулонной крыши:
а, б – варианты решения карнизного узла со схемами крепления рулонной кровли к стене; в – схема поперечного стыка кровельной панели; г – схема установки водосточной воронки на крыше; 1 – фризовая панель; 2 – цементно-песчаный раствор; 3 – анкерный выпуск; 4 – кровельные костыли через 600 мм пристрелены дюбелями; 5 – оцинкованная кровельная сталь; 6 – стойка ограждения; 7 – дополнительный слой рубероида на битумной мастике; 8 – основная кровля; 9 – ребристая железобетонная ребристая панель; 10 – бетонный бортовой камень; 11 – защитный фартук из оцинкованной стали; 12 – скользящая полоса рулонного материала; 13 – маты минераловатные; 14 – полоса из рулонного материала с односторонней приклейкой на ширину 50 мм; 15 – опорная рама; 16 – закладная деталь; 17 – монтажный соединительный элемент; 18 – лотковая панель; 19 – водосточная воронка; 20 – заливка герметизирующей мастикой; 21 – труба спускная водосточной воронки

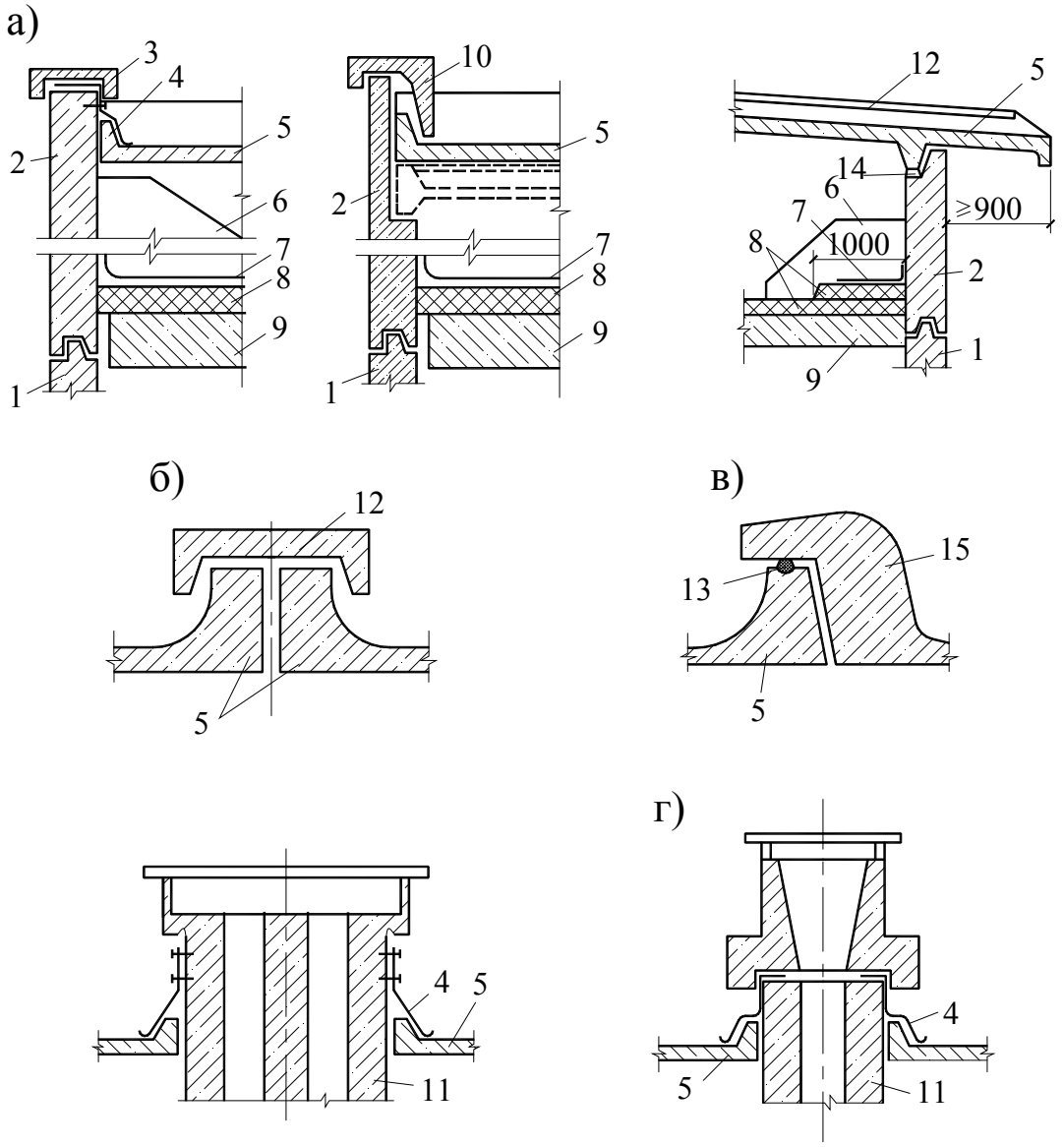


Рис. 4.20. Конструкции безрулонной чердачной крыши:
а – вариант сопряжения крыши с торцевой наружной стеной; б – продольный и коньковый стык с перекрыванием узким нащельником; в – стык панелей без консолей с перекрыванием «гуськом»; г – варианты конструкции сопряжения вентиляционных шахт с крышей; 1 – панель наружной стены; 2 – фризовая панель торцевой стены; 3 – парапетная плита; 4 – фартук из оцинкованной стали; 5 – кровельная панель; 6 – опорный элемент; 7 – полоса рубероида; 8 – утеплитель; 9 – плита чердачного перекрытия; 10 – Г-образный парапетный элемент; 11 – вентиляционная шахта; 12 – нащельник; 13 – герметик; 14 – цементный раствор; 15 – водосборный лоток

Железобетонные водосборные лотки проектируются преимущественно однопролетными корытообразного профиля. Высоту несущих продольных ребер лотка необходимо принимать по расчету, но не менее 350 мм; толщину днища – не менее 80 мм; высоту торцевых ребер лотка – на 80 ÷ 100 мм меньше высоты несущих продольных ребер; ширину водосборного лотка – не менее 900 мм.

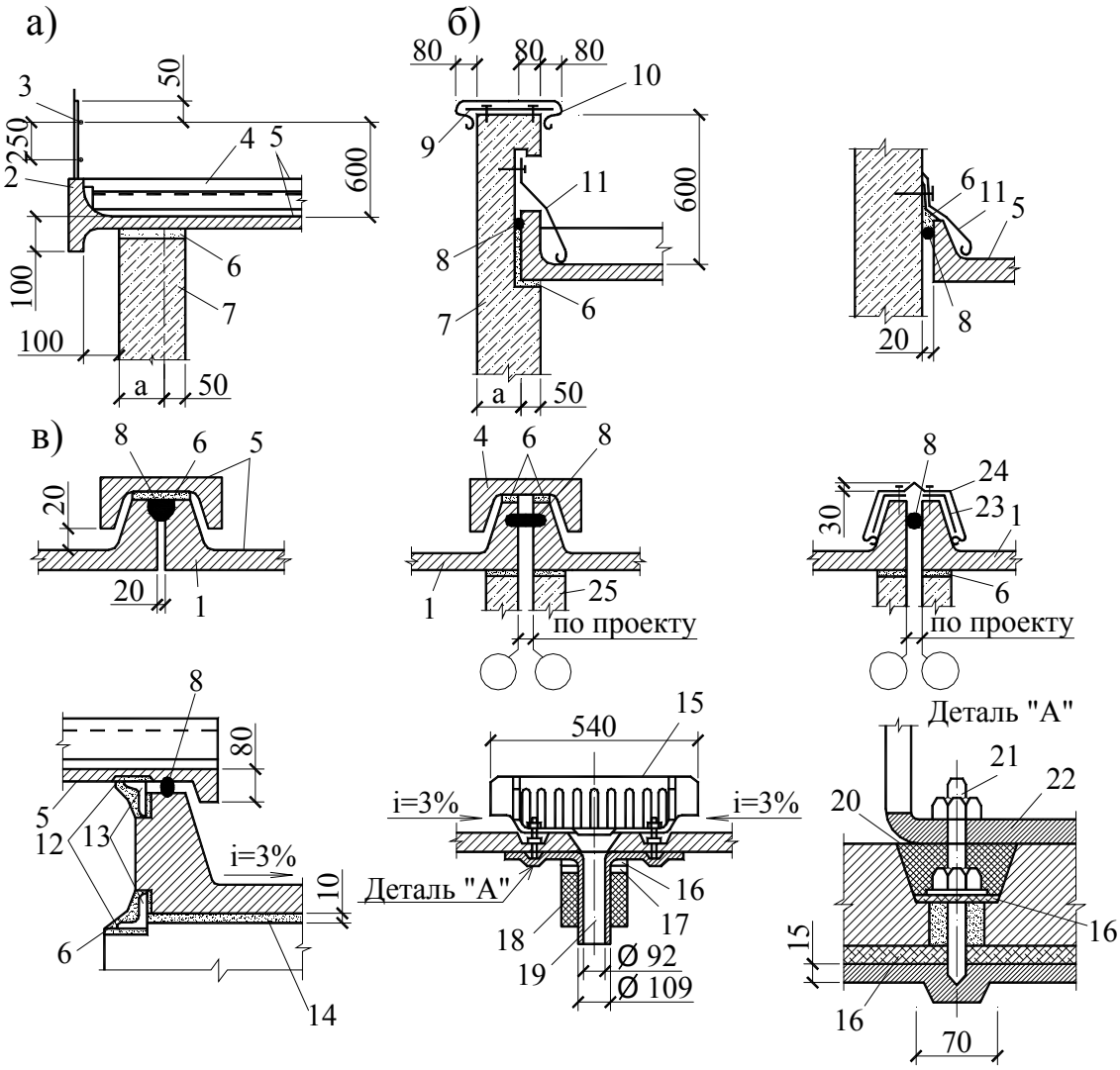


Рис. 4.21. Конструкции безрулонной чердачной крыши:
а, б – вариант конструкций ограждения крыши; в – вариант конструкции деформационного шва; 1 – кровельная панель; 2 – анкерный выпуск; 3 – стойка ограждения; 4 – П-образная плита-нащельник; 5 – гидроизоляция мастичными или окрасочными составами; 6 – цементно-песчаный раствор; 7 – фризовая панель; 8 – герметик; 9 – кровельные костыли шагом 600 мм; 10 – оцинкованная кровельная сталь; 11 – защитный фартук из оцинкованной стали; 12 – закладная деталь, 13 – стальной соединительный элемент; 14 – лотковая панель; 15 – водосточная воронка; 16 – уплотняющая прокладка из пористой резины по периметру трубы; 17 – зажимной хомут воронки; 18 – маты минераловатные прошивные; 19 – труба спускная водосточной воронки; 20 – мастика изоляционная битумно-резиновая; 21 – шпилька; 22 – металлическая шайба; 23 – полоса из стали через 600 мм; 24 – компенсатор из оцинкованной кровельной стали; 25 – внутренние стеновые панели чердака

В каждом водосборном лотке следует предусматривать установку одной водосточной воронки.

В крышах с теплым чердаком вентиляционные каналы должны быть выведены на чердак. Удаление воздуха из чердака следует предусматривать через одну вентиляционную шахту на каждую секцию дома, устанавливаемую на покрытии. Высоту вытяжной шахты следует определять по расчету

вентиляции. Верх шахты должен быть расположен на отметке не менее 4,5 м от чердачного перекрытия.

Толщину кровельных панелей покрытия холодного чердака принимают не менее 40 мм. Толщина панелей покрытия теплого чердака определяется по расчету.

Кровельные панели складчатого сечения, в которых полки расположены в сжатой зоне, выполняются без предварительного напряжения.

Для изготовления железобетонных кровельных панелей и водосборных лотков применяют бетоны класса В20 и более.

При изготовлении однослойных панелей покрытия для теплого чердака из керамзитобетона его плотность должна составлять не более 1400 кг/м^3.

5 КАРКАСНЫЕ КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

5.1 Общие сведения

Несущий остов каркасного здания представляет собой систему, состоящую из следующих элементов:

а) фундаментов;
б) вертикальных опор – стоек или колонн;
в) горизонтальных элементов – ригелей, балок, настилов, перекрытий и покрытий;
г) связей, обеспечивающих неизменяемость пространственной геометрической формы и устойчивость здания.

Применение каркасного несущего остова дает возможность:

а) свободно планировать помещения;
б) резко снизить массу здания благодаря замене тяжелых несущих стен редко расставленными колоннами с легкими навесными стенами и перегородками;
в) применять высокие классы бетонов и стали, эффективные современные материалы для навесных ограждающих конструкций;
г) надежно контролировать качество изделий, стыков и производства работ;
д) возводить здания большой этажности (железобетонные монолитные или сборные – от 16 до 25÷30 этажей, стальные – без ограничения этажности);
е) легко унифицировать сборные детали и изделия.

В каркасном несущем остове возможны следующие конструктивные схемы (рис. 3.1):

а) с поперечным каркасом;
б) с продольным каркасом;
в) с пространственным каркасом;
г) с внутренним каркасом и несущими наружными стенами;
д) с безригельным внутренним каркасом;
е) с безригельным внутренним каркасом и несущими наружными стенами.

Выбор конструктивной схемы зависит от архитектурно-планировочного решения, способа обеспечения устойчивости здания, инженерного оборудования и других факторов.

При проектировании и строительстве каркасных зданий важное значение имеет обеспечение жесткости и устойчивости зданий, которые достигаются за счет той или иной статической схемы работы конструкции каркаса.

По характеру статической работы различают три вида каркасов: рамный, связевый и рамно-связевый (рис. 5.1).

Рамный каркас представляет собой систему колонн, ригелей и перекрытий, соединенных в конструктивных узлах в жесткую и устойчивую пространственную систему, воспринимающую как вертикальные, так и горизонтальные (ветровые и др.) усилия (рис. 5.1, а).

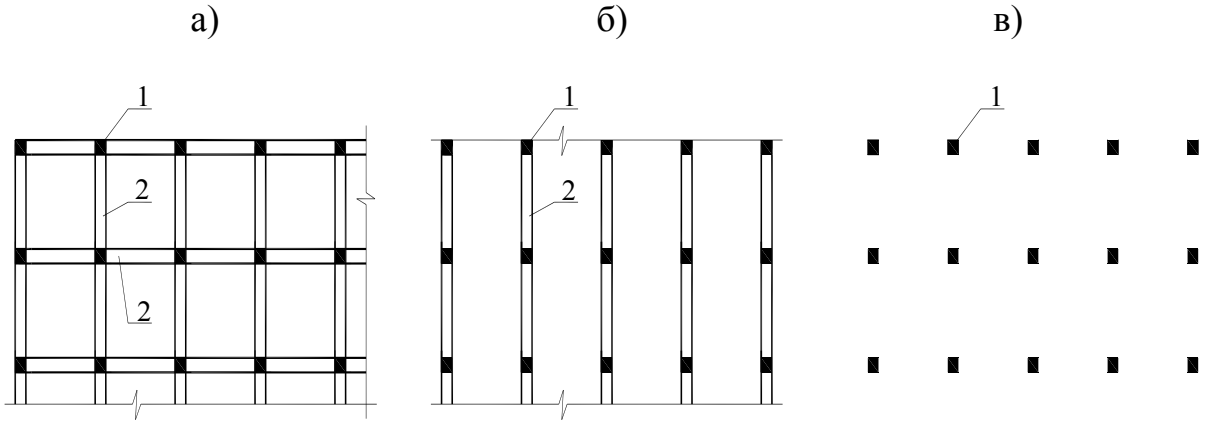


Рис. 5.1. Схемы несущих остовов каркасных зданий:
а – рамный каркас; б – рамно-связевый; в – связевый; 1 – колонна; 2 – ригель

Этим требованиям отвечает конструктивная схема с пространственным (в двух направлениях) расположением ригелей.

Рамный каркас может быть выполнен как в железобетоне (монолитном или сборном), так и в металле. Стальные конструкции металлического каркаса для пожарной безопасности должны быть обетонированы.

Рамный каркас трудоемок в изготовлении и требует повышенного расхода стали. В нашей практике он применяется обычно при строительстве зданий, в которых не допускается установка поперечных и продольных связей – диафрагм жесткости, на протяжении до 48 ÷ 54м по всей высоте здания. Кроме того, стальной рамный каркас применяется при строительстве очень высоких зданий.

В связевых каркасах колонны и ригели каркаса рассчитаны только на вертикальные нагрузки при шарнирных соединениях в узлах, а ветровые и другие горизонтальные нагрузки через перекрытия передаются на жесткие поперечные вертикальные связи (диафрагмы жесткости) – стенки или ядра жесткости (рис. 5.1, в).

В связевой схеме каркасного здания жесткие связи (диафрагмы) обычно располагаются с интервалами в несколько конструктивных шагов на расстоянии не более 48 м при сборных перекрытиях или 54 м при монолитном каркасе. Поэтому связевая система каркаса позволяет во всех этажах здания получить достаточно большие зальные помещения между связевыми стенами, что необходимо для зданий универмагов, торговых центров, проектных организаций, научных учреждений и др.

Каркасный остов связевой системы в настоящее время имеет наибольшее распространение в нашей стране, в массовом строительстве общественных зданий, зданий повышенной этажности и в высотных зданиях любого назначения.

В связевых каркасах могут использоваться как ригельные конструктивные схемы, так и безригельные.

Практически в связевых схемах узлы сопряжений между ригелями и колоннами все же получаются жесткими и обычно принимают на себя до 15% горизонтальных нагрузок на здание, искажая идеальную теоретическую

схему связевых каркасов. В чистом виде связевая схема воплощается в конструкциях безбалочных перекрытий, не имеющих ригелей или ребер в обоих направлениях.

При пролётах между колоннами до 9 м перекрытие выполняется в виде сплошной плиты толщиной в 1/30 ÷ 1/35 от пролета, а при пролетах от 9 до 12 м – в виде кессонированной плиты с тем же соотношением к пролету. В месте присоединения к колоннам плита утолщается, образуя так называемые грибовидные капители, или же усиливается внутренним металлическим воротником или дополнительными арматурными пространственными каркасами. Такие перекрытия с усилением опорных зон применяются также при возведении зданий по методу поднимающихся этажей.

Рамно-связевый каркас состоит из плоских рам, расположенных поперек здания (рис. 5.1, б) и жестких связей или железобетонных перегородок в продольном направлении. Плоские рамы обеспечивают только поперечную жесткость и устойчивость здания. Продольная устойчивость здания обеспечивается жесткими связями или стенками жесткости. Каркасный остов рамно-связевого типа применяется при строительстве жилых зданий гостиничного типа, административных зданий и других высотой до 20 ÷ 22 этажей.

Поперечные рамы могут формироваться как из отдельных ригелей и колонн (одноэтажных и многоэтажных), так и из П- или Н-образных элементов.

Связи для обеспечения жесткости и устойчивости зданий могут выполняться в виде сборных или монолитных железобетонных стенок диафрагм и пространственных ядер жесткости.

Сборные стенки жесткости устраиваются из железобетонных панелей, вставляемых в просветы между колоннами и ригелями с жестким креплением к ним со сваркой закладных деталей, не менее чем по два крепления по каждой стороне панели (рис. 5.2, б). Швы сопряжения после монтажа вставной панели замоноличиваются цементно-песчаным раствором. Этот тип жестких связей наиболее индустриален и широко применяется в массовом строительстве каркасных зданий высотой до 16 этажей (рис 5.2, а).

Монолитные железобетонные стенки жесткости возводятся на месте в инвентарной опалубке с приваркой арматурных сеток стенки жесткости к выпускам арматуры ригелей и колонн. Иногда внутрь монолитной жесткой стенки для повышения ее прочности вставляют крестовые или треугольные связи, выполненные из круглой стали (рис. 5.2, в) или из стальных прокатных профилей – швеллеров или уголков (рис. 5.2, г), расположенных по диагоналям просвета или в виде подкосов.

Металлические связи стягиваются стальными сетками и бетонируются с использованием переставной поэтажной опалубки и уплотнением бетона вибраторами. Толщина стенок жесткости обычно составляет 200 ÷ 300 мм, но в высотных зданиях она может доходить до 600 мм и более.

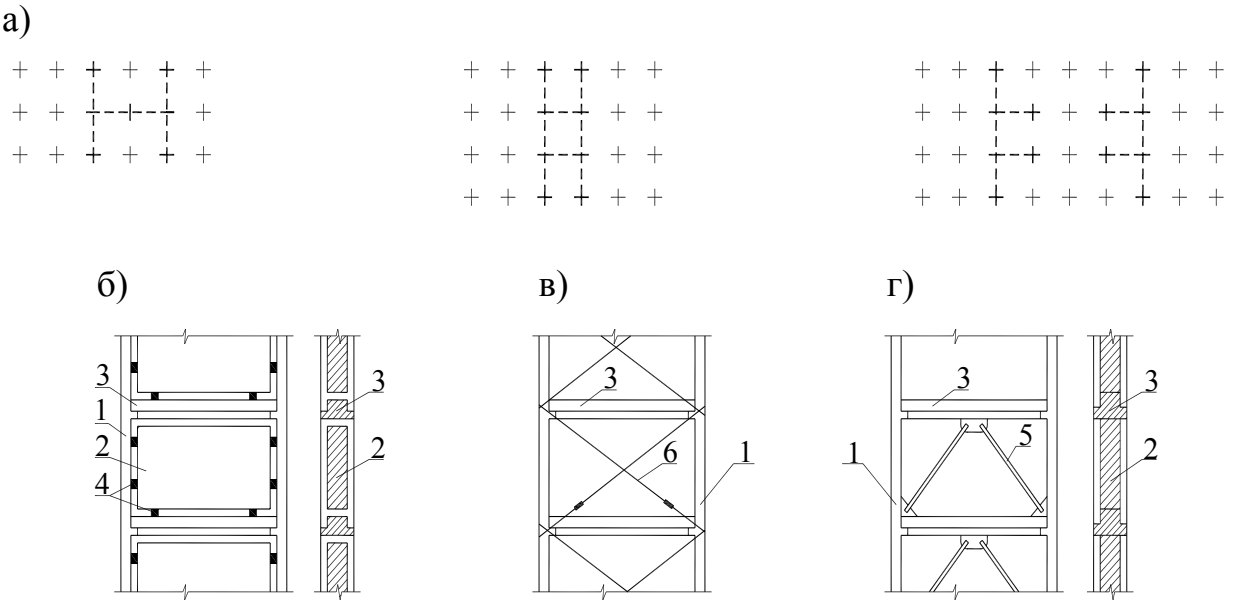


Рис. 5.2. Связи жесткости:
а – расположенные в плане пространственных диафрагм жесткости; б, в, г – конструкции диафрагм жесткости: б – сборные плоские диафрагмы жесткости; в – крестовые связи жесткости с диагональными растяжками; г – монолитная диафрагма жесткости с жесткими полураскосными металлическими связями; 1 – колонна; 2 – панель жесткости; 3 – ригель; 4 – сварные крепления панели жесткости к колоннам и ригелям; 5 – жесткие связи, образующие каркас монолитной стены жесткости; 6 – стальные тяжи с натяжными муфтами

В зданиях башенного типа диафрагмы жесткости располагают в центре здания в виде жесткого двутавра, квадрата, креста и т.п., образуя устойчивое пространственное ядро жесткости (рис. 5.3). Размеры ядра в плане проверяются расчетом на устойчивость с учетом габаритов дома и расчетных ветровых нагрузок в районе строительства. В отдельных случаях в протяженных зданиях устраивают в одном доме два или более пространственных ядра жесткости. В пределах ядер жесткости обычно размещаются шахты лифтов и вентиляции, лестничные клетки и другие помещения вспомогательного типа. Ядра жесткости выполняются на всю высоту здания.

При большей этажности каркасного здания пространственное ядро жесткости работает как консоль, заделанная в жестком незыблемом фундаменте. При больших горизонтальных усилиях (ветровые и др.) эта консоль может подвергаться некоторому изгибу, увлекая и примыкающие к ней каркасные этажи, что сопровождается нарушением горизонтальности перекрытий верхних этажей с переломами уклонов (рис. 5.3, г). Значительного уменьшения подобных деформаций можно достигнуть устройством в зоне верхнего технического этажа жесткой плоскости пространственной рамы (рис. 5.3, д).

Наружный каркас башенного дома большой этажности, имеющего пространственное ядро жесткости, при порывах ветра испытывает усилие, придающее зданию вращательные колебания вокруг вертикальной оси. Для повышения сопротивляемости здания этим колебаниям, приводящим к деформации и расстройству навесных стеновых панелей и витражей целесообразно

решать наружный каркас стен в виде рам, рассчитанных на восприятие вращающих усилий (рис. 5.3, е). Такие рамы связаны с пространственным ядром жесткости в единую жесткую и устойчивую конструктивную систему.

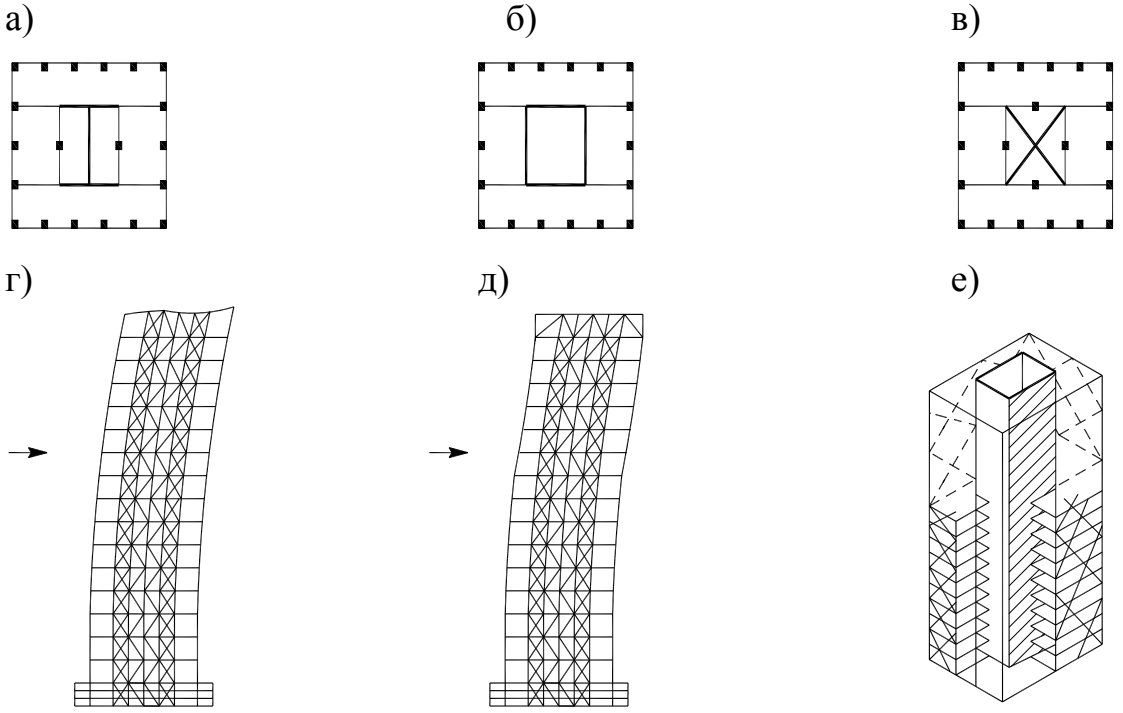


Рис. 5.3. Схемы несущего остова высотных зданий с монолитным ядром жесткости:
а, б, в – варианты планировочных решений ядра жесткости; г, д – схемы деформаций перек-рытий в зданиях с ядром жесткости при отсутствии и наличии жесткой горизонтальной рамы в зоне верхнего (технического) этажа; е – схема остова высотного здания с пространственной системой жесткости, обеспечиваемой центральным ядром жесткости, внешней жесткой рамой и дисками перекрытий

5.2 Материалы каркасных зданий

Каркасы многоэтажных зданий могут выполняться из железобетона (сборного или монолитного) и металла (стали). Стоимость стального каркаса превышает стоимость железобетонного каркаса в среднем на 20 %. Для изготовления стального каркаса требуется примерно в 1,5 раза больше стали, чем для железобетонного, а продолжительность монтажа здания со стальным каркасом, включая обетонирование стальных элементов, будет в 1,3 ÷ 1,8 раза больше, чем в зданиях, выполненных в сборном железобетоне.

Противопожарная защита стальных конструкций может осуществляться путем нанесения на поверхность методом торкретирования огнезащитного

состава из вермикулита и асбеста. Вермикулита и асбеста требуется в четыре раза меньше, чем бетона для обетонирования стального каркаса.

Применение сборного железобетонного каркаса наиболее целесообразно при строительстве жилых и общественных зданий высотой 16 ÷ 30 этажей.

При большей этажности может оказаться наиболее выгодным использование стального каркаса со сборными железобетонными перекрытиями при условии применения индустриальной эффективной противопожарной защиты стальных несущих конструкций.

В практике отечественного строительства каркасных зданий в последние годы стали широко применяться сборные унифицированные железобетонные каркасы. Для этого пришлось унифицировать высоты и сетки колонн жилых и общественных зданий. В зависимости от назначения здания были приняты унифицированные высоты этажей: 3,0; 3,3; 3,6; 4,2; 4,8; 6,0. Сетка колонн была ограничена следующими размерами: 3 х 6; 6 х 6; 6 х 9; 9 х 9 м.

Унификация основных объемно-планировочных параметров привела к созданию сборного унифицированного железобетонного каркаса, успешно применяемого в нашей стране.

Примером применения сборного унифицированного железобетонного каркаса могут быть такие сооружения, как 26-этажные административные и 25-этажные жилые здания на проспекте Калинина в Москве, здание Совета Экономической Взаимопомощи в Москве, 20-этажное здание гостиницы "Белград", на Смоленской площади в Москве, 12-этажное здание проектного института "Краснодаргражданпроект" в Краснодаре и многие другие.

Опыт строительства каркасных зданий в РФ с использованием сборного унифицированного каркаса показал его экономическую целесообразность (по стоимости, расходу стали, трудовым затратам и продолжительности строительства) при строительстве общественных зданий высотой до 20 ÷ 30 этажей.

5.3 Сборный железобетонный унифицированный каркас

Унифицированные рамно-связевые и связевые сборные железобетонные каркасы многоэтажных зданий состоят из следующих элементов: фундаментов, колонн, стенок-диафрагм жесткости, ригелей и панелей перекрытий.

Фундаменты под колонны каркаса делаются стаканного типа, а под стенки-диафрагмы – ленточные (монолитные).

Колонны приняты сечением 300 х 300 и 400 х 400 мм высотой обычно на один, 2 ÷ 4 этажа из бетона классов В25 ÷ В35. Армирование колонн производится 4 ÷ 8 стержнями диаметром 20 ÷ 36 мм и более из стали класса А-Ш (наибольшая несущая способность колонны 520 т). Для зданий с укрупненной сеткой колонн (9 х 9; 12 х 12 м) колонны имеют сечение 600 х 600 мм. Колонны имеют консоли с одной или двух сторон. Они рассчитаны на высоты этажей 3,3; 3,6; 4,2 м, а для укрупненной сетки – дополнительно на 4,8 и 6 м. Для подвальных и технических этажей предусмотрены высоты колонн 2,9 и 2,4 м. В колоннах нижних этажей, воспринимающих значительные

нагрузки (до 2000 т на колонну), устраиваются стальные сердечники с облицовкой слоем бетона в 60 ÷ 80 мм, для защиты от действия высоких температур при пожаре. Стальные сердечники позволяют сохранить те же размеры сечений колонн, что и в верхних этажах.

Наиболее сложная задача при проектировании сборного железобетонного каркаса – решение стыков колонн. В практике отечественного строительства сложились два типа стыков:

а) стыки, в которых усилия передаются через стальные элементы – опорные плиты или оголовники;
б) стыки, в которых осуществляется непосредственная передача усилий с бетона на бетон[1].

В стыках первого типа концы колонн снабжаются стальными пластиками или оголовниками, приваренными к продольной стержневой арматуре (рис. 5.4, а; б). При монтаже колонна устанавливается на центрирующей металлической прокладке. Стальные пластины или оголовники смежных элементов соединяются посредством сварки. Шов между торцами зачекнивается раствором, а вокруг стальных оголовников на высоту стыка бетонируется защитный слой. Эти стыки, однако, многодельны, требуют значительного расхода металла, большого количества сварочных работ, а также затрат рабочего времени и материалов на последующее обетонирование стыков. Кроме того этот стык имеет высокую деформированность из-за неточного совпадения граней обойм и, соответственно, неправильного положения накладок.

В стыках второго типа происходит передача усилий с бетона на бетон. Наиболее распространенной конструкцией данного стыка является сферическая поверхность торцов колонн с соединением арматурных стержней с помощью ванной сварки (рис 5.4, в).

Ванная сварка арматуры, в отличие от ранее принятого стыкования через дополнительные накладки позволяет повысить надежность стыка и значительно упростить его, сократить количество монтажной сварки. Стыкование производится только с помощью четырех основных стержней. Остальные стержни меньших диаметров не доводятся до стыка. Затем шов, проходящий по периметру центровочных выступов, зачеканивается цементно-песчаным раствором класса В 25. Сваренные стержни соединяются хомутами из стали диаметром 8 ÷ 10 мм. Подрезка заполняется бетоном класса В 25.

К выполнению сферического стыка предъявляются повышенные требования по соблюдению геометрических размеров и точности сферических поверхностей. Для обеспечения наилучших условий для передачи усилий с одной колонны на другую радиусы кривизны сфер стыкуемых колонн принимаются разными. Стыковые ниши после монтажа замоноличиваются бетоном. Перед этим производится установка монтажных хомутов и инъекция раствора в зазор между сферами.

---

[1] Для удобства ведения работ безметаллический стык колонн располагается на 640 мм выше уровня пола перекрытия

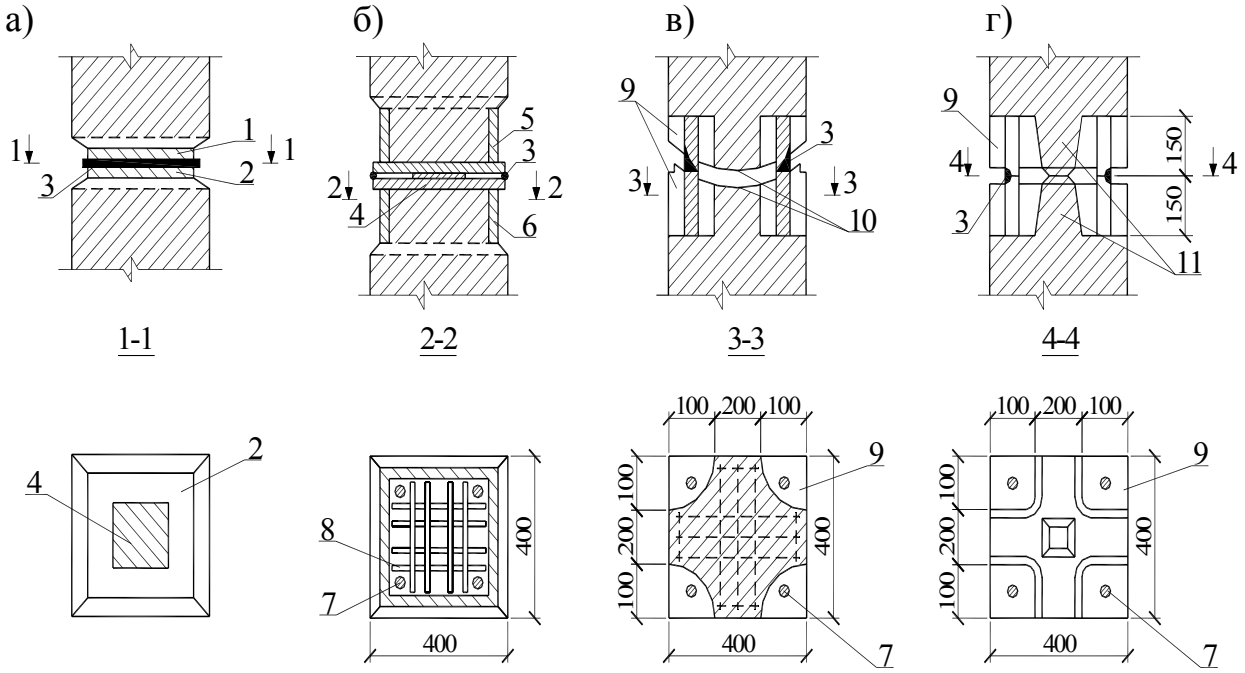


Рис. 5.4. Стыки сборных железобетонных колонн с гибкой арматурой:
а – стык колонн с помощью стальных листов (пластин), заанкеренных в бетон; б – стык колонн с помощью стальных оголовников, приваренных к продольной арматуре; в – сферический безметаллический стык сборных железобетонных колонн; г – плоский безметаллический стык железобетонных колонн; 1 – стальная пластина верхнего оголовка; 2 – тоже, нижнего огловка; 3 – сварной шов; 4 – центрирующая металлическая прокладка; 5 и 6 – верхний и нижний стальные оголовники; 7 – продольная арматура; 8 – поперечная арматура; 9 – стыковые ниши; 10 – сферические бетонные поверхности; 11 – центрирующий бетонный выступ

В последнее время стали применяться плоские безметаллические стыки с центрирующей бетонной площадкой (рис. 5.4, г), которые требуют значительно более простых форм для их изготовления.

В целях сохранения унифицированных размеров сечения колонн нижних этажей зданий повышенной этажности, воспринимающих нагрузку до 1500 и даже до 2000 т, выполняют с жесткой арматурой (или есть еще название – с металлическими сердечниками). Такая арматура выполняется из сварного пакета уголковой стали («капуста») или прокатных полос из легированных строительных сталей (рис. 5.5, а; б). Применение в нижних этажах железобетонных колонн с жесткой арматурой дает возможность строить каркасные здания с колоннами (сечением 400 х 400 мм) высотой до 30 ÷ 40 этажей. При более высокой этажности применяется цельно-металлический каркас с защитой от огня либо слоем штукатурки по сетке, либо установкой гипсовых плит.

Стык колонн с жесткой арматурой в зданиях высотой до 30 ÷ 40 этажей решают по принципу непосредственной передачи нагрузок с одного стального пакета на другой с помощью прокладной стальной плиты (рис. 5.5, в). Для обеспечения плотного соприкасания торцов колонн их обрабатывают фрезеровкой, дающей срез торца точно в перпендикулярной плоскости к оси ко-

лонн, а прокладную плиту устраивают также строганной, что позволяет обеспечивать точную толщину плиты и параллельность ее верхней и нижней плоскостей. При монтаже стволы сопрягающихся колонн по высоте скрепляют монтажными болтами, для установки которых к стальным пакетам ствола колонны приваривают ушки. Стык железобетонной колонны верхнего этажа и нижележащей колонны со стальным сердечником производят также с прокладкой стальной плиты.

Опирание железобетонных колонн с гибкой арматурой на массив фундамента производят через железобетонные башмаки с бетонированием зазоров и вибрированием. Растворный шов в этом случае работает в условиях многостороннего сжатия и хорошо воспринимает большую нагрузку. Железобетонные колонны с жесткой арматурой опирают на фундамент через прокладную стальную плиту, закрепленную анкерными болтами, и крепятся к ней на сварке. Для обеспечения правильной передачи нагрузки колонны верхняя плоскость подкладной стальной плиты и торец стального сердечника колонны фрезеруются.

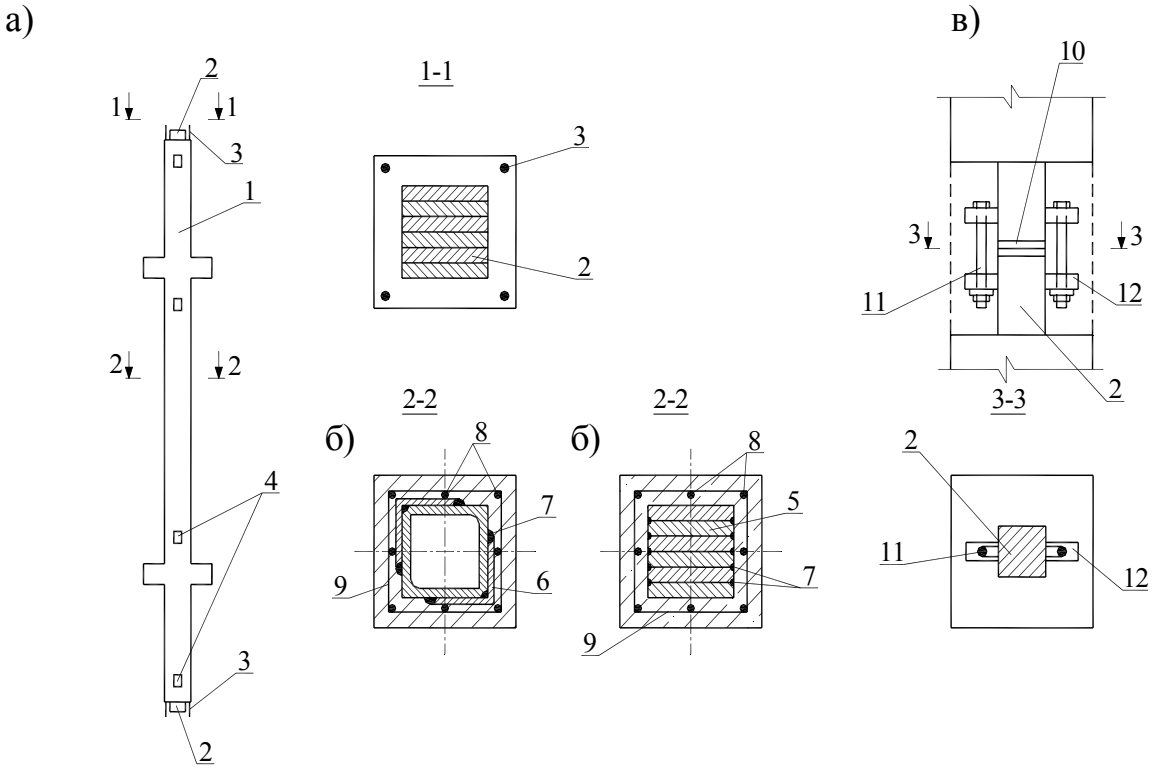


Рис. 5.5. Сборные железобетонные колонны с жесткой арматурой (металлическими сердечниками):

а – общий вид колонны; б – типы сечения стальных сердечников; в – стык колонны; 1 – колонна; 2 – стальной сердечник; 3 – выпуски арматурных стержней; 4 – стальные закладные детали; 5 – полосы толщиной до 60мм; 6 – уголки; 7 – сварной шов; 8 – стержни продольной гибкой арматуры; 9 – хомуты; 10 – прокладная фрезерованная стальная пластина; 11 – монтажные болты; 12 – стальные ушки

Унифицированный ригель выполняется с предварительно напряженной арматурой, таврового сечения, высотой 450 мм, шириной 400 мм (по ширине колонны), рис. 5.6. При больших пролетах (9 м или 12 м) высота ригеля принимается равной 600 и 900 мм, аналогичной конструкции. Ригель служит для опирания плит перекрытий, лестничных маршей и аналогичных элементов. Длина ригеля на 440 мм (340 мм при колоннах площадью сечения 300х300 мм) короче пролета, равного 6; 4,5 и 3 м.

Традиционной конструкцией узла сопряжения ригеля с колонной является опирание ригеля на так называемую «скрытую консоль». В отличие от обычной открытой консоли, получившей широкое распространение в промышленном строительстве скрытая консоль не выступает ни за плоскость колонн, ни за плоскость ригеля. Для гражданских зданий, к которым предъявляются повышенные архитектурные требования, это очень важно.

Сварка ригеля с закладными элементами колонн производится в уровне верха консоли и верха ригеля. Верхняя сварка осуществляется швом «встык» при посредстве упирающейся в закладную деталь колонны монтажной стальной «рыбки» (рыбка поставляется вместе с ригелем). Затем швы заливаются цементным раствором класса В 15 (рис. 5.6 и 5.7).

В узле сопряжения ригеля с колонной с помощью скрытой консоли осуществляется удачное защемление ригеля в колонне. Горизонтальные составляющие опорного момента в узле передаются: верхняя – через стальную накладку, привариваемую фланговыми швами к закладным деталям ригеля и швом встык к закладной детали колонны; нижняя – на консоль через фланговые швы, соединяющие закладные детали ригеля и консоли колонны.

Перерезывающая сила в узле передается на колонну через консоль. Консоль рассчитана на восприятие вертикальной нагрузки. При связевой системе степень защемления ригеля в колонне может варьироваться в любых пределах – от шарнирного опирания до полной заделки.

При конструировании стен диафрагм жесткости в унифицированном каркасе принята схема, при которой сборные железобетонные колонны, ригели и сборные железобетонные стенки жестко связаны между собой и представляют единую систему, работающую на восприятие как вертикальных, так и горизонтальных (ветровых) нагрузок (рис. 5.2 и 5.3).

В этой системе наиболее эффективно используется работа конструкции на прочность, повышается жесткость связевой системы.

Междуэтажные перекрытия. В каркасных зданиях перекрытия обеспечивают жесткость и неизменяемость здания в горизонтальной плоскости и осуществляют передачу и распределение усилий от ветровой нагрузки на стенки жесткости. Сборные перекрытия превращаются здесь в жесткий горизонтальный диск.

Перекрытия в многоэтажных зданиях с унифицированным каркасом выполняются из многопустотных настилов высотой 220 мм с пустотами диаметром 140 мм. Они отличаются от обычных настилов в увеличенной, по противопожарным требованиям, толщине защитного слоя до 30 мм и в создании на боковых поверхностях шпонок (рис. 4.8, а; б), которые потом замоноличиваются.

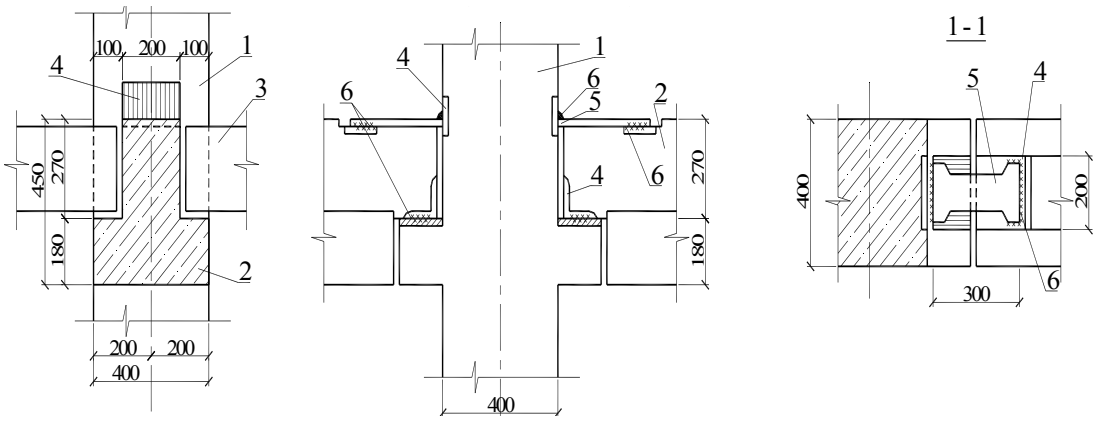


Рис. 5.6. Узел опирания сборного ригеля на колонну (унифицированный сборный каркас серии 1.020-1):
1 – колонна; 2 – ригель; 3 – панель перекрытия; 4 – закладные детали; 5 – верхняя накладка – посредник «рыбка» из – 170х8; l=300 поставляется вместе с ригелем; 6 – сварной шов

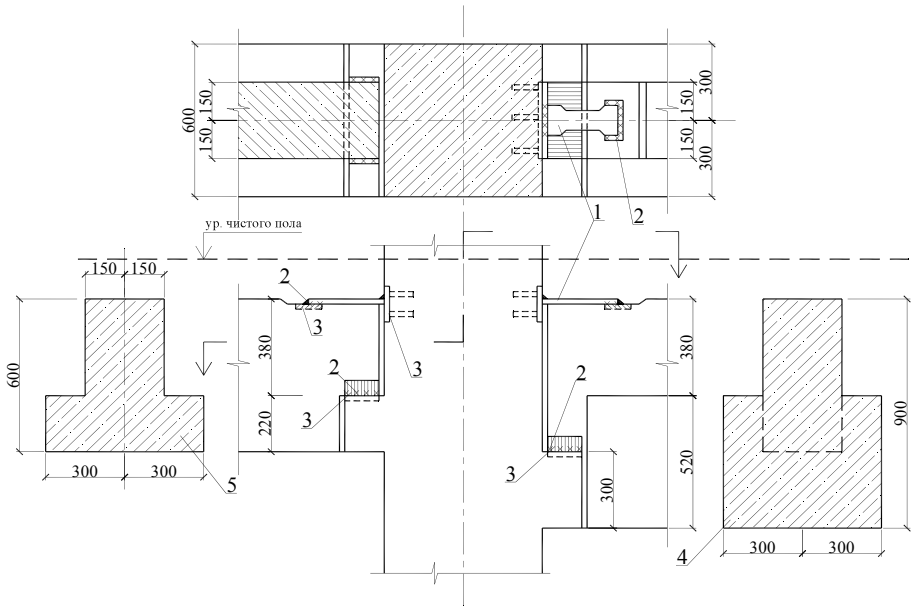


Рис. 5.7. Узел опирания сборного ригеля на колонну при пролетах 9 и 12м (Московский опыт):
1 – верхняя стальная рыбка; 2 – монтажная сварка; 3 – закладные детали; 4 – ригель высотой 900мм; 5 – ригель высотой 600мм

Такое перекрытие обеспечивает передачу горизонтальных нагрузок на связевые диафрагмы при расстоянии между ними в пределах до 30 ÷ 36 м. Ширина настилов 1200 мм, но может быть увеличена до 3 и даже 4,5 м при пролете 6 м. Сейчас имеются примеры применения плоских беспустотных керамзитобетонных предварительно напряженных крупноразмерных настилов толщиной 140 и 160 мм с гладкими калиброванными поверхностями, которые обеспечивают необходимую изоляцию от воздушного шума. По таким

плитам без каких-либо дополнительных стяжек могут быть уложен синтетический рулонный ковер на упругой основе, обеспечивающий надежную изоляцию от ударного шума.

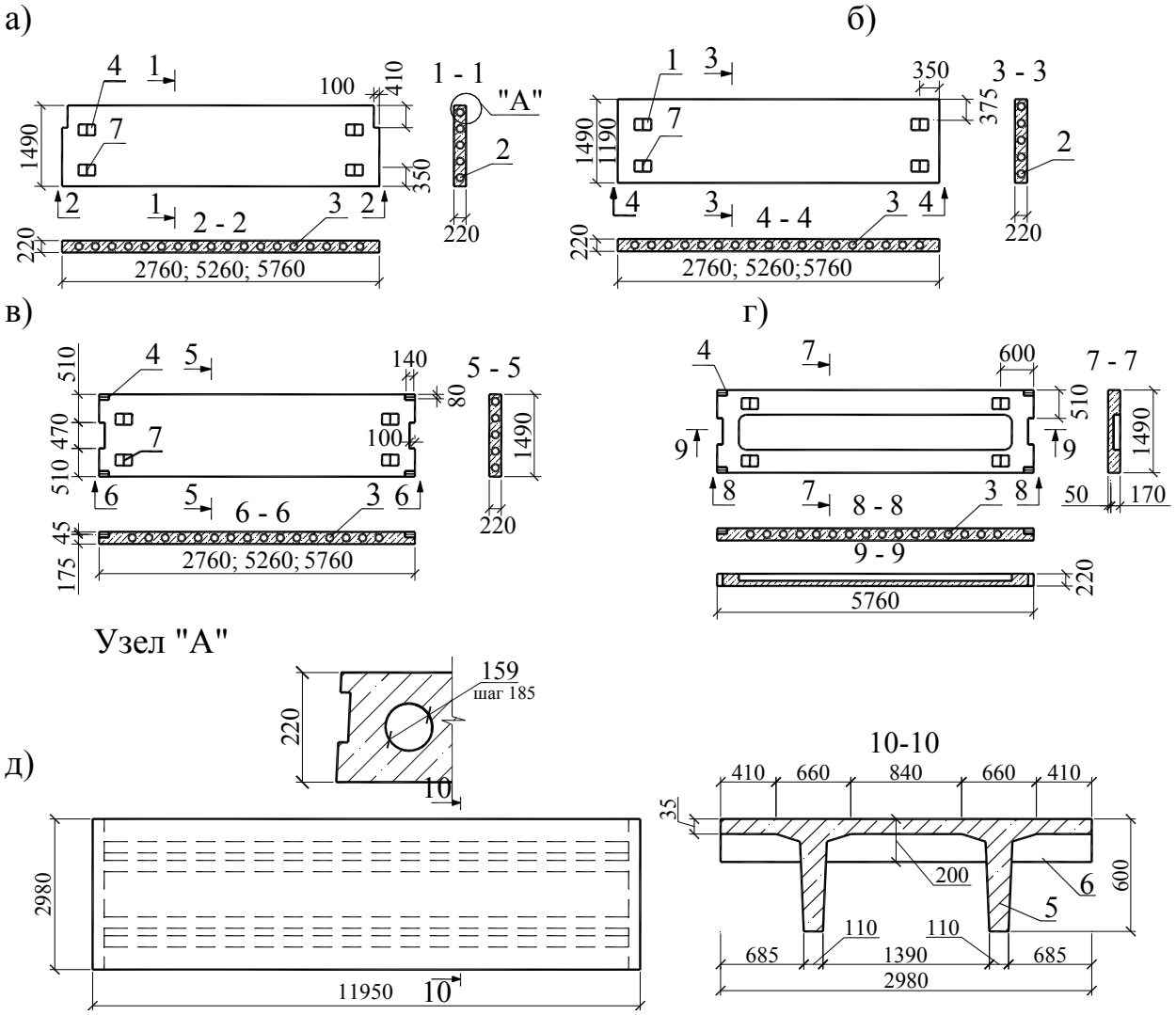


Рис. 5.8. Плиты перекрытий многопустотные (а, б), легкобетонные (в), ребристые (г) и типа ТТ:

а – пристенная; б – рядовая; в, г – связевые; д – предварительно напряженный настил типа ТТ-12 (пролетом 12м); 1 – ниши для строповочных петель 150х80; глубина 70; 2 – каналы пустот (диаметр 159; шаг 185) на торцовых гранях плит; 3 – ниши растворной шпонки (диаметр 120; шаг 200) на продольных гранях плит; 4 – подрезки для выпусков арматуры 140х80; глубина 45; 5 – продольные ребра; 6 – поперечные ребра; 7 – монтажные петли

В большепролетных каркасных зданиях рационально применять ребристые настилы, что упрощает размещение вертикальных и горизонтальных санитарно-технических коммуникаций. Настилы могут иметь форму коробчатого настила или форму в виде «Т» или «ТТ» (рис. 5.8, г; д).

Важной составной частью перекрытия служит элемент, расположенный по осям колонн в направлении, перпендикулярном ригелям, и являющийся распоркой между колоннами. Этот элемент обеспечивает жесткость и устой-

чивость колонн как в монтажный период, так и в работе перекрытия как жесткого диска в период эксплуатации.

Распорки выполняются в виде ребристого корытообразного или плоского элемента, который своими торцами опирается на полки ригеля и крепится к нему с помощью сварки закладных элементов (рис. 5.8, в и 5.9).

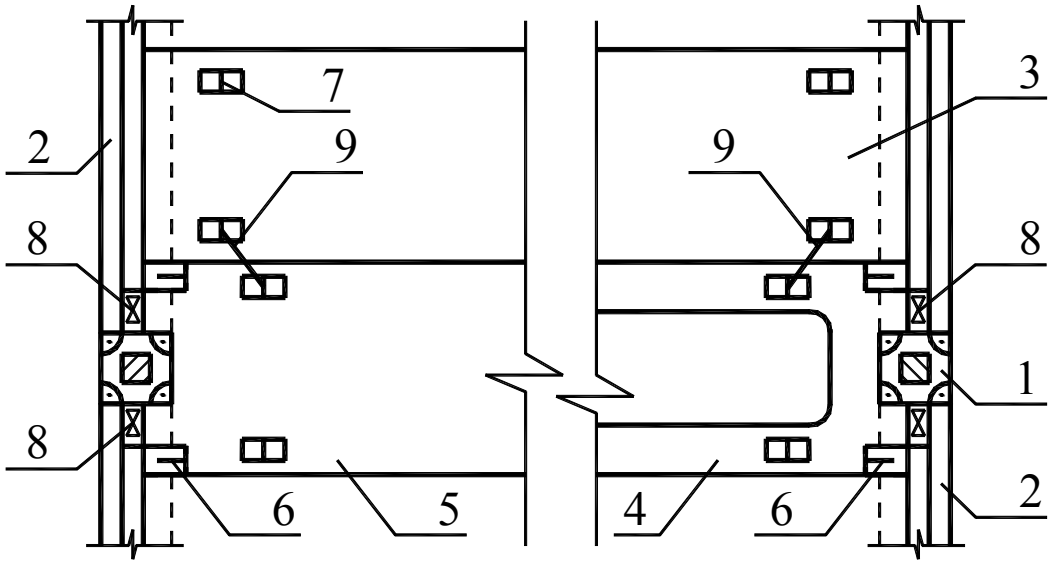


Рис. 5.9. План раскладки плит перекрытий:
1 – колонна; 2 – ригель; 3 – многопустотная рядовая плита; 4 – ребристая плита (отверстие в полке для пропуска диафрагмы жесткости или стыков трубопроводов пробивается по месту); 5 – многопустотная связевая плита; 6 – подрезки с выпусками арматуры (диаметр 10*2); 7 – ниши для строповочных петель; 8 – посредник «рыбка» из – 170х80; l=300 поставляется вместе с прогоном; 9 – стальные коротыши, привариваемые к монтажным петлям

Корытообразная форма настила-распорки с тонкой (30 мм) плитой между ребрами позволяет, удаляя плиту, располагать на этих участках вертикальные санитарно-технические коммуникации.

Монтаж перекрытия начинают с установки на место и крепления на сварке связевых панелей (распорок), расположенных по линиям колонн, после чего приступают к монтажу основной массы панелей перекрытия. Для образования жестких дисков панелей, перекрытия крепятся к ригелям путем сварки закладных деталей.

5.4 Стальные каркасы многоэтажных гражданских зданий

Основными элементами стального каркаса многоэтажных зданий являются колонны и ригели, связанные между собой в двух направлениях в неизменяемую пространственную систему.

В зависимости от способа обеспечения пространственной жесткости и характера восприятия горизонтальных нагрузок стальные каркасы зданий могут иметь связевую, рамную и рамно-связевую конструкцию. Характерной

для многоэтажных зданий со стальным каркасом является рамная схема, при которой пространственная жесткость каркаса обеспечивается жесткостью колонн, ригелей и узлов их сопряжения.

При рамной схеме каркаса в узлах возникают усилия одного порядка. Кроме того, можно унифицировать узлы и их элементы, обеспечить плавность деформаций и равномерное нагружение фундаментов, а также принять однотипные решения колонн, ригелей, баз и анкеров.

Колонны. Колонны стальных каркасов высотных зданий делаются из широкополочных двутавров, сплошные квадратные, пустотелые из уголков и др. Наиболее распространенные формы сечения колонн приведены на рис. 5.10.

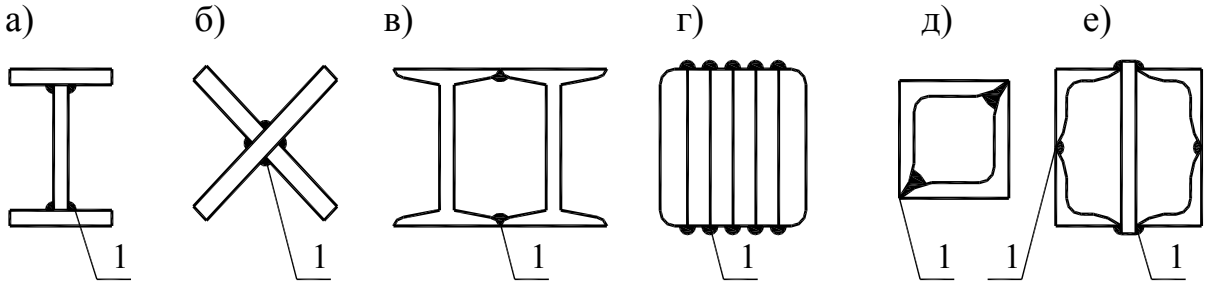


Рис. 5.10. Типы сечений стальных колонн:
а, б, г – из полосовой стали; в – составленное из двух двутавров; д, е – из прокатных уголков; 1 – сварной шов

Длину монтажных единиц колонн назначают с учетом жесткости сечения, характеристики подъемных механизмов, условий изготовления и транспортировки: чаще ее принимают равной высоте 2 ÷ 3 этажей.

Стыки колонн проектируют с фрезерованными торцами; монтажные элементы соединяют болтами (рис. 5.11, а). Такие стыки держатся силами трения (при больших нормальных силах). В верхних, а иногда и в средних этажах при малой величине нормальной силы стыки колонн обваривают по контуру. Устраивают также стыки, перекрытые накладками на сварке.

Башмаки (базы) колонн многоэтажных зданий работают под действием больших нормальных сил при незначительных эксцентриситетах и поперечных силах. С учетом этого башмакам придают простую форму и выполняют их из стальной плиты толщиной 100 ÷ 200 мм. Давление от колонн на башмаки передается через фрезерованные поверхности торцов колонн и верха плит (рис. 5.11, б). Поперечные силы в местах сопряжений воспринимаются трением. Колонны соединяют с плитами сваркой.

Колонну опорной плитой устанавливают на подливку из цементного раствора толщиной слоя не менее 50 мм. Анкерные болты, заделываемые в железобетонные фундаменты, рассчитывают только на монтажные нагрузки.

Ригели. Ригели междуэтажных перекрытий, имеющие в большинстве случаев двутавровое сечение, выполняют из прокатных или сварных профилей. С колоннами ригели соединяют сваркой с помощью горизонтальных накладок (рис. 5.11, в).

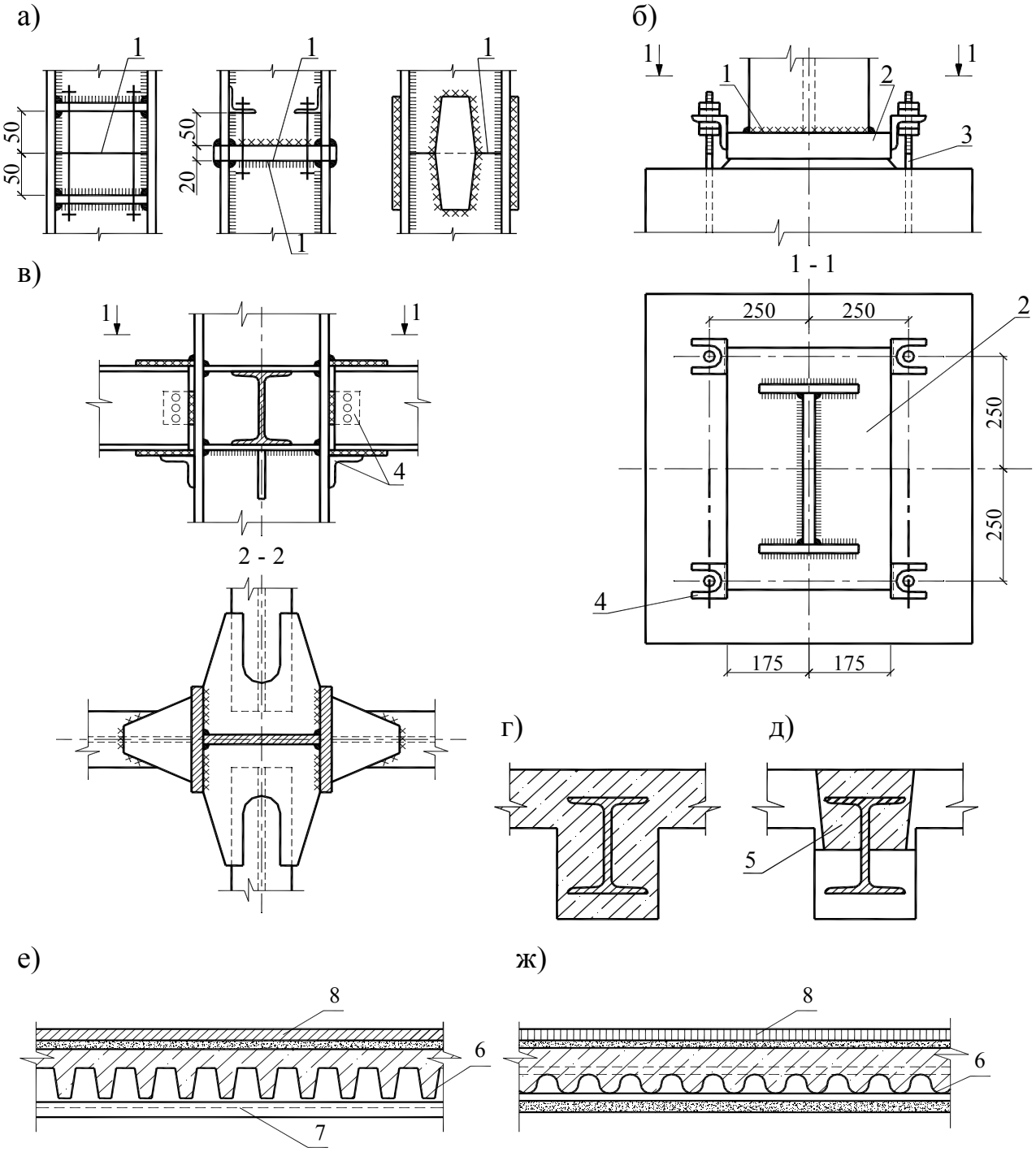


Рис. 5.11. Стальной каркас многоэтажного здания:
а – стенки колонн; б – конструкция опирания стальных колонн на фундамент; в – крепление балок (ригелей) к колонне двутаврового сечения; г, д – типы железобетонных ригелей каркасных зданий; (г – монолитные с жесткой арматурой; д – сборномонолитные с жесткой арматурой); е, ж – перекрытия по стальным настилам; 1 – торцы колонн (фрезерованные); 2 – опорная стальная плита; 3 – анкер; 4 – уголки; 5 – обетонирование по месту; 6 – стальной гофрированный настил; 7 – стальная балка; 8 – конструкция пола

Кроме чисто стальных ригелей, в практике строительства все чаще начинают встречаться обетонированные и сборные железобетонные ригели. Применение их объясняется стремлением к увеличению жесткости ригелей,

снижению расхода стали и обеспечению противопожарной, антикоррозийной защиты.

Обетонирование ригелей может производиться как одновременно с бетонированием перекрытия, так и до монтажа. В последнем случае достигается лучшая укладка бетона, повышается уровень индустриальности (рис. 5.11, г; д).

Узловые сопряжения ригеля с колонной бывают двух типов – свободные (гибкие) и жёсткие[1]. Наибольшее распространение получил жесткий тип узловых сопряжений.

Металлические связи. Металлические связи бывают решетчатые, крестовые, полураскосные, ромбические и др. (рис. 5.2.). Наиболее распространенные – крестовые и полураскосные. Целесообразно выполнять последующее обетонирование связевых плоскостей, что превращает всю систему в железобетонные диафрагмы жесткости (рис. 5.2.).

Оценивая опыт применения стальных каркасов и каркасов с жесткой арматурой, следует отдать предпочтение последним, так как они обеспечивают полное использование несущей способности стали и бетона в железобетонных каркасах с жесткой арматурой, повышают жесткость каркаса в 1,5 ÷ 2 раза по сравнению с чисто стальными каркасами и снижают расход стали на 20 ÷ 40 %. Кроме того, упрощаются конструктивные формы элементов стальных конструкций каркасов (колонн, ригелей, узлов), снижается трудоемкость изготовления и монтажа стальных конструкций, защиты от огня и коррозий.

Перекрытия. В стальных каркасах перекрытия могут решаться таким же образом, как и в железобетонных сборных каркасах.

По стальным ригелям укладывают железобетонные крупноразмерные плиты или мелкие плиты; в последнем случае к ригелям крепят стальные балки с шагом 2 ÷ 3 м. Применяют также обычные монолитные железобетонные перекрытия.

Хорошие технико-экономические показатели имеют перекрытия по настилам коробчатого, ребристого или волнистого профиля, по которым укладывают слой бетона (рис. 5.10.). Стальные настилы выполняют одновременно функции арматуры и несъемной опалубки плит.

5.5 Фундаменты каркасных зданий

В каркасных зданиях малой этажности фундаменты выполняются обычными способами. В унифицированном каркасе применяются сборные железобетонные фундаменты стаканного типа (рис. 5.12, а). В зданиях по-

[1] Гибкие узловые сопряжения – на винтах; жесткие – с помощью сварки.

вышенной этажности сосредоточенные нагрузки в нижних колоннах могут достигать больших величин (1500 ÷ 2000 т и более).

В отечественной практике высотных зданий нашли применение:

а) свайные фундаменты в виде забивных свай квадратного или прямоугольного сечения, набивных свай различных систем;
б) ленточные фундаменты в виде параллельных или перекрестных лент (рис. 5.12, в);
в) плитные фундаменты в виде ребристых, безбалочных[1] или коробчатых плит (рис. 5.12, б; г).

5.6 Навесные панели каркасных зданий

5.6.1 Типы несущих (навесных) стен

Требования снижения массы зданий, индустриализации строительства, заводского изготовления конструкций и удобства монтажа диктуют необходимость проектирования стен многоэтажных каркасных зданий в виде легких навесных панелей, масса которых передавалась бы непосредственно каркасу или каркасу через перекрытия.

Навесные панели обычно имеют малую массу (50 ÷ 300 кг/м^2) и незначительную толщину (100 ÷ 350 мм).

Навесные панели не участвуют в работе конструкций здания, не влияют на его прочность и жесткость. Основной нагрузкой для навесных панелей является ветровая.

Монтаж навесных панелей целесообразно производить сухим способом.

Разрезка фасадных стен на панели, материал панели, пластика, фактура, цвет могут быть самыми разнообразными.

Особое значение при проектировании панелей приобретают их теплоустойчивость, огнестойкость и звукоизоляция. Малая массивность таких ограждений обычно компенсируется повышенным термическим сопротивлением отдельных его слоев.

Серьезного внимания заслуживают температурные деформации легких панелей, которые определяющим образом влияют на решение стыков и размеров панелей и зависят от коэффициента линейного расширения материала панели. Поэтому панели должны обладать некоторой свободой перемещения по контуру.

Навесные ограждения имеют обычно малую тепловую инерцию, т. е. очень быстро нагреваются и быстро остывают. Это приводит к необходимости применения автоматически регулируемых систем отопления непрерывного действия, а также вызывает потребность в повышении теплоизолирующих качеств стен на 20 ÷ 40 %.

---

[1] Плитные фундаменты в виде безбалочных плит по конструктивному решению аналогичны безбалочным перекрытиям.

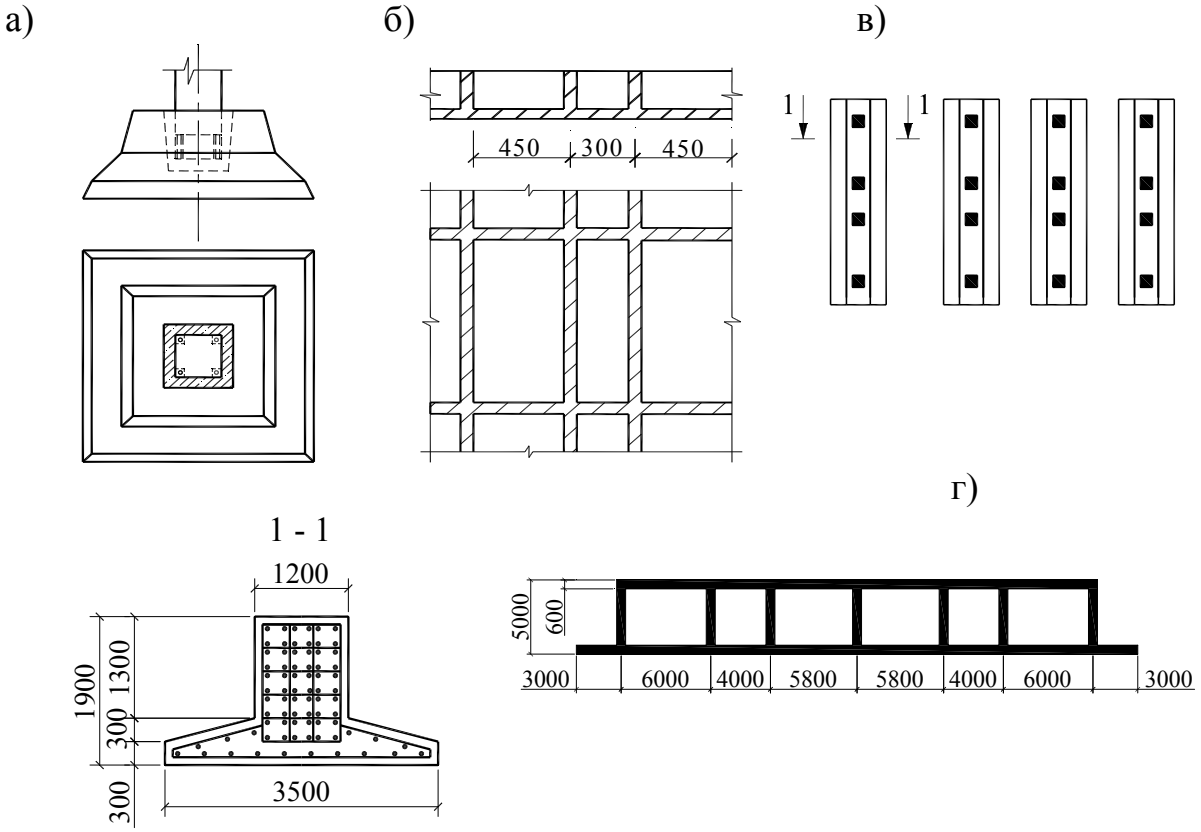


Рис.5.12. Некоторые виды железобетонных фундаментов каркасных высотных зданий:

а – сборный фундамент стаканного типа (унифицированный каркас 1.020-1); б – монолитный фундамент в виде ребристой плиты (каркасное административное здание на проспекте Калинина в Москве); в – ленточный монолитный фундамент для здания до 16 этажей (по Ю. Диховичному); г – фундаменты в виде полой железобетонной коробки каркасного здания СЭВ в Москве

Особого внимания требует вопрос обеспечения паро,- водо- и воздухонепроницаемости (герметичности) навесных стен, что особенно важно для верхних этажей высоких зданий, на уровне которых ветровой напор может доходить до 70 ÷ 100 кг и более на 1 м^2 ограждений. Малая толщина навесных стен (100 ÷ 260 мм) затрудняет создание жесткой конструкции крупноразмерных панелей, способных выдержать кроме эксплуатационных нагрузок также и усилия, возникающие при перевозке и монтаже панелей. При тонкостенных панелях особого внимания требует установка в них закладных деталей, являющихся зачастую “мостиками холода”. При тонкостенных навесных ограждениях затруднительна и звукоизоляция помещения от уличного шума, особенно в помещениях нижних этажей.

Несмотря на все эти трудности, навесные стены оказываются рациональными и наиболее всего там, где есть развитая материальная база производства эффективных строительных и утепляющих материалов при повышенной этажности зданий и особенно при мягком климате места строительства. Навесные стены эффективны также в сейсмических районах, где снижение веса здания особенно существенно.

Навесные стеновые панели по конструкции могут быть:

а) однослойными и многослойными;
б) каркасными и бескаркасными;
в) простеночными и «на комнату», что расширяет архитектурные возможности проектировщика (рис. 5.13).

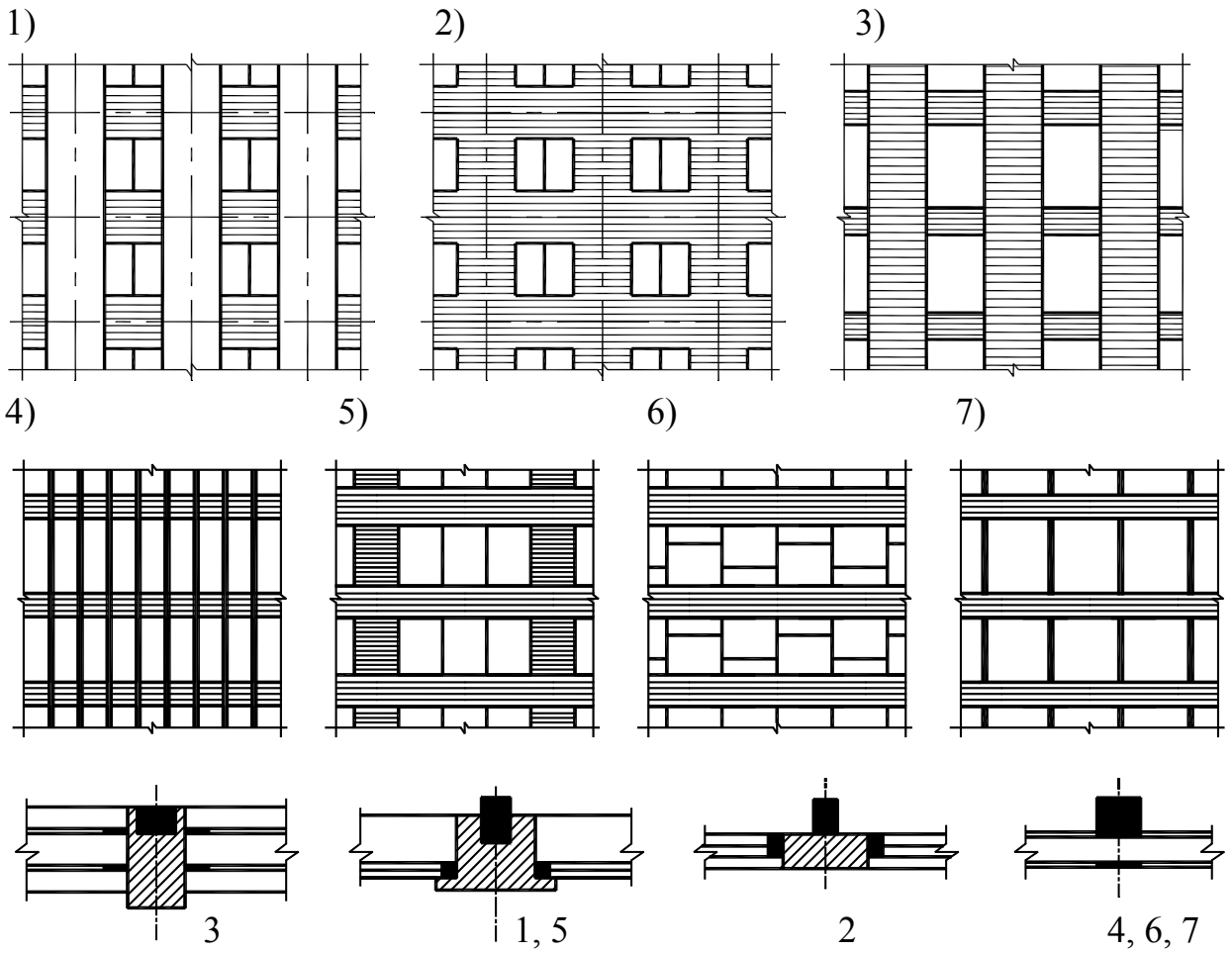


Рис. 5.13. Варианты компоновки типовых участков фасадов многоэтажных зданий с навесными несущими стенами:
1,3 и 4 – панели – пилястры; 2 – панель «на комнату»; 5,6 и 7 – ленточные панели и окна; внизу – то же, в плане

Размеры и форма сборных элементов навесных стен определяются шагом конструкций несущего остова здания, грузоподъемностью монтажных механизмов, транспортабельностью и жесткостью деталей. Существуют разные варианты членения (разрезки) наружных несущих ограждений многоэтажных зданий на сборные элементы (рис. 5.14).

Для повышения степени заводской готовности окна и двери включают в укрупненные панели. Швы между панелями обычно совмещают с уровнями перекрытий и с осями поперечных несущих стен или стоек каркаса. Таковы панели размером на комнату или на квартиру (две комнаты). Мелкосборный вариант разрезки этого типа – распространенные за рубежом панели высотой в этаж с окнами или дверью, но малой ширины (около 1,2 ÷ 1,8 м). В этом

случае швы между панелями с обеих сторон перекрываются раскладками и тщательно герметизируются.

Система разрезки стен на прямоугольные сборные элементы, не имеющие в своем составе оконных и дверных проемов, позволяют значительно упростить технологию их изготовления, но увеличивают трудоемкость работ на строительной площадке по установке и заделке оконных блоков. При горизонтальном расположении таких панелей получается «ленточная» система фасада. При вертикальных членениях применяется «пилястровая» разрезка (с подоконными вставками). Горизонтальные ленточные панели конструктивно удобнее применять при наличии стоек каркаса или торцов поперечных стен, к которым их можно крепить. При ленточных панелях усложняется устройство дверных проемов и балконов. Вертикальные панели – пилястры удобно применять при любой конструктивной схеме дома, они допускают устройство балконных дверей без конструктивных затруднений.

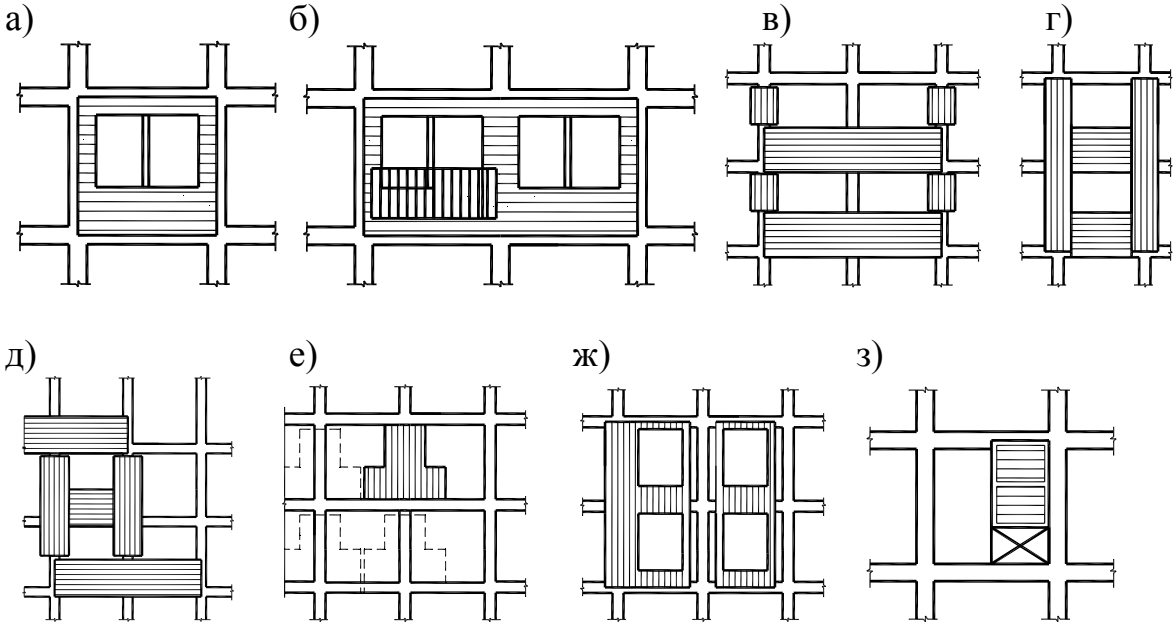


Рис. 5.14. Геометрические формы навесных панелей:
а – панель «на комнату»; б – панель «на квартиру»; в – горизонтальные ленточные; г – вертикальные ленточные (пилястровые); д – комбинация двух предыдущих (парусная); е – Т-образная; ж – комбинация пилястровых панелей с окном; з – мелкопанельное сооружение

Возможны и другие комбинированные варианты разрезок (рис. 5.14).

Применение навесных конструкций стен, как и всяких крупносборных конструкций, предопределяет необходимость повторяемости однотипных элементов и обязательное использование системы швов и стыков между ними в архитектурно-конструктивном решении ограждений.

5.6.2 Конструкции навесных стеновых панелей

Навесные панели бывают бескаркасного и каркасного типов в зависимости от типа и характеристик используемых материалов, восприятия и перераспределения горизонтальных нагрузок на панели.

Бескаркасные навесные стеновые панели бывают однослойными и многослойными.

Однослойные панели выполняются из ячеистых и легких бетонов объемным весом 400 ÷ 800 кг/м^3 марки не ниже 35. Панели толщиной 180 ÷ 260 мм покрывают защитным декоративным фактурным слоем толщиной 25 ÷ 35 мм. Это наиболее тяжелый тип навесных ограждений (80 ÷ 250 кг/м^2) и его применение может быть оправдано лишь сравнительной простотой их изготовления. Длина таких панелей соответствует шагу каркаса здания. Конструктивное решение таких панелей приведено на рис. 4.11, а; б.

Многослойные сплошные навесные панели чаще всего состоят из двух железобетонных плит или скорлуп с заложенным между ними теплоизоляционным слоем из легкого бетона из минераловатных или пенопластовых плит. Толщина внутренней скорлупы принимается от 40 до 80 мм, наружной – от 30 до 60 мм, толщина слоя утеплителя определяется расчетом. По контуру панели скорлупы соединяют арматурными стержнями сеток, замоноличенных в керамзитобетонных контурных элементах, закрывающих торцы слоя утеплителя. Такие панели достаточно просты в изготовлении, хорошо освоены промышленностью, но также несколько тяжелы (300 ÷ 350 кг/м^2). Наружную отделку таких панелей выполняют в процессе их изготовления на заводе из декоративного бетона с втопленной в него мраморной, стеклянной, керамической крошкой, облицовкой керамической или стеклянной мозаичной плиткой. Конструктивное решение таких панелей приведено на рис. 4.11, в. Применяют также навесные панели, имеющие асбестоцементную, алюминиевую или стеклопластмассовую оболочку с заключенным в нее утеплителем из жесткого пенопласта. Применение таких материалов при достаточных для средней полосы России теплоизоляционных качествах стены (R_O = 2,1 ÷ 2,4 м^2·°С/Вт) позволяет получить очень легкие конструкции ограждений весом 40 ÷ 80 кг/м^2, толщиной 60 ÷ 100 мм; однако жесткость таких панелей сравнительно невелика, и ограждения из них необходимо укреплять дополнительными конструктивными элементами для восприятия ветровых усилий.

Многослойные бескаркасные панели имеют ряд недостатков, осложняющих их применение. В многослойных панелях с эффективными утепляющими плитами трудно устанавливать болты, крюки или другие крепежные детали в виду невысокой прочности утеплителя. Крепление панелей за их наружный слой сквозными элементами приводит к образованию "мостиков холода". Повышенная паронепроницаемость плотного наружного отделочного слоя (закаленного стекла, алюминия и тому подобных материалов) и ячеистая структура утеплителя ведут к образованию в толще панели конденсата, не имеющего выхода наружу и снижающего теплозащитные качества панели. Для предупреждения конденсата либо повышают пароизолирующую

способность внутреннего слоя, либо предусматривают возможность постоянного подсушивания утеплителя и отвода влаги из него. Примером такой конструкции могут служить бескаркасные панели с вентилируемым утеплителем. В этой конструкции (рис. 5.15) несущая железобетонная скорлупа находится с внутренней стороны панели, что облегчает их крепление и позволяет использовать плотный материал несущего слоя в качестве пароизоляции. Облицовка устанавливается «на относе» от утеплителя с образованием воздушной вентилируемой прослойки.

Наружная облицовка может быть выполнена из асбестофанеры, волнистой или гладкой, листового алюминия, стемалита, стеклопласта и тому подобных материалов. В зарубежной практике применяют облицовку из листов нержавеющей стали, меди, латуни и бронзы. Облицовка на относе позволяет постоянно подсушивать утеплитель, защищать его от увлажнений и улучшает защиту помещений от перегрева и выдувания. Поэтому такая конструкция представляется особенно целесообразной для районов с влажным или жарким континентальным климатом.

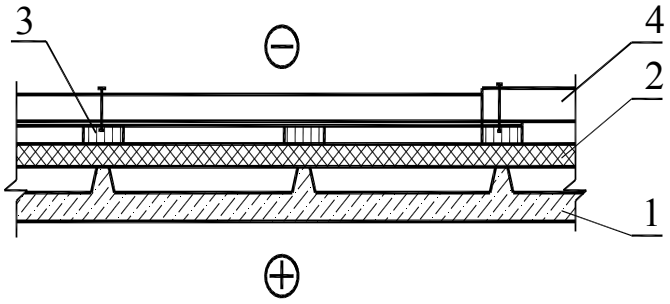


Рис. 5.15. Навесная панель с вентилируемым утеплителем и листовой обшивкой на относе:
1 – несущая железобетонная скорлупа (находится с внутренней стороны панели); 2 – утеплитель; 3 – элементы крепления наружной облицовки; 4 – листы асбестофанеры, алюминия, нержавеющей стали и т.п.

Каркасные навесные панели обладают большой жесткостью и прочностью, их легче крепить, при их изготовлении есть возможность использовать листовые, плитные и рулонные отделочные и теплоизоляционные материалы, недостаточно прочные для применения в бескаркасных панелях.

Наибольшая трудность конструирования каркасных панелей – выбор прочного, но мало теплопроводного материала для элементов каркаса, являющихся мостиками холода.

Деревянный брусковый каркас широко применяется в малоэтажном строительстве, удовлетворяет требованиям теплотехники, гвоздим, но имеет пониженную капитальность и огнестойкость.

Асбестоцементный брусковый каркас (рис. 5.16) достаточно капитален и огнестоек, но он сложнее в сборке и несколько хуже в теплоизоляционном отношении, чем деревянный.

В металлическом каркасе особенно сложно устранение мостиков холода при устройстве сквозных стяжных элементов даже при устройстве раздельного, т. е. двойного каркаса снаружи и изнутри панели (рис. 5.16). Кроме того, металлические каркасы необходимо тщательно защищать от коррозии: алюминиевые – лаками или анодированием, стальные – оцинковкой или шо-

нированием (нанесением расплавленного коррозиестойкого металла пневматическим способом).

Особенно тщательно необходимо защищать от коррозии места примыкания элементов каркаса панели в том случае, когда они выполнены из разных металлов (например, сталь и алюминий). Каркас панели для строительства зданий в 3 и 4 климатических зонах может быть также выполнен в виде керамзитобетонной рамы (рис. 5.16).

Каркас панели обычно состоит из периметральной рамки и внутренних ребер, ограничивающих оконные и дверные проемы. В качестве утеплителя применяют плиты пено- и газобетона, сото- и пенопласта и другие эффективные теплоизоляционные материалы. Внутреннюю облицовку выполняют из древесностружечных плит, покрытых со стороны утеплителя пароизоляционным слоем. Наружные облицовки применяют такие же, как и в бескаркасных панелях.

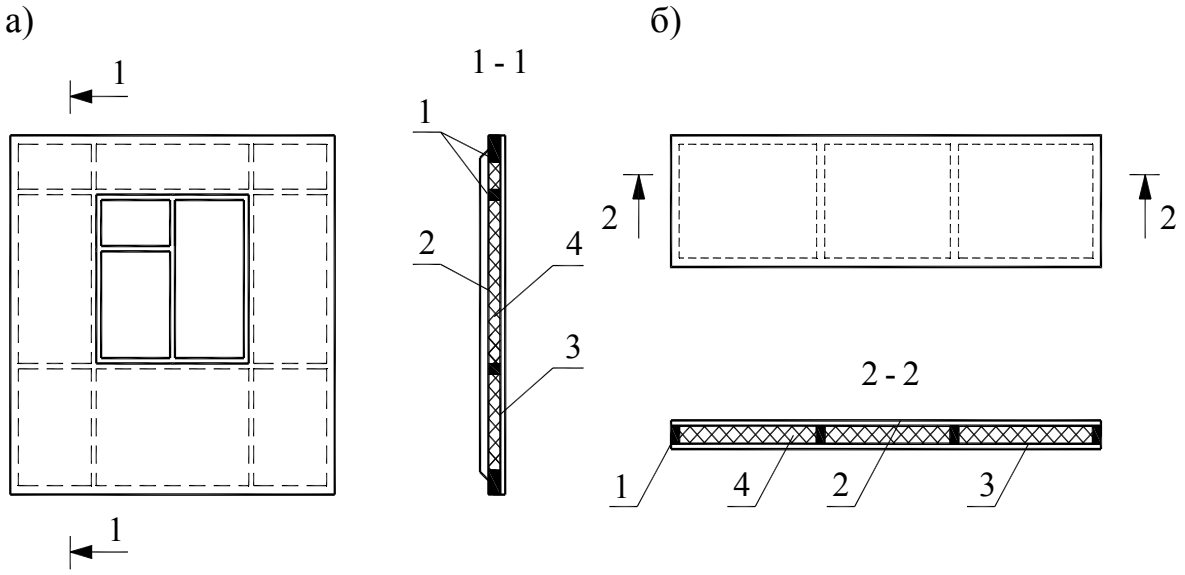


Рис. 5.16 Каркасные навесные панели:
а – схема каркасной навесной панели «на комнату»; б – схема каркасной ленточной навесной панели; 1– бруски асбестоцементного или керамзитобетонного каркаса; 2 – асбестоцементные листы, покрытые синтетической пленкой или эмалью (или закаленное цветное стекло или металлический лист); 3 – асбестоцементные или гипсоволокнистые листы, покрытые синтетической пленкой или эмалью (или ДСП с пароизоляционной пленкой); 4 – утеплитель – пенополистерол, минеральный войлок и т.п.

Навесные панели устанавливают поярусно на опорные столики колонн, торцов стен или перекрытий и крепят к ним болтами или на сварке по четырем или не менее чем по трем углам.

Стыки и швы навесных панелей – наиболее сложные и ответственные узлы. При особо тонких конструкциях навесных панелей применение "теплого" цементного раствора зачастую невозможно из-за гибкости панелей (швы растрескиваются) и недостаточной теплоизолирующей способности раствора. Поэтому заделка швов между панелями возможна только с двухсторонней

их расшивкой и тщательным заполнением их герметизаторами из пенопласта, гернита или других эластичных материалов. Кроме того, при тонких панелях применяют специальные профили (раскладки) закрывающие вертикальные швы снаружи. Металлические раскладки по вертикальным швам одновременно повышают жесткость ограждения и могут служить направляющими для движения люлек при ремонте и чистке фасада.

Горизонтальные швы устраивают с капельниками различной конструкции и конфигурации, препятствующими затеканию воды в конструкцию стены.

6 ЗДАНИЯ ИЗ ОБЪЕМНЫХ БЛОКОВ

6.1 Метод объемно-блочного домостроения

Метод объёмно-блочного домостроения представляет еще один шаг по пути дальнейшего совершенствования индустриальных методов возведения зданий.

Этот метод обеспечивает максимальную заводскую готовность монтажных элементов, значительное сокращение сроков строительства и повышения производительности труда.

Основной задачей метода объёмно-блочного домостроения является изготовление объемных элементов в заводских условиях, что позволяет добиться высокой степени их готовности и высокого качества за счет использования комплексной механизации на всех этапах изготовления объемных элементов.

Дома из объёмных элементов строятся во многих странах мира (США, Япония, Россия и др.).

В практике строительства используется большое количество конструктивных схем. Из объёмных блоков строятся как городские, так и сельские дома, малоэтажные и многоэтажные, стационарные и передвижные.

Метод объёмно-блочного домостроения обладает разнообразными техническими, объемно-планировочными и композиционными возможностями, позволяющими применить его в различных условиях, как в районах труднодоступных и малообжитых, так и в освоенных районах, как в районах Крайнего Севера, так и на юге. Объёмный элемент, как первичная ячейка объёмно-блочного домостроения, представляет собой предмет особого внимания в перспективных разработках домов будущего.

Метод объёмно-блочного домостроения позволяет перенести 70 ÷ 80 % трудозатрат в заводские условия, снижает затраты труда на строительной площадке в 2 ÷ 2,5 раза, а суммарная трудоёмкость по сравнению с крупнопанельным домостроением может быть снижена на 10 ÷ 15 %.

Учитывая суровые климатические условия многих районов России, этот метод является перспективным и в отношении условий труда строительных рабочих.

6.2 Классификация конструкций блоков

Под объёмным блоком понимается законченная структурная единица в виде пространственной тонкостенной конструкции, ограничивающей определённый объём здания или сооружения, и обладающая необходимой прочностью, жесткостью и устойчивостью.

От характера этого элемента (форма, размер, конструктивные и эстетические качества) зависит объёмно-планировочное решение дома, способы производства, транспортировки и монтажа блоков.

Известно большое количество типов конструкций блоков, поэтому определённая систематизация может оказаться полезной для раскрытия сущности конструктивных особенностей блоков, а также для упорядочения терминологии в этом новом виде домостроения. Классифицируют (различают) объемные блоки по назначению, по форме, по признаку замкнутости, по планировочному признаку, по материалу изготовления и т.п.

По назначению конструкции объемных блоков подразделяются на блоки жилых помещений, санитарно-кухонные блоки, смешанные блоки, блоки-лестницы и вспомогательные блоки (рис. 6.1).

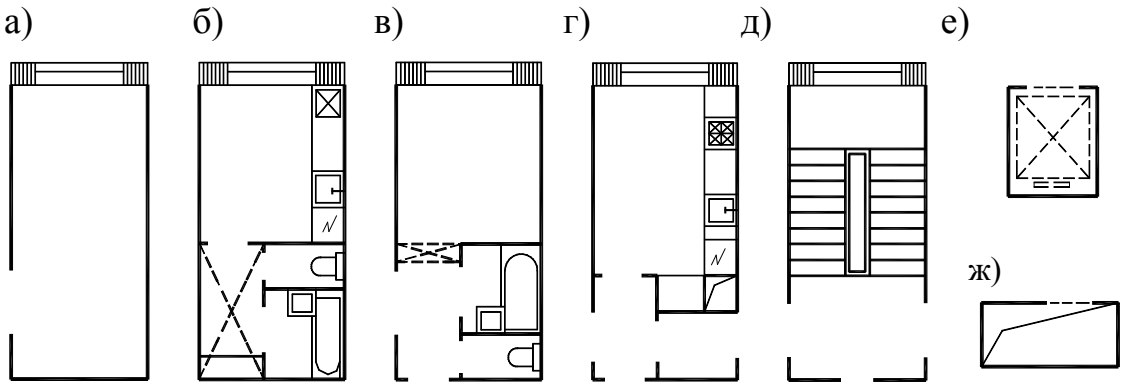


Рис. 6.1. Функциональное назначение блоков:
а – жилая комната; *б* – санитарно-кухонный блок; *в* и *г* – блоки смешанного назначения; *д* – блок-лестница; *е* и *ж* – вспомогательные блоки (шахты лифтов, шахты коммуникаций, блоки лестниц и т.д.)

Блоки жилых комнат (рис. 6.1, а) представляют собой шестиплоскостные замкнутые объёмно-пространственные конструкции, имеющие в своём составе четыре стены, пол и потолок. Блоки могут полностью отделываться и оборудоваться на заводе с установкой столярных изделий, устройством полов и внутренней отделкой.

Санитарно-кухонные блоки (рис. 6.1, б) принципиальных отличий от блоков жилых комнат не имеют, за исключением того, что в них должна быть предусмотрена возможность пропуска и крепления коммуникаций и оборудования. В силу большой трудоёмкости устройства инженерного оборудования, применение санитарно-кухонных блоков даёт наибольший удельный экономический эффект.

Смешанные блоки (рис. 6.1, в; г) представляют собой промежуточный тип блока. Они могут содержать в своем составе кухню или жилую комнату, санитарный узел и часть коридора. В этих блоках должна быть предусмотрена возможность крепления перегородок, оборудования и т.д.

Блок-лестницы имеют существенные конструктивные отличия от других типов блоков (рис. 6.1, д). Как правило, блок-лестница представляет собой четырехстенник без пола и потолка, в котором закрепляются лестничные марши, площадки и т. д.

К вспомогательным блокам (рис. 6.1, е, ж) относятся блоки шахт лифтов, шахт для коммуникаций, блоки-лоджии и т.д. Конструкция их, как правило, требует использование специальных формовочных машин и оборудования.

Деление блоков по размерам, вызванное их различным функциональным назначением, приводит к существенным конструктивным отличиям (рис. 6.2)

Блок размером на комнату (рис. 6.2, а) предназначен для одной конструктивно-планировачной ячейки. Блок размером на группу помещений (рис. 6.2, б; в) может представлять собой квартиру, часть секции или даже целый дом.

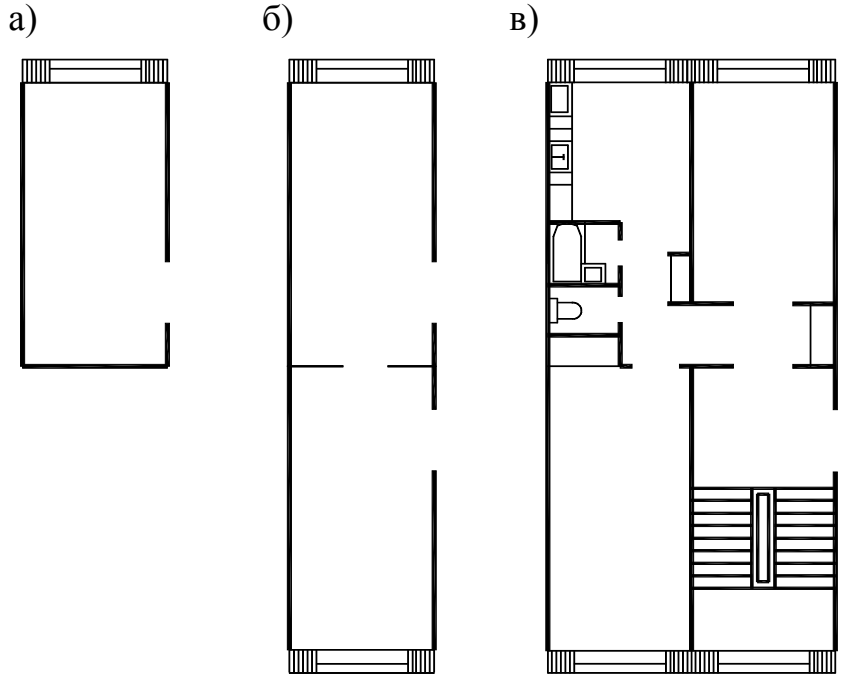


Рис. 6.2. Блоки различных размеров:
а – на комнату (на одну конструктивно-планировачную ячейку); *б* и *в* – на группу помещений (на квартиру, часть секции или дом)

Классификация блоков по массе вызвана их существенными отличиями. Так, наиболее распространенная конструкция блоков размеров на комнату из тяжелого бетона для зданий высотой до девяти этажей укладывается в категорию с массой от 700 до 1000 кг/м^2 площади пола. Чтобы изготовить блоки размером на комнату массой до 700 кг/м^2, нужно применить небетонные материалы, т. е. принципиально менять конструкцию. Несущие железобетонные блоки (размером на комнату) для зданий высотой 12 и более этажей, а также блоки размером на группу помещений (даже с применением

эффективных материалов) будут иметь массу свыше 1000 кг/м^2 из-за утолщения стен.

Классификация блоков по виду замкнутости заключается в наличии или отсутствии в объемном элементе тех или иных граней. Практика показала, что с этой точки зрения возможны самые разнообразные варианты блоков (рис. 6.3).

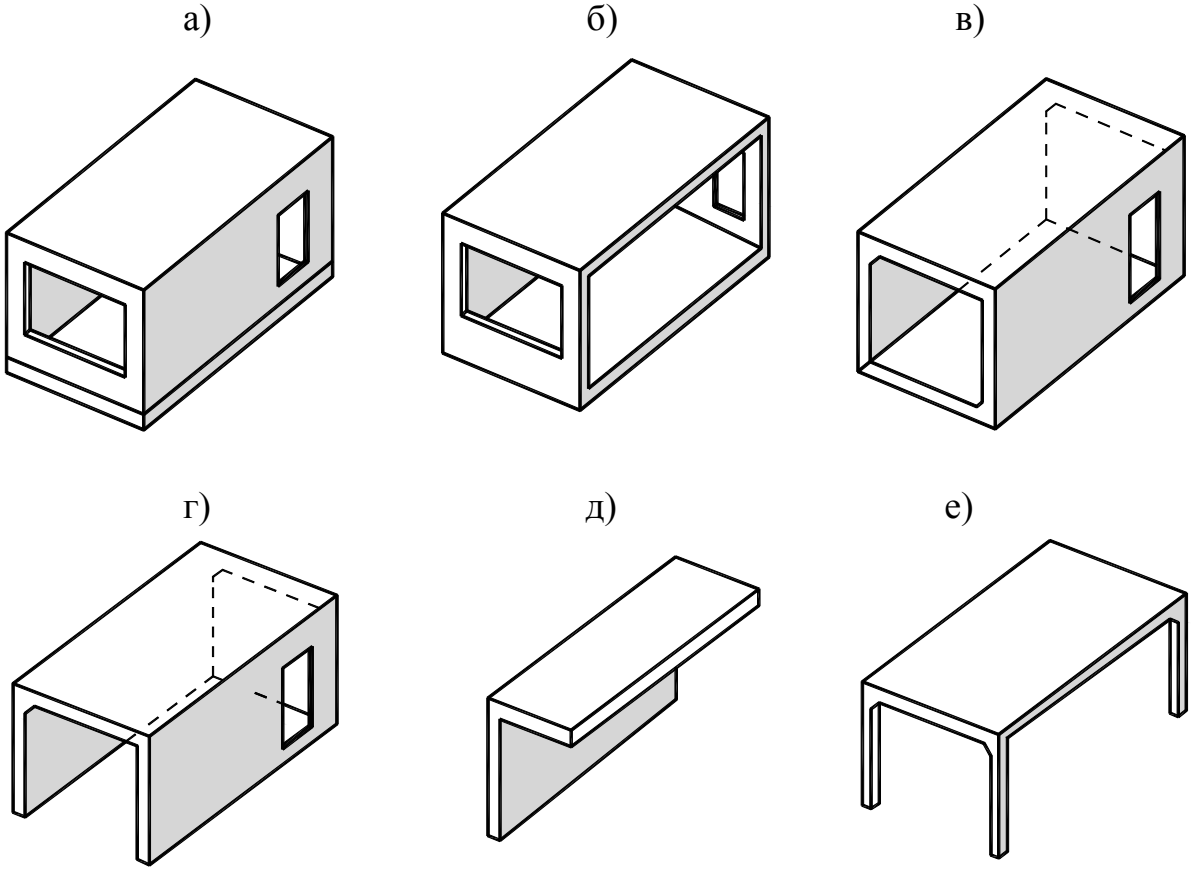


Рис. 6.3. Наличие граней в блоках:
а – замкнутый; *б* – открытый с одной стороны; *в*– открытый с двух противоположных сторон; *г* – открытый с двух противоположных вертикальных сторон и одной горизонтальной; *д* – двухгранный угол; *е* – «столик»

Однако целесообразно все их конструкции разделить лишь на 2 типа: замкнутые и незамкнутые (рис. 6.3). Отнесение блока к определенному типу целесообразно производить по виду транспортируемой и монтажной конструкции.

Замкнутый блок имеет все ограждения, образующие внутреннее замкнутое пространство, имеющее связь с внешним пространством лишь через двери и оконные проемы. У открытых блоков может отсутствовать одно или несколько ограждений.

Степень замкнутости объемного блока влияет на его планировочные качества, заводскую готовность, технологию изготовления и монтажа.

Стыковка и наращивание открытых объемных элементов дает возможность получить самые различные планировочные решения (этого лишены замкнутые блоки), формовать большие площади помещения.

Открытые блоки могут быть значительно легче замкнутых блоков. Однако они лишены основного преимущества замкнутых блоков – высокой степени заводской готовности элемента и меньших затрат труда и времени на монтаж.

Классификация блоков по форме может быть сведена к трем основным разновидностям: прямоугольные, косоугольные, криволинейные (рис. 6.4).

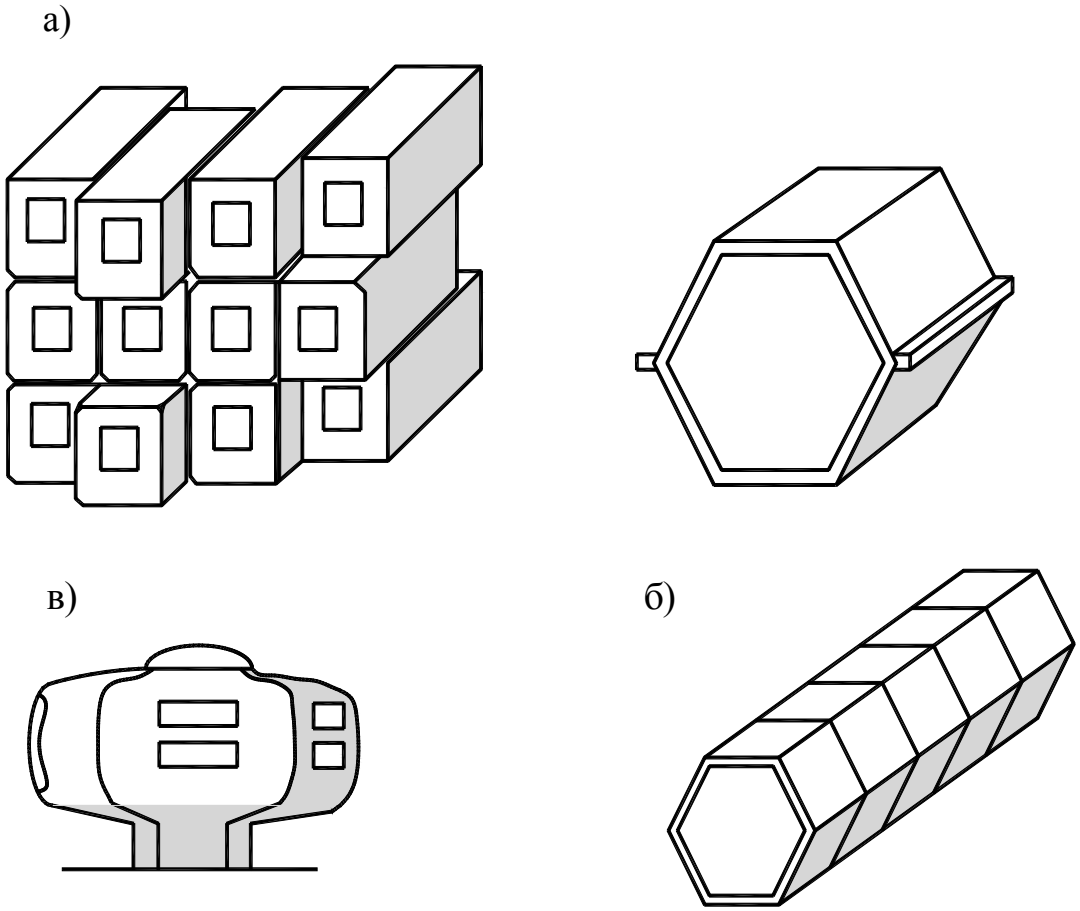


Рис. 6.4. Форма блоков:
а – прямоугольная; *б* – косоугольная; *в*– криволинейная

Более детальная классификация блоков по форме представляется в настоящее время нецелесообразной, поскольку в массовом объемо-блочном домостроении нашли применение в основном лишь блоки прямоугольные в плане.

Форма блока может предопределять материал, из которого он изготовляется, а следовательно, и его роль в здании. Криволинейные блоки целесообразно изготовлять из эффективных материалов – из пластмасс, алюминия, дерева, а это при строительстве многоэтажных зданий требует применение каркаса или несущего остова. Материал этих блоков позволяет менять их форму, и они могут транспортироваться в сложном виде.

Бетонные блоки по форме неизменяемы.

В отечественном объёмно-блочном домостроении получили массовое применение пока лишь прямоугольные блоки. Надо надеяться, что по мере совершенствования объёмно-блочного домостроения в нашей стране найдут применение и другие формы объемных элементов.

Наиболее важным признаком классификации блоков является восприятие ими нагрузок. По этому признаку блоки могут быть разделены на несущие и ненесущие[1]. Любая конструкция блока может быть отнесена лишь к одной из двух указанных разновидностей.

Несущие блоки являются основой блочной и блочно-панельной конструктивных систем зданий, а ненесущие – основным элементом заполнения блочно-каркасных или блочных систем с несущим остовом.

Классификация блоков по условиям опирания распространяется как на блоки несущие, так и ненесущие. Условия опирания определяют характер пространственной работы блоков, их напряженно-деформированное состояние. Известно два принципиальных типа опирания: линейное и точечное (рис. 6.5, д-ж).

Опирание по точкам вызывает необходимость усиленного армирования опорных зон.

Линейное опирание может иметь разновидности: опирание по всем четырем сторонам (по трем) и по двум противоположным сторонам.

Необходимость в таких вариантах связана с различным возможным расположением блока в здании – выдвижной, разворотом и т.д.

При линейном опирании передача нагрузок происходит по всей опорной площади граней. При увеличении этажности зданий происходит сближение схем работы блоков с линейным и угловым опиранием. При подвеске блоков или консольном прикреплении к несущим остовам передача нагрузок осуществляется также, как при точечном или линейном опирании.

Классификация блоков по материалам является в известной мере условной, поскольку в любом блоке сочетаются различные материалы. Тем не менее, учитывая различные конструкции блоков, изготовленных из разных материалов, представляется целесообразным выделить два типа: железо- бетонные блоки и блоки из небетонных материалов. Железобетонные блоки являются, как правило, несущими, блоки из небетонных материалов – ненесущими. Определяющим признаком является обеспечение требуемой несущей способности.

По способу изготовления объемные блоки делятся на монолитные и сборные (или составные из отдельных элементов), рис 6.5.

---

[1] Несущими принято называть блоки, воспринимающие нагрузку от вышележащих блоков и передающие ее на нижележащие блоки или другие опорные конструкции.

Ненесущими блоками называют блоки, на которые не передаётся нагрузка от вышележащих этажей зданий или со смежных пролетов и которые воспринимают лишь собственный вес и полезную нагрузку на блок.

Монолитные железобетонные блоки представляют собой пятистенную железобетонную коробку, к которой присоединяется шестое ограждение. Существуют несколько видов монолитных блоков (рис. 6.5, г-в):

а) типа «колпак», когда блок устанавливается на отдельную плиту пола;
б) типа «стакан», когда на блок опирается отдельно бетонируемая потолочная плита (т.е. имеет монолитно связанные стены и пол, но без потолка);
в) типа «лежащий стакан», когда одна из стен приваривается после завершения формовки блока, имеющего три внутренние стены, монолитно связанные с полом и потолком.

Монолитные железобетонные блоки являются пространственными элементами, обладающими высокой устойчивостью и жесткостью.

Монолитные объемные элементы формуют в специальных формующих установках, поэтому при их монтаже отпадает необходимость в стыковании отдельных плоскостных элементов, как это требуется при изготовлении объёмных блоков из отдельных панелей.

В отечественном домостроении применяются преимущественно монолитные железобетонные блоки. Существуют монолитные объёмные блоки из пластмасс.

Наиболее распространено было в последние годы строительство жилых домов из монолитных пятистенных ребристых керамзитобетонных блоков, размером на комнату, с открытой шестой торцовой плоскостью, к которой крепится панель наружной стены. Этот блок типа «лежащий стакан» условно именуется Краснодарским.

Такая конструкция блока по сравнению с другими является универсальной, так как панели наружных стен можно изготовлять с различной теплоизоляцией для любых климатических условий.

Сборные блоки собираются из отдельных элементов: из плоских панелей (блок бескаркасного типа), рис. 6.5. г, или из каркаса (стоек и ригелей) и отдельных плоских панелей (блок каркасного типа), рис. 6.5, г; а.

В зарубежной практике строительства широкое распространение получили объемные блоки из составных элементов, выполняемые из небетонных материалов (особенно для малоэтажного строительства). Наиболее распространенными являются блоки на основе деревянного или стального каркасов с различными видами заполнения – слоистой фанерой, дерево-плитами, панелями типа «сэндвич» с облицовкой асбестоцементными, алюминиевыми или пластмассовыми листами.

В отечественной практике строительства получили широкое распространение сборные объёмные блоки из крупноразмерных железобетонных панелей, изготовленных прокатным путем либо кассетным способом, имеющие бескаркасную либо каркасную конструкцию.

Сборный (составной) объёмный блок собирают на заводе в кондукторе из отдельных панелей с последующей сваркой закладных деталей (рис. 6.5, г).

Каркасный блок состоит из железобетонного каркаса (стоек и ригелей), навесных панелей стен и плит полов (рис. 6.5, г; а).

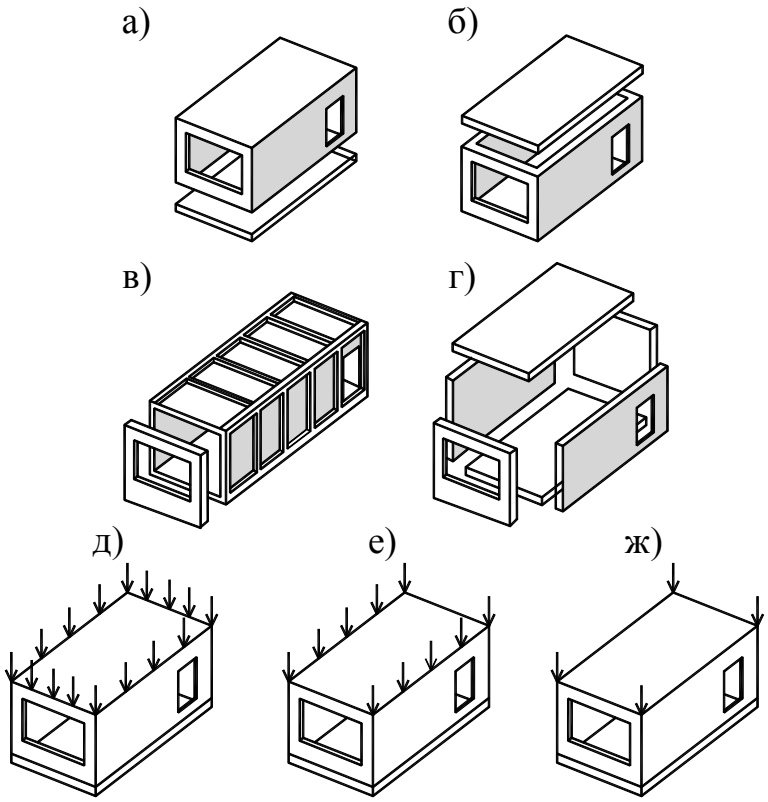


Рис. 6.5. Конструктивно-технологические типы блоков и схемы опирания:
а – «колпак»; *б* – «стакан»; *в*– «лежащий стакан» (*а, б, в* – монолитные); *г* – сборные; *д* – передача нагрузок по периметру; *е* – по двум длинным сторонам; *ж* – по четырем углам

Изготовление блоков из отдельных панелей позволяет перед сборкой их в объёмный элемент отделывать поверхности механизированным способом с минимальной затратой ручного труда, в то время как в монолитных блоках отделку внутренних поверхностей производят вручную.

6.3 Развитие объёмного домостроения

Активные эксперименты в советском объёмном домостроении начались ещё в конце 50-х годов рядом научно-исследовательских, проектных и строительных организаций г. Москвы, Краснодара, Киева, Минска, Вологды и др.

Наметились основные технические направления в экспериментальном строительстве. Все направления использовали в качестве основного материала монолитный железобетон. В Минске, Москве, Киеве был принят для изготовления блок типа «колпак», в Краснодаре и Сочи – блок типа «лежащий стакан».

В соответствии с постановлением Совета Министров СССР «О развитии объёмно-блочного домостроения» от 03.02.69г. в стране сооружается ряд специализированных заводов объёмного домостроения, в том числе Красно-

дарский завод ОБД. Начинается разработка серий проектов домов из объёмных блоков.

Заводское производство монолитных железобетонных объёмных блоков состоит из следующих операций:

а) формование;
б) сборка;
в) комплектация (установка оконных, дверных блоков, сантехнического оборудования и т. п.);
г) отделка.

Используются три способа формования стен объёмных элементов: кассетный, поярусный и метод подвижных сердечников.

Минское техническое направление основано на применении блоков типа «колпак» с опиранием на четыре угла. Блоки формуются на установке кассетного бетонирования с применением вакуумирования. Разработка и реализация направления осуществляется Минским филиалом института «Гипронефтестрой» ИСиА Госстроя БССР, Белгоспроектом, Минским ДСК-3, Минпромстроя БССР и др. организациями.

Кременчугское техническое направление использует блоки типа «колпак» с опиранием на четыре угла. Блоки формуются на установке кассетного бетонирования с применением вакуумирования. Разработка и реализация направления осуществляется из НИИСК им. В.А. Кучеренко, Гипрогражданпромстроя, КиевЗНИИП, Кременчугским ДСК Минпромстоя и др. организациями.

Приднепровское техническое направление разрабатывалось институтом «Энергожилиндустрпроект» и Приднепровским Заводом ЖБК Минэнерго для строительства жилых поселков. В основу положено применение блоков типа «колпак» с опиранием по четырем углам, изготовляемых на установке с подвижным сердечником.

Вологодское техническое направление основано на применении блоков типа «колпак» с опиранием по периметру, изготовляемых на установке с подвижными сердечниками. Разработка направления осуществлялась ЦНИИПжилища, Гипростройматериалы, Вологдапромстрой, объединением Минтяжстроя и др.

Хабаровское техническое направление основано на применении блоков типа «колпак» с опиранием по периметру в сочетании с крупными панелями. Формование блоков предусмотрено на установке кассетного бетонирования с применением вакуумирования. Разработку направления осуществляло ЦНИИЭПжилища, Гипрогражданпромстой, Главдальстрой Минтяжстроя.

Краснодарское техническое направление основано на применении блоков типа «лежачий стакан» с линейным опиранием, изготовляемых способом кассетного формования. Наружная панель изготовляется отдельно и приваривается к блоку. Продольные стены, потолок и плита пола – ребристые.

Разработку направления осуществляло ЦНИИЭПжилища, Гипростроймаш, объединения «Краснодарпромстрой» и Главсочиспецстрой.

В настоящее время ведутся исследования по применению легких эффективных материалов для изготовления блоков.

Большое значение при определении размеров блока имеет наличие подъемных механизмов для монтажа (в настоящее время монтаж осуществляется башенными, козловыми кранами и автокранами на гусеничном ходу, грузоподъемностью 15-25-30т.), а также ограничения перевозок грузов по автомобильным и железным дорогам страны.

Для упорядочения размеров объемных блоков Межведомственный координационный совет по объемно-блочному домостроению одобрил разработанную ЦНИИЭПжилища и другими организациями «Номенклатуру блоков для проектирования серий объемно-блочных зданий применительно к вновь создаваемым предприятиям объемно-блочного домостроения». Основным принципом номенклатуры является применение модульных размеров блоков и укрупненных модулей (3М, 6М, 12М, 15М).

Наибольший размер блоков определен предельными габаритами, допускаемыми при перевозке изделий автомобильным транспортом. Ширина блоков принята 2,4 ÷ 3,9 м (для ж.д. транспорта 3,3 м). Длина блоков установлена на основе анализа планировочных ячеек в пределах 4,2 ÷ 7,5 м.

6.4 Конструктивные схемы объемно-блочных зданий

Объемно-планировочная структура домов из объемных блоков обусловлена следующими факторами:

а) типологическими (расселение – расселение семьи в квартире, демография – процесс роста семьи и её расселение в связи с этим, обслуживание и природно-климатические условия), определяющими этажность, объемно-планировочную структуру здания, размер квартир, функциональную организацию квартир;
б) инженерно-техническими – конструктивная схема здания, материал, форма, размеры, степень замкнутости и конструкция блоков;
в) композиционными – объемно-пространственная структура архитектурного объекта, тектоника каждого элемента здания, архитектурный масштаб.

По конструктивной схеме дома из объемных блоков условно подразделяют на 3 группы (рис. 6.6): блочные; панельно-блочные и каркасно-блочные.

При блочной схеме здание компонуется, в основном из объемных блоков (80 ÷ 100% отношения площади помещений выполненных из объемных блоков к площади всех помещений). Блоки устанавливают рядом друг на друга. При этом каждый блок представляет собой законченный конструктивный элемент, обладающий определенной прочностью для восприятия нагрузки от вышележащих блоков (рис. 6.6).

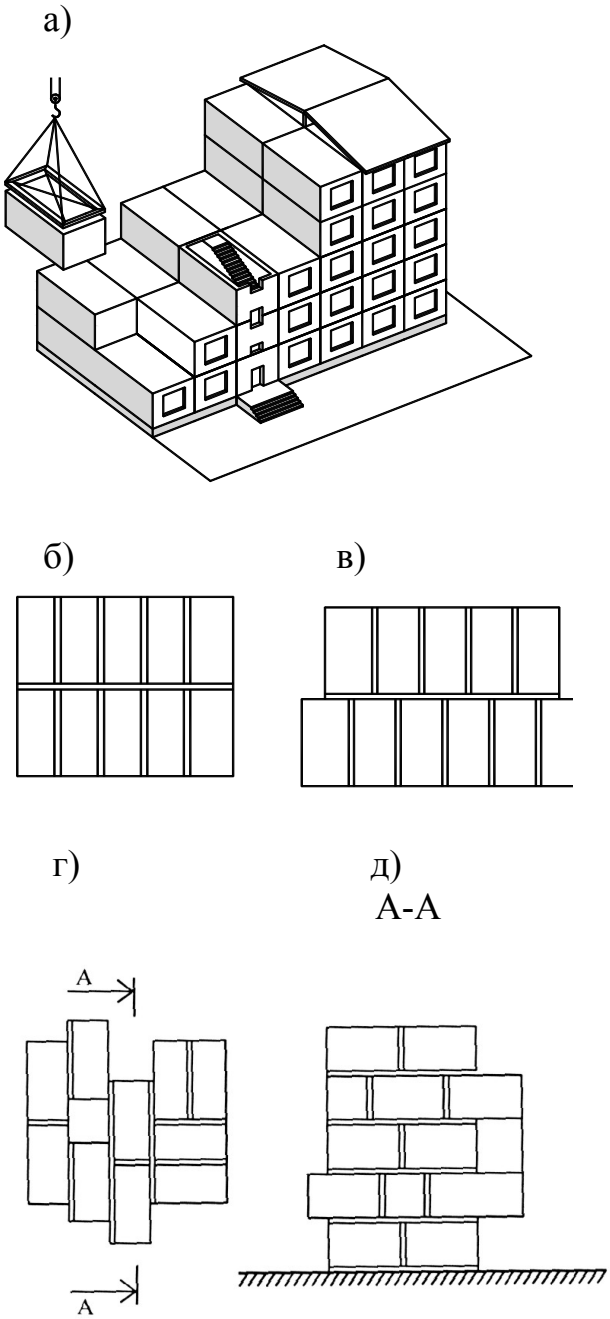


Рис. 6.6. Блочное здание:
а – общий вид дома; *б* – соосное размещение блоков; *в* – сдвижка блоков по продольной оси; *г* – сдвижка блоков по двум осям; *д* – поперечный разрез дома со сдвижкой по двум осям

Блочная схема более индустриальна в связи с тем, что при возведении домов по этой схеме имеется возможность перенести большую часть строительных работ в заводские условия. К недостатку этой схемы относится наличие двойных внутренних стен и перекрытий.

В блочной схеме применяют блоки различной формы из бетона, дерева, металла, пластмасс. Путем сдвижки и поворота блоков можно достигать большого разнообразия объемно-планировочных решений.

Особенность панельно-блочной системы зданий заключается в совместном применении объемных блоков и плоских панелей (рис. 6.7).

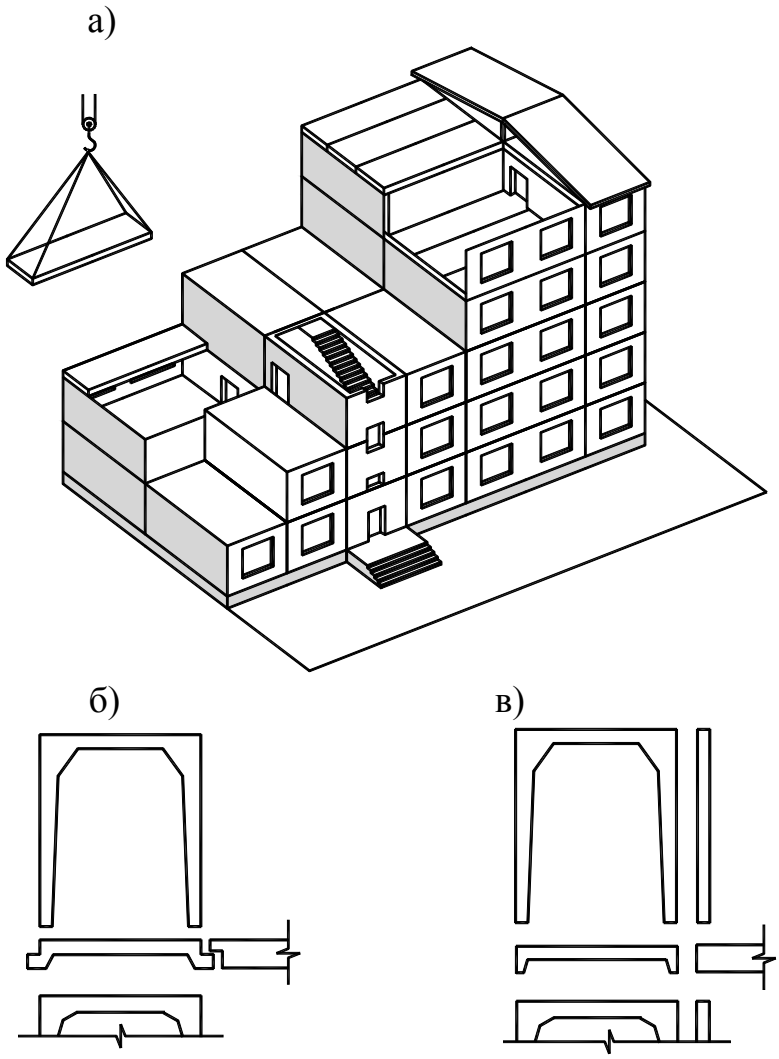


Рис. 6.7. Блочно-панельное здание:
а – общий вид дома; *б* – передача нагрузок от панельного пролета на консольный выступ панели пола блока; *в* – передача нагрузок от панельного пролета на самостоятельные несущие стены

В этом случае внутренние стены получаются однослойными. Однако при такой конструктивной схеме более половины отделочных работ приходится выполнять на строительной площадке. Кроме того, создаются неудобства при монтаже элементов разного веса и разных габаритов.

При блочно-панельной схеме в объемных блоках размещаются обычно помещения, максимально насыщенные оборудованием (санитарные узлы, кухни и так далее), а остальные помещения (например, общие комнаты, спальни) решаются в плоских конструкциях. При этой схеме можно добиться ограничения размеров блоков и, наоборот, создания больших помещений между ними. Процент блочности в этой системе равен 20 ÷ 60 %.

Каркасно-блочная система представляет собой сочетание каркаса, состоящего из стоек и ригелей и самонесущих объемных блоков, опирающихся на каркас (рис. 6.8).

В данном случае каждый блок воспринимает только собственный вес, и, следовательно, все блоки статически работают в одинаковых условиях. Это позволяет изготовлять блоки из легких и дешевых материалов, обладающих конечно, достаточной огнестойкостью и долговечностью. Внутреннюю отделку таких блоков можно выполнять на заводе; с другой стороны, возникают трудности монтажа вследствие большого количества монтажных элементов, резко отличающихся по своим габаритам и весу.

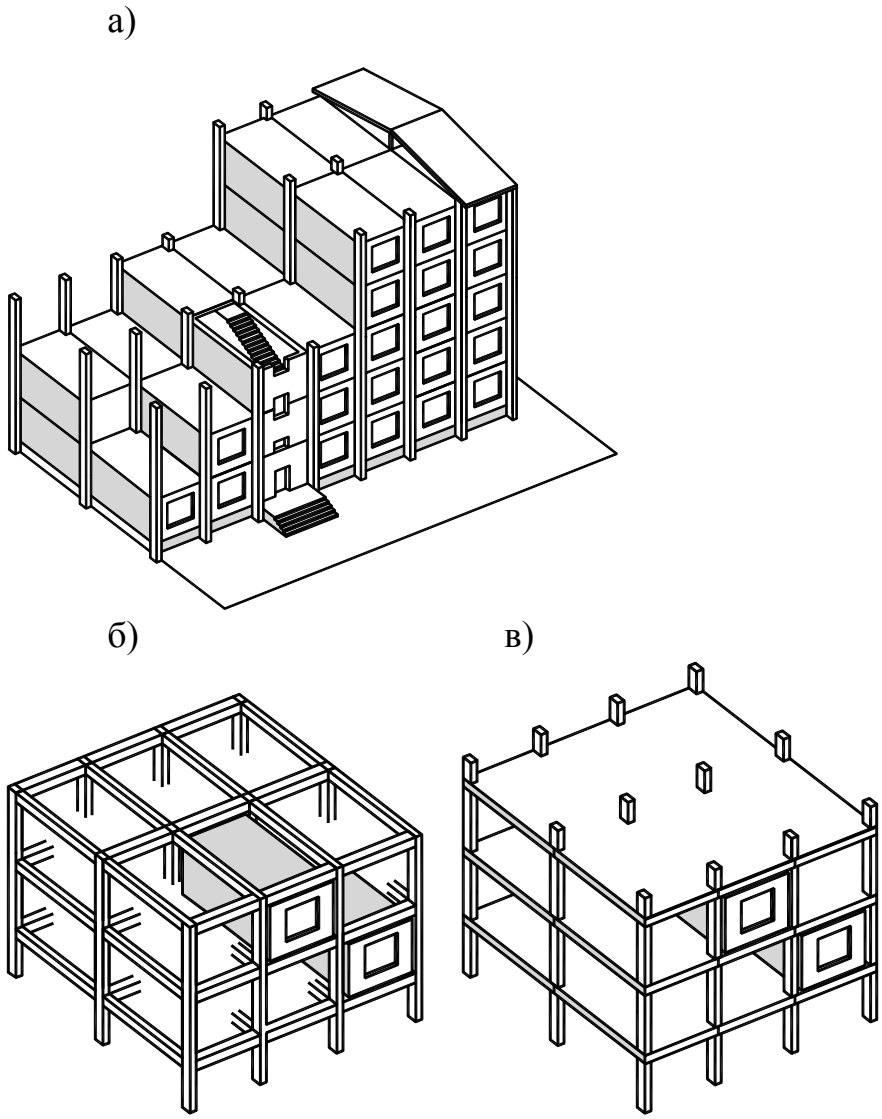


Рис. 6.8. Конструктивно-технологические типы блоков и схемы опирания:
а – со стоечным безригельным каркасом; *б* – с полным стоечно-ригельным каркасом; *в*– со стоечным безригельным каркасом и сплошными перекрытиями на каждом этаже.

В современном строительстве предпочтение отдается блочной схеме домов, при которой можно достигнуть наибольшей заводской готовности блоков и больших удобств при выполнении монтажных работ. В этой схеме

число монтажных элементов сокращается до минимума, а благодаря унификации веса монтажных блоков, эффективнее используется грузоподъемность монтажных механизмов.

При рассмотрении конструктивного решения зданий из объемных элементов блочной системы необходимо иметь в виду, что характер статической работы блоков, как несущих элементов дома, и их конструкция зависят от способа опирания блоков друг на друга: по углам (т.е. в четырех точках), по двум противоположным сторонам блоков и, наконец, по всему контуру блоков. Более распространен первый способ опирания, при котором обеспечен свободный доступ к каждой из четырех опор при монтаже дома и более устойчивы стены, ослабленные оконными и дверными проемами.

Менее распространены второй и третий способы опирания блоков. В этих случаях возможны местные нагрузки отдельных участков, опирающихся друг на друга стен, так как использование цементного раствора для выравнивания опорных поверхностей не обеспечивает равномерного распределения нагрузки.

6.5 Прочие элементы объемно-блочных зданий

Принципы конструирования многих элементов объемно-блочных зданий – фундаментов, лестниц, крыш, наружных стен, балконов, лоджий, ряда узлов и стыков – во многом аналогичны принципам конструирования этих элементов в крупнопанельном строительстве.

Конструкция фундаментов объемно-блочных зданий определяется статической схемой работы самих блоков. Нагрузка от столбов блоков с линейным опиранием или с опиранием по четырем сторонам должна восприниматься также линейно. Нагрузка от столбов блоков с узловым опиранием – соответственно в отдельных точках.

Здания из объемных блоков с линейным опиранием могут иметь столбчатые или свайные фундаменты однако необходимость линейного восприятия нагрузок от надземной части здания приведет в этом случае к необходимости использования фундаментных балок ростверков, усиленных цокольных блоков и т.д.

Лестничные клетки в объемно-блочных зданиях из железобетонных блоков, как правило, устраивают из специальных блоков – лестниц высотой на один этаж. Конструирование блоков-лестниц существенно отличается от конструирования рядовых жилых помещений из-за отсутствия в них горизонтальных граней (перекрытий).

Блочная схема зданий допускает независимое конструирование блоков-лестниц и рядовых блоков.

В настоящее время в объемно-блочных зданиях применяют, как правило, двухмаршевые лестницы, располагаемые своей продольной осью перпендикулярно наружной стене дома. Минимальная ширина лестничного блока (в

свету) – 2,3 м. Практически ширина блока в свету принимается не менее 2,5 м. Длина блока зависит от высоты этажа (количество ступеней) и ширины лестничных площадок.

Нагрузки от лестничных площадок и маршей передаются на стены блоков, как правило, в виде сосредоточенных усилий. Стенки лестничных блоков требуют усиления в этих местах. Особенностью блоков-лестниц с точечным (угловым) опиранием из-за отсутствия горизонтальных граней является значительное усложнение армирования надпроемных участков продольных стен.

Известно несколько способов конструирования лестничных блоков (рис. 6.9). Они могут быть монолитными, состоящими из одного элемента (рис. 6.9, 1); из двух монолитных полублоков (рис. 6.9, 2); из двух укрупненных пространственных элементов (торцов блока) и сборных лестничных маршей и площадок (рис. 6.9, 3); из отдельных панелей стен, маршей, площадок и балок (рис. 6.9, 4); из четырех монолитно-связанных стенок – вертикальной трубы (иногда с верхней лестничной площадкой) и отдельных маршей, площадок и балок (рис. 6.9, 5б). Марши и площадки могут быть выполнены в виде двух монолитных маршей с полуплощадками (рис. 6.9, 5а).

Наилучшими конструктивными решениями являются первые два, где марши и площадки (толщиной 40 ÷ 50 мм) монолитно присоединяются к стенкам и работают как упруго защемленные призматические оболочки.

Изготовление монолитных блоков-лестниц достаточно сложно технологически.

Наружные стены являются одним из основных и наиболее ответственных элементов объемного блока. В железобетонных блоках наружные стены могут быть выполнены из бетонных материалов в виде однослойных, трехслойных с различными утеплителями конструкций или из небетонных материалов в виде многослойных конструкций с эффективными утеплителями.

В блоках типа «колпак» и «лежащий стакан» наружная стена, как правило, ненесущая. Её функцией является лишь ограждение внутреннего пространства жилых помещений. Конструктивное решение таких наружных стен аналогично конструктивному решению наружных панелей в крупнопанельных зданиях.

Конструкции крыш, применяемые в объемно-блочном домостроении, аналогичны конструкциям крыш крупнопанельных зданий. Наиболее предпочтительны конструкции крыш, характеризуемые высокой степенью заводской готовности.

В целях повышения степени заводской готовности и снижения простроечных затрат ряд операций, в частности устройство пароизоляции, наклейка гидроизоляционного ковра на кровельные панели, отделка свесов карниза, могут быть выполнены в заводских условиях. На стройплощадке в этом случае производят лишь укладку утеплителя, монтаж панелей с рулонным ковром и устройство связей.

Балконы объемно-блочных зданий конструируют как консоль плиты пола.

Плита балкона выполняется сплошной или с прорезями, в которые пропускается утеплитель наружных стен. Плита балкона, как и плита пола, выполняется, как правило, из тяжелого бетона.

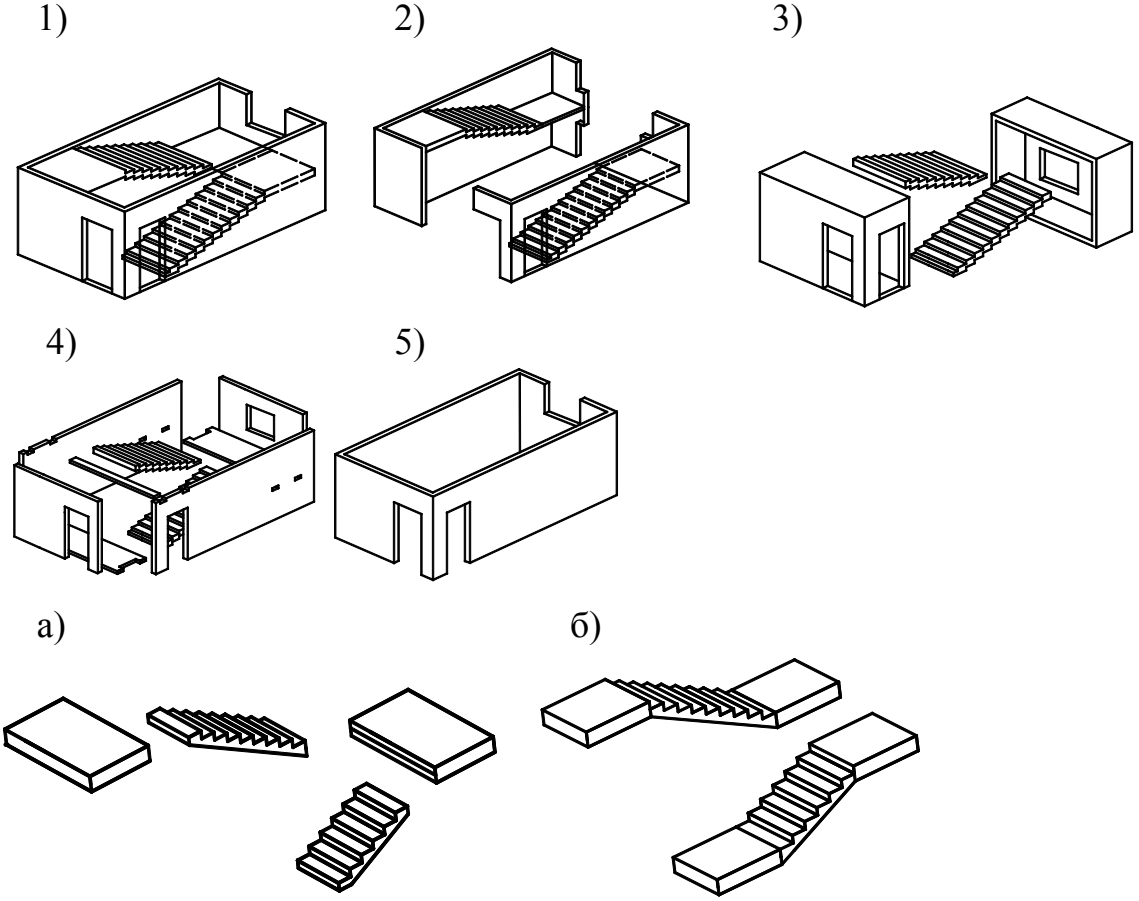


Рис.6.9 Конструкция блоков лестничных клеток:
1 – цельноформованная блок-лестница; *2* – блок-лестница из двух полублоков; *3*- блок-лестница из двух пространственных блоков и отдельно монтируемых лестничных маршей; *4* – блок-лестница, собираемая из отдельных элементов; *5* – блок-лестница, состоящая из монолитного четырехгранника с заполнением: *а* – элементы маршей с двумя полуплощадками; *б* – то же, из отдельных площадок

В заключение необходимо отметить, что в объемно-блочных конструкциях жилых домов пока не решен ряд технических проблем, относящихся к теории расчета конструкций этих зданий, технологии изготовления и монтажа объемных блоков. Например, не полностью выяснены причины появления трещин в тонких стенах блоков, не найден простой и надежный способ защиты объемных элементов от атмосферных осадков в период их транспортировки и монтажа, разрабатываются способы эффективной механизации отделочных работ.

7 ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ВОЗВЕДЕНИЕ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Индустриальным домостроением из монолитного железобетона называют такой вид строительства, в котором в качестве основного материала применяют монолитный бетон; бетонирование конструкций осуществляют в крупносборной инвентарной опалубке; процессы приготовления, транспортировки и укладки бетонной смеси автоматизированы и механизированы.

Этот метод может быть использован как при поточном строительстве, так и при возведении зданий по индивидуальным проектам.

Его преимущества проявляются в определенных условиях с учетом конкретных особенностей района строительства.

Индустриальное домостроение из монолитного железобетона рекомендуют:

а) при строительстве жилых и общественных зданий повышенной этажности, характеризующихся сложными по форме объемами;
б) в районах с высокой сейсмичностью и определенными геологическими условиями (Средняя Азия, Кавказ, Камчатка, и др.);
в) при отсутствии или недостаточной мощности базы полносборного домостроения при ограниченном объеме строительства (например, строительство жилого фонда для гидротехнических объектов), а также в период освоения новых территорий.

Рассчитывают и конструируют здания из монолитного железобетона по общим правилам строительной механики, теплофизики и акустики с учетом требований соответствующих разделов «Строительных норм и правил».

Многочисленные поисковые работы ученых и практиков разных стран по созданию новых и совершенствованию уже известных способов монолитного домостроения интенсивно велись со второй половины XX века: создавались новые типы оснастки, разрабатывались методы возведения опалубки и системы автоматизации ее передвижения (перестановки), совершенствовались составы бетона, контроль и уход за ним, способы интенсификации твердения бетона (как обогревные так и безобогревные) и средства горизонтального и вертикального транспорта бетонных смесей.

В конструкции опалубки и при возведении зданий широко использовались гидравлические, пневматические и электрические приводы, автоматика, электроника и другие новейшие достижения науки и техники.

Применение новой техники и новых методов организации строительных работ позволило выявить достоинства и недостатки монолитного домостроения и определить экономический эффект его использования.

В наше время все шире используют монолитный железобетон во многих странах мира.

В России монолитное домостроение с применением современных технических средств внедрили в 1967 г., когда началось строительство первого курортного здания в г. Сочи (спальный корпус санатория Всероссийского те-

атрального общества) и первого жилого дома в г. Туле, и с тех пор стало общепризнанным видом строительства.

7.1 Классификация методов возведения зданий из монолитного железобетона

В основе классификации – способ выполнения несущих конструкций, так как другие части зданий при различных методах возведения изготавливают обычно.

Наиболее распространены следующие индустриальные методы возведения зданий из монолитного железобетона:

а) бетонирование горизонтальных и вертикальных конструкций с помощью неподвижной опалубки (крупнощитовой, объемно-переставной);
б) бетонирование вертикальных конструкций с применением подвижной (скользящей) опалубки, а горизонтальных – неподвижной опалубки (крупнощитовой или объемно-переставной) или применением для горизонтальных конструкций сборных железобетонных изделий;
в) бетонирование горизонтальных конструкций в виде пакета плит перекрытий на уровне земли и последующего их подъема домкратами по сборным стальным или железобетонным колоннам на проектные отметки (методом подъема перекрытий, когда обустройство этажей осуществляется на проектных отметках);
г) бетонирование горизонтальных конструкций в виде пакета плит перекрытий и обустройство этажей на уровне земли с последующим подъемом готовых этажей на проектные отметки по сборным стальным или железобетонным колоннам (метод подъема этажей);
д) бетонирование в скользящей опалубке ядер жесткости и выполнение остальных конструкций здания из сборных элементов;
е) бетонирование в скользящей опалубке ядер жесткости и подвеска к ним перекрытий (этажей) с помощью вант (здания висячей конструкции).

Рассмотрим перечисленные выше методы возведения зданий из монолитного железобетона.

7.2 Возведение монолитных зданий методом бетонирования горизонтальных и вертикальных конструкций в неподвижной опалубке (объемной переставной или крупнощитовой)

Строительство в объемной переставной опалубке может осуществляться извлечением этой опалубки после бетонирования вдоль поперечных осей здания (рис. 7.1, а); перемещением объемной опалубки вдоль здания (или продольных осей здания), рис. 7.1, б; применением вертикально извлекаемой опалубки, используемой для бетонирования только вертикальных конструкций здания (рис. 7.1, в).

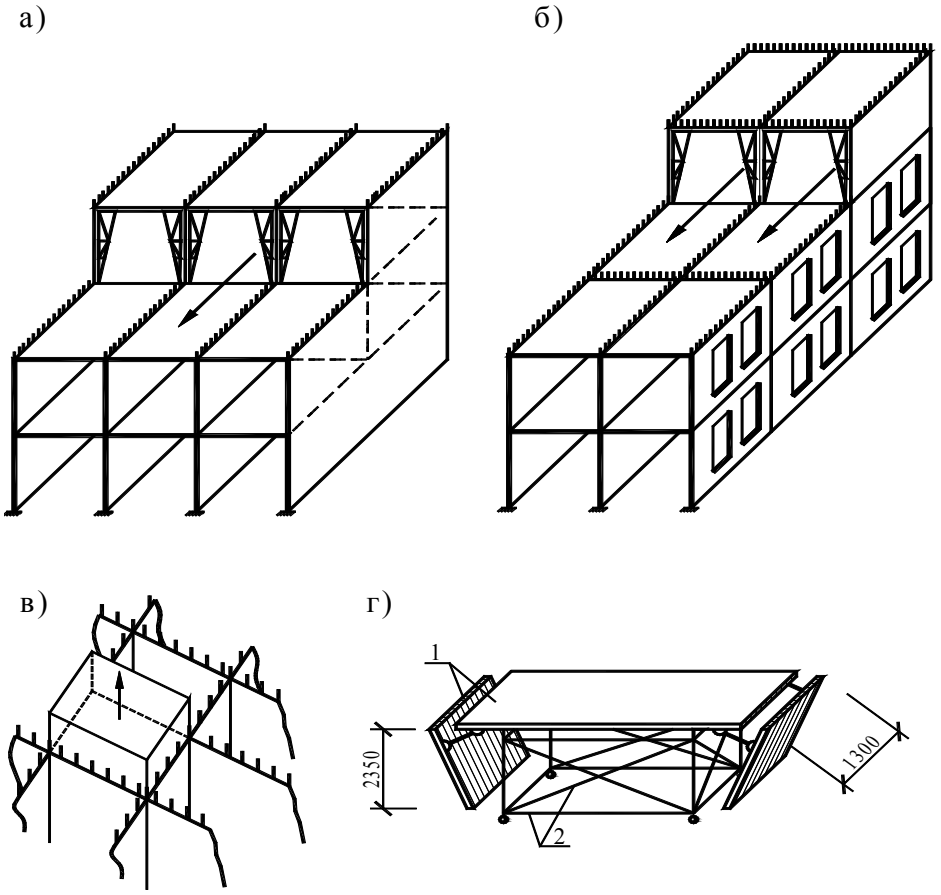


Рис. 7.1. Возведение монолитных зданий в объемной переставной опалубке:
а – извлекаемой вдоль поперечных осей; б – извлекаемой вдоль продольных осей; в – вертикальным перемещением опалубки; г – опалубка системы «Столица» (Польша); 1 – вертикальный и горизонтальный щиты; 2 – металлический каркас опалубки

В польской системе строительства монолитных зданий «Столица» (рис. 7.1, г) используют индустриальную опалубку, состоящую из шарнирно-соединенных вертикальных и горизонтальных щитов размером на комнату с пространственной рамной конструкцией постоянной ширины (1,3 м и высоты 2,53 м). Опалубка рассчитана на шаг поперечных несущих стен от 2,7 до 6 м (в осях стен) с градацией размеров через 300 мм. Щиты опалубки изготавливают из шпунтованных досок толщиной 42 мм. Оборачиваемость опалубки – 40 циклов. Перед бетонированием устанавливают закладные детали (трубки, вкладыши, ящики для образования ниш, а также временные обвязки для дверных проемов), которые удаляют через несколько часов после завершения бетонирования, пока бетон не набрал высокой прочности. Снимают опалубку через открытую фасадную часть дома (на дощатый настил инвентарных подвесных козырьков трубчатой конструкции, для закрепления которых используют отверстия стяжных болтов, остающихся в стенах ниже расположенного этажа после распалубки).

Строительство в крупнощитовой переставной опалубке осуществляют с помощью элементов (щитов опалубки), размеры которых соответствуют

высоте помещения и расстоянию между несущими стенами. Опалубку стен и перекрытий монтируют раздельно. Щиты опалубки стен устанавливают в проектное положение и скрепляют между собой. В крупнощитовой опалубке возводят, как правило, поперечные, продольные внутренние стены и перекрытия. Продольные наружные стены не бетонируют, чтобы не препятствовать извлечению щитов опалубки перекрытий. После бетонирования монолитных конструкций навешивают наружные стеновые панели. Возможно сочетание монолитных наружных и внутренних стен со сборными перекрытиями.

Одно из основных положительных качеств крупнощитовой и объемной опалубок – их неподвижность во время укладки и твердения бетона, что позволяет получить гладкие поверхности стен и потолков, а также создает условия для использования рельефной опалубки. При крупнощитовой и объемной опалубках создаются монолитные рамные узлы сопряжения несущих стен с перекрытиями, образуются пространственные системы, обеспечивающие высокую жесткость и устойчивость сооружения. Крупнощитовая переставная опалубка позволяет строить многоэтажные здания как с компактным, так и развитым планом; как малоэтажные, так и многоэтажные; целиком монолитные и с широким применением сборных элементов.

Основной недостаток крупнощитовой опалубки – необходимость тщательной установки и выверки каждого щита. Объемная переставная опалубка исключает этот недостаток, но она более сложна и тяжела, а также ограничивает архитектурно-планировочные решения.

7.3 Возведение монолитных зданий методом бетонирования вертикальных конструкций в подвижной (скользящей) опалубке, горизонтальных – в неподвижной опалубке или с применением сборных железобетонных перекрытий

Строительство в скользящей опалубке заключается в непрерывном совместном подъеме домкратами опалубки и подъемных подмостей. Для опалубки применяют щиты высотой 1,0 ÷ 1,2 м (рис. 7.2).

Опалубка, соответствующая очертанию возводимого сооружения, синхронно поднимается со скоростью 15 ÷ 30 см/ч. Сверху в опалубку укладывают бетон, устанавливают арматуру, закладные детали, оконные и дверные блоки, устройство для образования гнезд и черные коробки.

По мере подъема опалубки из-под нее выходят готовые конструкции стен, балок, колонн. Опалубку поднимают домкратами, установленными на рамах, соединенных со щитами опалубки. Домкраты передвигают по стальным стержням, опирающимся на фундаментную плиту.

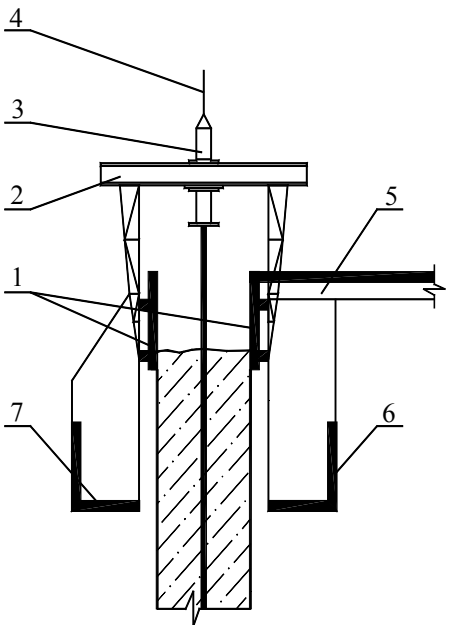


Рис. 7.2. Схема скользящей опалубки:
1 – щиты скользящей опалубки; 2 – домкратная рама; 3 – домкрат; 4 – домкратный стержень; 5 – верхняя рабочая площадка; 6 – нижняя внутренняя рабочая площадка; 7 – нижняя наружная рабочая площадка

Эти стержни после завершения бетонирования здания можно извлекать для повторного использования или оставлять в бетоне как элемент арматуры. Перекрытия выполняют либо одновременно с возведением стен, но с поэтажными остановками для их выполнения, либо без остановок, но с отставанием на 2 ÷ 3 этажа от скользящей опалубки, либо после окончания бетонирования стен всего здания. При монолитных перекрытиях бетонирование осуществляется с помощью переставной или неподвижной опалубки. При применении сборных плит перекрытия предусматривается установка специальных временных металлических консолей для монтажа плит и последующего замоноличивания армированных стыков.

Основное преимущество скользящей опалубки – в непрерывности технологического процесса укладки бетона, что обеспечивает короткие сроки возведения сооружений. Чем выше здание, тем больше экономический эффект от применения такой опалубки. Скользящая опалубка позволяет бетонировать стены криволинейного или уступчатого очертания, а также сужающиеся или расширяющиеся.

Недостаток этого метода заключается в сложности получения высококачественных фасадных поверхностей, высокой трещиноватости, трудности фиксации закладных элементов, невозможности бетонирования тонких конструкций и неизбежности применения других материалов и конструкций для устройства перегородок, что значительно снижает уровень механизации строительства и увеличивает его трудоемкость.

Специалисты прогнозируют использование скользящей опалубки в будущем для возведения точечных зданий большой этажности и бетонирования ядер жесткости в зданиях смешанной конструкции, а также для возведения специальных зданий и сооружений (элеваторов, водонапорных и телевизионных башен, дымовых труб и т. п.).

7.4 Возведение монолитных зданий методом подъема перекрытий

Строительство методом подъема этажей и перекрытий занимает особое место в монолитном домостроении. В 1947 г. во Франции инженер Бернард Лафай сделал первую попытку подъема перекрытий. Этот метод разрабатывали американские инженеры Ф.Ютц и Т.Слик. В настоящее время он получил всемирное признание.

В России первое здание методом подъема этажей было построено в Санкт-Петербурге в 1960 г. Значительный вклад в развитие метода подъема перекрытий внесли армянские строители.

Сущность возведения зданий и сооружений методом подъема перекрытий (этажей) заключается в предварительном изготовлении на уровне земли пакета плит перекрытий и их последующем вертикальном перемещении по колоннам на проектные отметки. На верхней плите пакета устраивают кровлю, которую с помощью подъемного оборудования (домкратов) поднимают на заданную отметку. В той же последовательности собирают и возводят следующие этажи. Если при строительстве поднимают только плиты перекрытий, то все работы по обустройству этажей выполняют на проектных отметках (рис. 7.3).

Плоские безригельные плиты перекрытий на опорах имеют специальные «воротники», надежно соединенные с арматурой плиты. При подъеме плиты на проектный уровень «воротники» приваривают к закладным деталям колонн и замоноличивают (рис. 7.4). Колонны применяют железобетонные или стальные.

Бетонирование плит перекрытия производят на уровне земли с помощью деревометаллической бортовой опалубки по периметру плиты.

После установки бортовой опалубки наносят разделительный слой по нижнему основанию (подготовке), затем укладывают воротники, арматурные сетки и каркасы, устанавливают колонны, приваривают каркасы к воротникам, закрывают зазоры между воротниками и колоннами, укладывают бетонную смесь и уплотняют ее.

Обустройство этажей при возведении зданий методом подъема перекрытий осуществляют на проектных отметках.

Московское государственное проектно-строительное объединение предложило новый, так называемый самоопалубочный способ формирования подъемных перекрытий. Каждое перекрытие перед подъемом в проектное положение бетонируют не в «пакете», как это делалось до сих пор, а на уров-

не нижнего расположенного перекрытия, которое выполняет роль нижней опалубки. Верхней опалубкой служит кровельная плита с антиатгезийным покрытием на тыльной поверхности, а боковой опалубкой – бортоснастка, прикрепленная к кровельной плите.

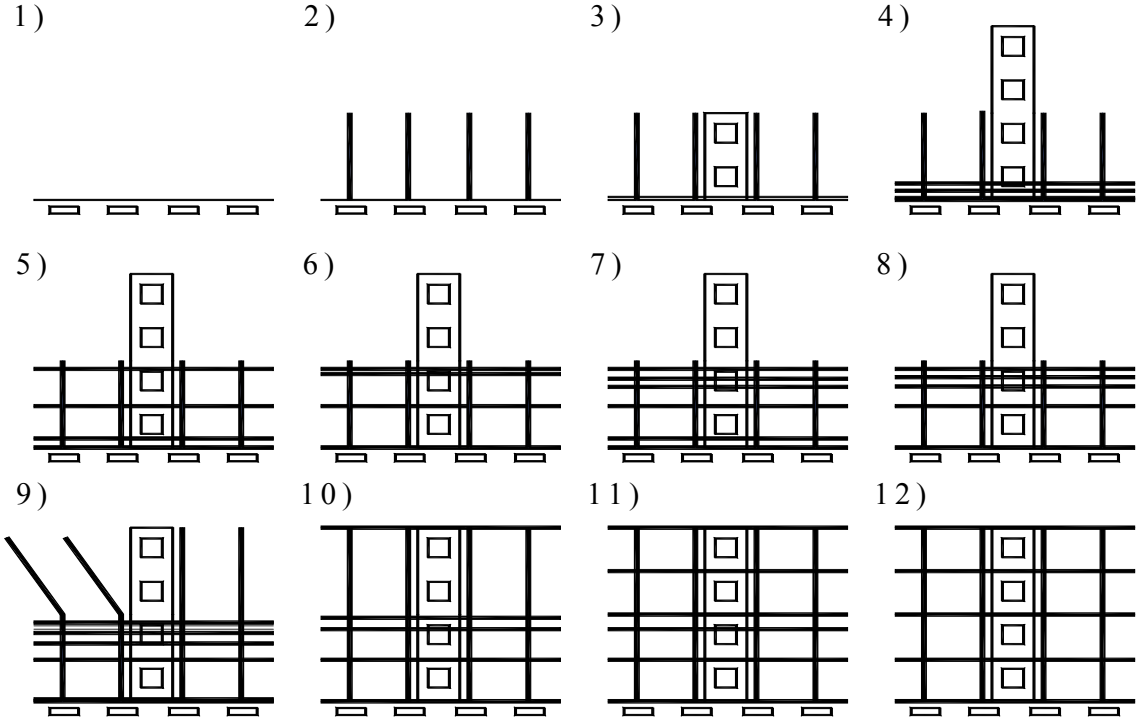


Рис. 7.3. Возведение 4-этажного здания методом подъема перекрытий:
1 – выполнение фундаментов; 2 – установка колонн первого яруса; 3 – выполнение бетонной подготовки под пол первого этажа и бетонирование ядра жесткости; 4 – бетонирование пакета перекрытий; 5 – подъем кровельной плиты до верха колонн первого яруса; 6 – подъем перекрытий четвертого этажа; 7 – подъем перекрытий третьего этажа; 8 – подъем перекрытий второго этажа на проектную отметку; 9 – наращивание колонн второго яруса; 10 – подъем кровельной плиты на проектную отметку; 11 – подъем перекрытий четвертого этажа на проектную отметку; 12 – подъем перекрытий третьего этажа на проектную отметку

Рассмотрим последовательность рабочих операций. На нулевом горизонте после монтажа первого яруса колонн бетонируют керамзитобетонную кровельную плиту, включающую отопительные регистры, используемые для ускорения набора прочности бетона. Плиту после схватывания бетона поднимают на один этаж. На освободившееся основание укладывают арматуру перекрытия первого этажа. Затем кровельную плиту опускают так, что между нижней ее плоскостью и основанием остается зазор, равный толщине плиты перекрытия первого этажа. Через отверстие в плите зазор заполняют бетоном. После этого начинается повторяющийся цикл.

Транспортируют перекрытия с помощью электромеханических подъемников и стальных винтовых тяг. Для подачи бетона, арматуры и наружных ограждающих конструкций применяют башенные краны, установленные на кровельной плите.

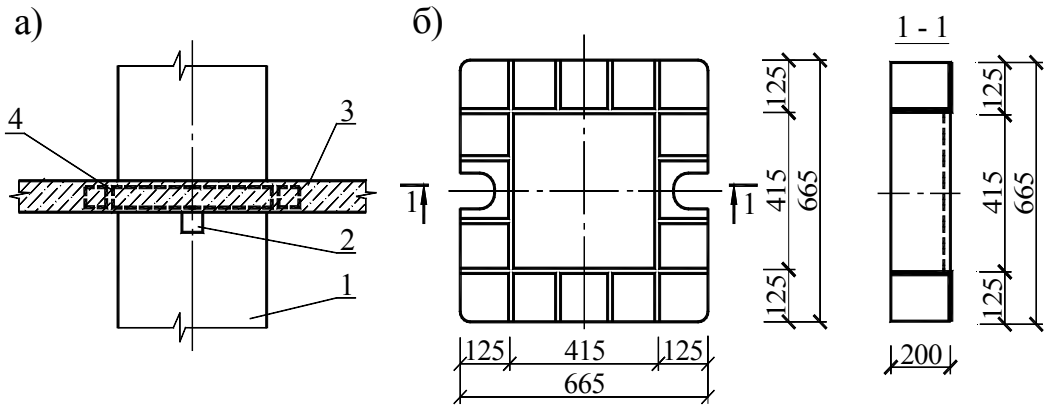


Рис. 7.4. Сопряжение перекрытия с колонной через металлический воротник: а – при опирании воротника по двум сторонам на металлический штырь вставленный в отверстие колонны; б – металлический короткий воротник (рекомендуется применять для гладких плит при пролетах до 6 м и временных нагрузках до 500 кг/м, а также для кессонных плит); 1 – колонна; 2 – штырь; 3 – плита перекрытия; 4 – короткий металлический воротник плиты перекрытия

Использование самоопалубочного метода позволяет повысить качество поверхностей плит без применения ручного труда (при бетонировании в пакете создание ровной поверхности сопряжено со значительными трудностями), процесс бетонирования полностью механизирован. Сразу после подъема плиты перекрытия в проектное положение под ней можно проводить работы по обустройству этажа, при этом резко сокращается время на возведение перекрытий (при старом способе на «растаскивание» плит по этажам тратили слишком много времени), отпадает необходимость в тягах большой длины.

При возведении зданий методом подъема этажей обустройство этажей производят на уровне земли. Этот метод не нашел пока широкого распространения и находится в стадии эксперимента.

7.5 Возведение сборно-монолитных зданий методом бетонирования в скользящей или неподвижной опалубке ядер жесткости и выполнение остальных конструкций здания из сборных элементов в виде связевого каркаса

Возведение зданий этим методом рассматривается в разделах, посвященных крупнопанельным и каркасным зданиям. Следует лишь отметить, что для возведения ядер жесткости можно воспользоваться методом скользящей или неподвижной опалубки. Так как в пределах ядер жесткости располагаются обычно вертикальные коммуникации (лифтовые шахты, лестницы, вентиляционные шахты и шахты прокладки инженерных сетей), не требующие междуэтажных перекрытий, то процесс бетонирования ядер жесткости значительно облегчен.

Монолитные ядра жесткости воспринимают все действующие горизонтальные нагрузки. Их изготавливают из монолитного железобетона с арми-

рованием прокатными профилями или прутковой арматурой. Конструктивная схема здания с монолитными ядрами жесткости по сравнению со схемами, предусматривающими отдельно стоящие плоские стенки жесткости, выгоднее, так как расход стали в этом случае снижается на 10 ÷ 15 %, а бетона – на 15 ÷ 20 %.

Монолитные ядра жесткости в зависимости от протяженности здания могут располагаться в средней части (в домах-башнях) или симметрично относительно центральных осей (в зданиях большой протяженности).

В монолитном ядре обычно размещают все вертикальные коммуникации, лифтовые шахты, лестницы и т. п.

По такой конструктивной схеме в нашей стране построены здания СЭВ, жилые и административные здания на проспекте Калинина в Москве.

Монолитное ядро можно бетонировать как в скользящей, так и в переставной крупнощитовой опалубке. В первом случае сначала возводят в скользящей опалубке на всю высоту монолитное ядро жесткости, а затем монтируют сборные железобетонные конструкции вокруг ядра. Во втором случае монтаж сборных конструкций проходит параллельно с устройством жесткого арматурного каркаса для монолитного ядра. Бетонируют ядро снизу вверх в переставной крупнощитовой опалубке. Жесткий арматурный каркас временно выполняет функции обеспечения устойчивости здания до завершения работ по бетонированию ядра жесткости.

7.6 Возведение зданий висячей конструкции

Система многоэтажных зданий с подвесными перекрытиями (далее будем называть их зданиями висячей конструкции) была предложена в конце 20-х годов прошлого столетия в Германии (Клейном, братьями Раш) и в США (Фуллером), но затем была почти забыта. В последние годы она вновь привлекла к себе внимание как за границей, так и в нашей стране.

Здание висячей конструкции состоит из основной опорной конструкции, подвесок и подвесных перекрытий (рис. 7.5). К верхней части опорной конструкции непосредственно или с помощью промежуточных элементов прикреплены подвески, а к подвескам – перекрытия. Нагрузки от перекрытий передаются по подвескам вверх на опорную конструкцию и через нее – на фундамент.

Здания висячей конструкции можно разделить на несколько видов.

Подвесные здания с одним стволом жесткой конструкции или с оттяжками (мачтовая конструкция). Здания с устойчивым стволом, предложенные в свое время братьями Раш, чаще всего бывают квадратной формы.

В центре квадрата размещен полый ствол, внутри которого находятся лестницы, лифты, шахты для инженерного оборудования и других устройств. Ствол обычно выполняют из монолитного железобетона в скользящей опалубке. Венчающая часть ствола представляет собой сложную консоль со значительными размерами (рис. 7.5).

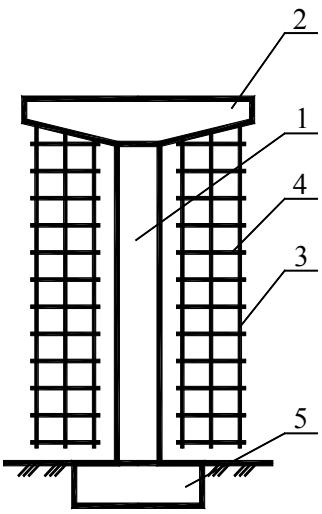


Рис. 7.5. Конструктивная схема здания висячей конструкции:
1 – ствол; 2 – двухконсольная балка; 3 – подвески; 4 – перекрытия; 5 – фундамент

Подвески изготавливают в виде пучков тросов, набора плоских полос из высокопрочной стали, стальных прокатных профилей, преднапряженного железобетона, армированного тросами. Для повышения огнестойкости, устойчивости против коррозии, а также против температурных воздействий подвески бетонируют или закрывают металлическими кожухами с изоляционным материалом. Подвески могут быть на всю высоту здания или их разрезают на отдельные звенья, равные высоте этажа.

Подвески в пределах перекрытия чаще всего соединяют между собой стальными натяжными муфтами с правой и левой резьбой для устранения деформаций.

В большинстве случаев подвески располагают по наружному контуру здания; перекрытия снаружи опираются на подвески, а внутри – на ствол.

Конструкции самих перекрытий принципиально не отличаются от перекрытий обычных зданий.

Здания висячей конструкции со стоечно-балочной опорной системой. В общем виде эта система состоит из двух стволов, по которым уложены продольные, обычно двухконсольные балки; на них опираются двухконсольные поперечные балки. Здания со стоечно-балочными опорами могут иметь и больше двух стволов, а также принимать в плане Г-образную, П-образную, трехлучевую и крестообразную формы.

Здания висячей конструкции со стеновыми опорами. В данном случае опорами служат две продольные стены, по которым уложены поперечные балки, несущие подвески. Планировка здания – коридорная с двухсторонним расположением помещений.

Здания висячей конструкции с рамной опорной системой. Рамные (арочные) опорные системы встречаются в практике строительства редко. Подвески в этой системе крепят или непосредственно к рамам (аркам) или к продольным ригелям.

7.7 Конструктивные системы зданий из монолитного железобетона

Здания из монолитного железобетона могут быть бескаркасной (с узким и широким шагом несущих стен), каркасной и смешанной конструкций.

Во всех трех типах конструкции могут выполняться как целиком из монолитного бетона, так и с применением сборных (крупных и малых) элементов.

К особому виду относятся здания висячей конструкции.

Бескаркасные здания с узким (не более 3,6 м) шагом несущих стен. В этих зданиях наружные и внутренние стены, междуэтажные перекрытия и конструкции вертикальных коммуникаций выполняют из монолитного бетона.

При использовании сборных конструкций бескаркасные здания с узким шагом несущих стен могут решаться двумя способами:

а) наружные и внутренние стены, конструкции вертикальных коммуникаций выполняют из монолитного бетона, а междуэтажные перекрытия – сборно-монолитные;
б) конструкции вертикальных коммуникаций (ядро) выполняют из монолитного бетона, остальные элементы здания – сборные.

Бескаркасные здания с широким (более 3,6 м) шагом несущих стен. Их выполняют в нескольких вариантах:

а) все несущие конструкции из монолитного бетона;
б) внутренние стены и конструкции внутренних коммуникаций из монолитного бетона, а наружные стены – сборные, перекрытия – сборно-монолитные;
в) внутренние стены, междуэтажные перекрытия и конструкции вертикальных коммуникаций из монолитного бетона, а наружные стены – сборные.

7.8 Стены и перегородки

Наружные монолитные стены могут выполняться многослойными (два-три слоя) на гибких связях (хомуты или шпильки из оцинкованной либо нержавеющей стали) или однослойными.

Монолитные однослойные наружные стены сплошного сечения рекомендуют выполнять из конструктивно-теплоизоляционного легкого бетона на пористых заполнителях. Толщину стены должен определять теплотехнический расчет. С наружной стороны однослойные стены в нормальных условиях необходимо покрывать декоративно-защитным слоем (плотным декоративным бетоном, керамическими плитами, плитами из естественного камня, листовыми материалами и т.п.). Во влажных районах с большим количеством осадков и сильными ветрами рекомендуют наружные стены ограждать декоративно-защитными экранами на откосе.

Наружные стены слоистой конструкции могут представлять собой наружные теплоизоляционно-декоративные сборные элементы, замоноличенные в несущий слой, или сборные теплоизоляционные плиты, размещенные внутри монолитной наружной стены.

При использовании наружных стен слоистой конструкции необходимо обеспечивать совместную работу слоев и исключить возможное появление мостиков холода.

Сборные наружные стены монолитных зданий аналогичны конструкциям наружных стен полносборных зданий. Специфика их применения – в особенности соединения монолитными несущими конструкциями.

Внутренние несущие стены в зданиях из монолитного бетона обычно возводят однослойными из тяжелого бетона толщиной не менее 120÷150 мм.

Перегородки могут быть однослойными и слоистыми, сборными и монолитными. Весьма перспективны сборно-разборные панельные перегородки заводского изготовления из небетонных материалов (металла, дерева, пластмассы и т.п.).

7.9 Перекрытия

Междуэтажные перекрытия в зданиях из монолитного бетона в зависимости от метода возведения и конструктивной схемы того или иного типа перекрытия должен определять технико-экономический расчет.

Устройство монолитных перекрытий при монолитной конструкции стен позволяет организовать однородный строительный процесс для возведения всех несущих конструкций и использовать одни и те же транспортные средства.

Применение сборно-монолитных перекрытий вызывает необходимость изготовления, как правило, нетиповых индустриальных изделий с арматурными выпусками для обеспечения связи с другими конструкциями здания, использование транспортных средств большой грузоподъемности, замоноличивания по месту большого количества соединений сборных и монолитных конструкций.

8 ПЛОСКОСТНЫЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

8.1 Общие сведения

Большепролетные конструкции покрытий появились еще в древнейшие времена. Это были каменные купола и своды, деревянные стропила. Так, каменное купольное покрытие Пантеона в Риме (125 г.) имело диаметр около 44 м, купол мечети Айя – София в Стамбуле (537 г.) – 32 м, купол Флорентийского собора (1436 г.) – 42 м, купол здания Верховного Совета в Кремле (1787 г.) – 22,5 м.

Строительная техника того времени не позволяла строить в камне лёгкие сооружения. Поэтому большепролетные каменные конструкции отличались большой массивностью, а сами сооружения возводились в течение многих десятилетий.

Деревянные строительные конструкции были дешевле и проще в возведении, чем каменные, давали возможность перекрывать также значительные пролеты.

Примером могут служить деревянные конструкции покрытия здания бывшего Манежа (1812 г.), ныне Выставочного зала Союза художников в Москве, пролетом 30 м.

Развитие черной металлургии в XVIII и XIX в.в. дало строителям материалы более прочные, чем камень и дерево – чугун и сталь.

Во второй половине XIX в. большепролетные металлические конструкции получают самое широкое применение в строительном деле. Они и поныне не потеряли своего значения.

В конце прошлого века появился материал для большепролётных зданий – железобетон.

Совершенствование железобетонных конструкций завершилось в 20-х годах прошлого века появлением тонкостенных пространственных конструкций – оболочек, складок, куполов. К этому времени получила широкое развитие теория расчета и конструирования тонкостенных покрытий, в совершенствовании которой приняли участие и российские ученые (В.З. Власов и др.).

Во второй половине прошлого века начинается широкое применение висячих покрытий, а также стержневых и пневматических систем.

К настоящему времени мы располагаем богатыми возможностями для возведения самых разнообразных зданий с большими пролетами.

Смысл использования современных большепролетных конструкций состоит в максимальном использовании несущих качеств материала и получения за счет этого легких экономичных покрытий.

Уменьшение массы конструкций и сооружений является одной из основных тенденций во всех отраслях современной техники. В строительстве это стремление выражается особенно полно. Уменьшение массы означает уменьшение объёма материала, его добычи, переработки, транспортировки и монтажа. Более 20 % транспорта занято перевозкой разных материалов и изделий, предназначенных для строительства. Поэтому вполне естественен интерес, который возникает у строителей и архитекторов к новым формам конструкций. Уменьшение массы конструкций даёт особенно большой эффект в покрытиях.

Так, масса железобетонного ребристого покрытия при сравнительно небольших пролетах составляет 400 ÷ 500 кг/м^2 перекрываемой площади; масса железобетонных оболочек при пролетах 40 ÷ 50 м составляет около 300 кг/м^2; масса облегченных покрытий по металлическим конструкциям при тех же пролетах снижается до 50 ÷ 100 кг/м^2; масса пневматических конструкций – всего лишь 2 ÷ 5 кг/м^2.

Большепролетные конструкции покрытий можно разделить по их статической работе на две основные группы:

а) плоские системы большепролетных покрытий (балки, фермы, рамы, арки);
б) пространственные системы большепролетных покрытий (оболочки, складки, висячие системы, стержневые системы и др.).

Балочные, рамные и арочные плоские системы большепролетных покрытий проектируются обычно без учета совместной работы всех несущих элементов, так как отдельные плоские диски соединяются друг с другом сравнительно слабыми связями, неспособными существенно перераспределить нагрузки. Это обстоятельство, естественно, приводит к увеличению массы конструкции.

В пространственных системах связи включены в работу и тем самым способствуют большему перераспределению нагрузок и снижению массы конструкции.

По материалу, применяемому для изготовления большепролетных конструкций, их разделяют на деревянные, металлические и железобетонные.

Деревянные конструкции в прошлом играли значительную роль в строительстве. Сейчас они вновь получают широкое распространение на качественно более высоком уровне.

Древесина имеет хорошие несущие свойства (расчетное сопротивление сосны на сжатие и изгиб составляет 130 ÷ 150 кг/см^2) и малую объемную массу (для воздушно-сухой сосны 500 кг/м^3).

Существует мнение, что деревянные конструкции недолговечны. Действительно, при плохом уходе деревянные конструкции могут очень быстро выйти из строя из-за поражения древесины различными грибками и насекомыми. Однако эти случаи являются результатом неумения надлежащим образом обрабатывать древесину, конструировать и содержать деревянные конструкции.

Основным правилом для сохранности деревянных конструкций является создание условий для их проветривания. Важно также обеспечить сушку перед ее применением в строительстве. В настоящее время деревообрабатывающая промышленность оборудована усовершенствованными сушильными камерами, применяется сушка в петролатуме, используются токи высокой частоты и пр.

Улучшение биологической стойкости древесины легко достигается с помощью давно разрабатываемых и освоенных методов пропитки ее различными эффективно действующими антисептиками.

Еще чаще возражения против использования древесины возникают по соображениям пожарной безопасности. Однако соблюдение элементарных правил противопожарной безопасности и надзора за сооружениями, а также использование антипиренов, повышающих огнестойкость древесины, позволяет значительно продлить срок службы деревянных конструкций.

В качестве примера долговечности деревянных конструкций можно привести упоминавшийся нами Манеж (ныне выставочный зал) в Москве, которому более 160 лет; шпиль Адмиралтейства в Санкт-Петербурге высотой около 72 м, построенный в 1738 г; сторожевую башню в Якутске, возведенную около 300 лет назад, многие деревянные церкви во Владимире, Суздале, Кижах и других городах и сёлах Северной России, насчитывающих несколько столетий.

Металлические конструкции, главным образом стальные, применяются весьма широко. Их достоинства общеизвестны: высокая прочность, относительно небольшая масса. Недостатком стальных конструкций является подверженность ржавлению (коррозии) и низкая пожарная стойкость (потеря несущей способности при высоких температурах) более высокая, чем у деревянных конструкций. Для борьбы с коррозией стальных конструкций существует много известных средств (окраска, покрытие полимерными пленками и др.). В целях пожарной безопасности ответственные стальные конструкции можно обетонировать или осуществлять набрызг на поверхность стальных конструкций теплоустойчивых бетонных смесей (вроде вермикулита).

Железобетонные конструкции не подвержены гниению, ржавлению, обладают высокой пожарной стойкостью, но они тяжелы.

Поэтому при выборе материала для большепролётных конструкций необходимо отдавать предпочтение тому материалу, который в конкретных условиях строительства наилучшим образом отвечает поставленной задаче.

К плоскостным системам большепролетных покрытий относятся балки, фермы, рамы, арки. Они могут выполняться железобетонными, стальными или деревянными.

Эти конструкции работают только в вертикальной плоскости. Балки и фермы являются безраспорными конструкциями, поэтому на опорах у них возникают только вертикальные реакции.

Рамы и арки – конструкции распорные, которые передают на опоры не только вертикальные нагрузки, но и возникающие в конструкциях усилия распора.

Плоскостные системы покрытий используются в строительстве наиболее часто из-за их простоты изготовления и монтажа, ясной статической работы и невысокой стоимости.

Балки и фермы.

Балки изготовляются из стальных профилей, железобетонные (сборные или монолитные), деревянные на клею или на гвоздях.

Фермы изготовляются из стальных профилей или труб, железобетонные (сборные), деревянные (на клею или на гвоздях) и металлодеревянные.

8.2 Стальные балки и фермы

Стальные балки выполняются таврового, двутаврового и коробчатого сечения (рис. 8.1, а, б), требуют большого расхода металла, имеют большой прогиб, который обычно компенсируется строительным подъемом (1/40 ÷ 1/50 пролета).

Стальные фермы, в отличие от балок, за счёт решетчатой конструкции требуют меньше металла.

При устройстве подвесного потолка создаётся проходной чердак, обеспечивающий пропуск инженерных коммуникаций и свободный проход по чердаку. Фермы выполняются, как правило, из стальных профилей, а пространственные трёхгранные фермы – из стальных труб.

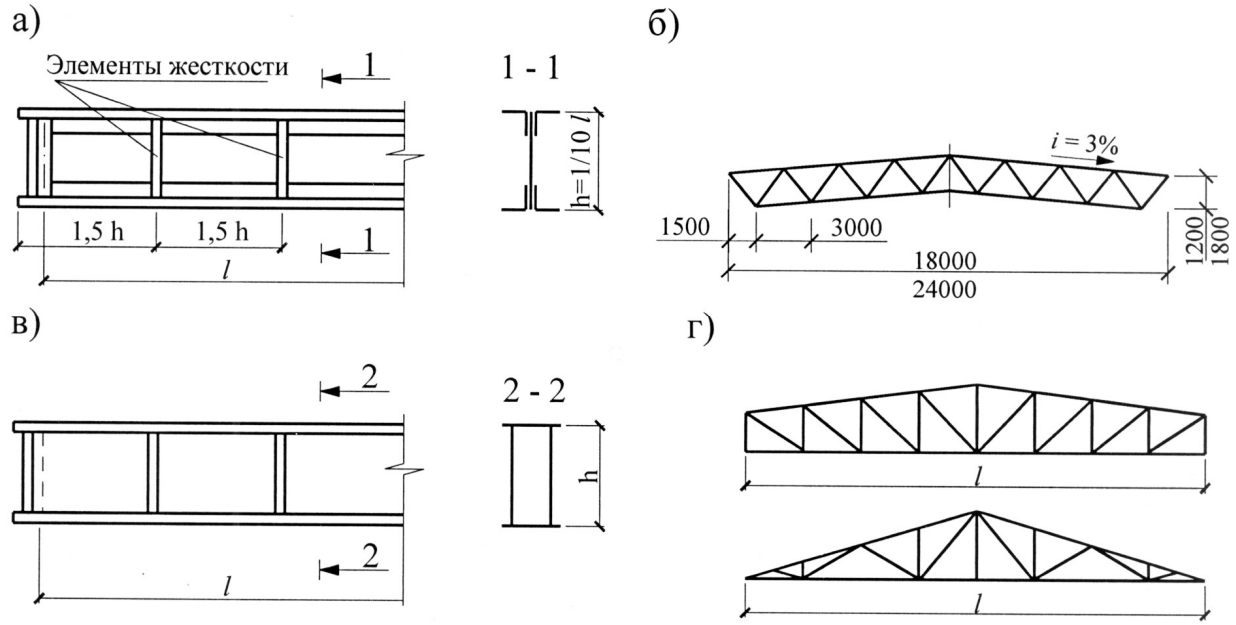


Рис. 8.1 Стальные балки и фермы:
а – стальная балка двутаврового сечения (составная); б – стальная балка коробчатого сечения (составная); в – схема унифицированных горизонтальных ферм с параллельными поясами; г – схемы двухскатных стальных ферм: полигональной и треугольной

Фермы могут иметь различное очертание как верхнего, так и нижнего пояса. Наиболее распространены фермы треугольные и полигональные, а также горизонтальные с параллельными поясами (рис. 8.1, в; г).

8.3 Железобетонные балки и фермы

Железобетонные балки имеют большую собственную массу, но просты в изготовлении. Они могут выполняться монолитными, сборно-монолитными и сборными (из отдельных блоков и цельные, выполненные из железобетона с предварительным напряжением арматуры). Отношение высоты балки к пролёту колеблется в пределах от 1/8 до 1/20. В практике строительства встречаются балки пролетом до 60 м и более. Унифицированные балки имеют длину 6, 12 и 18 м. Сечение балок – в виде тавра, двутавра или коробчатое (рис. 8.2, а-д).

В практике массового строительства в РФ широкое применение находят балки, приведенные на рис. 8.2, а; б; в, т.е. односкатные балки с параллельными поясами таврового сечения, двухскатные балки двутаврового сечения и балки с параллельными поясами двутаврового сечения.

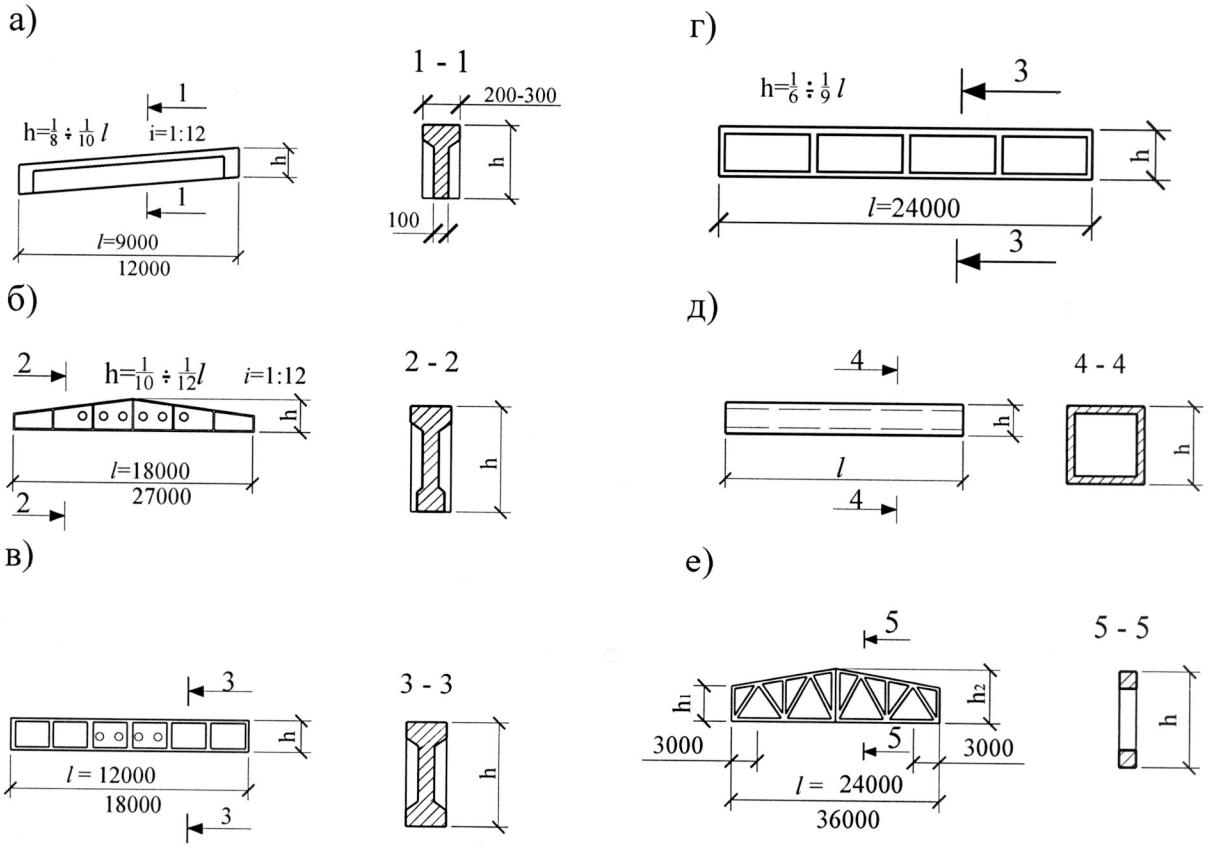


Рис. 8.2. Железобетонные арки и фермы:
а – односкатная балка с параллельными поясами таврового сечения; б – двускатная балка двутаврового сечения; в,г – балки горизонтальные с параллельными поясами, двутаврового сечения; д – горизонтальная балка коробчатого сечения; е – составная двухскатная ферма, состоящая из двух полуферм с предварительно напряженным нижним поясом

Железобетонные фермы изготовляются цельными при длине до 30 м и составными, с предварительным напряжением арматуры – при длине 30 м и более. Отношение высоты фермы к пролету (длине) – 1/6 ÷ 1/9. Нижний пояс выполняется обычно горизонтальным; верхний пояс имеет или горизонтальное очертание, или треугольное, или сегментное, или полигональное. Наиболее распространенными являются железобетонные фермы полигональные (двухскатные), изображенные на рис. 8.2, е. Наибольшая длина запроектированных в РФ железобетонных ферм – около 100 м, при шаге 12 м. В массовом строительстве применяются унифицированные фермы длиной 18, 24, 30 и 36 м.

Недостатком железобетонных ферм является большая конструктивная высота. Для уменьшения собственной массы ферм необходимо применять высокопрочные бетоны и внедрять легкие плиты покрытий из эффективных материалов.

8.4 Деревянные балки и фермы

Деревянные балки применяют в местностях богатых лесом. Обычно они используются для зданий III класса капитальности из-за малой огнестойкости и долговечности.

Деревянные балки подразделяются на гвоздевые и клееные. Изготовляются они длиной до 20 ÷ 30 м. Гвоздевые балки (рис. 8.3, а) имеют сшитую на гвоздях стенку из двух слоёв досок, наклоненных в разные стороны под углом 45°. Верхний и нижний пояса образуются за счет нашитых с обеих сторон к вертикальной стенке балки брусьев. Высота гвоздевых балок – 1/6 ÷ 1/8 пролета. Вместо дощатой стенки можно применять стенку из многослойной фанеры.

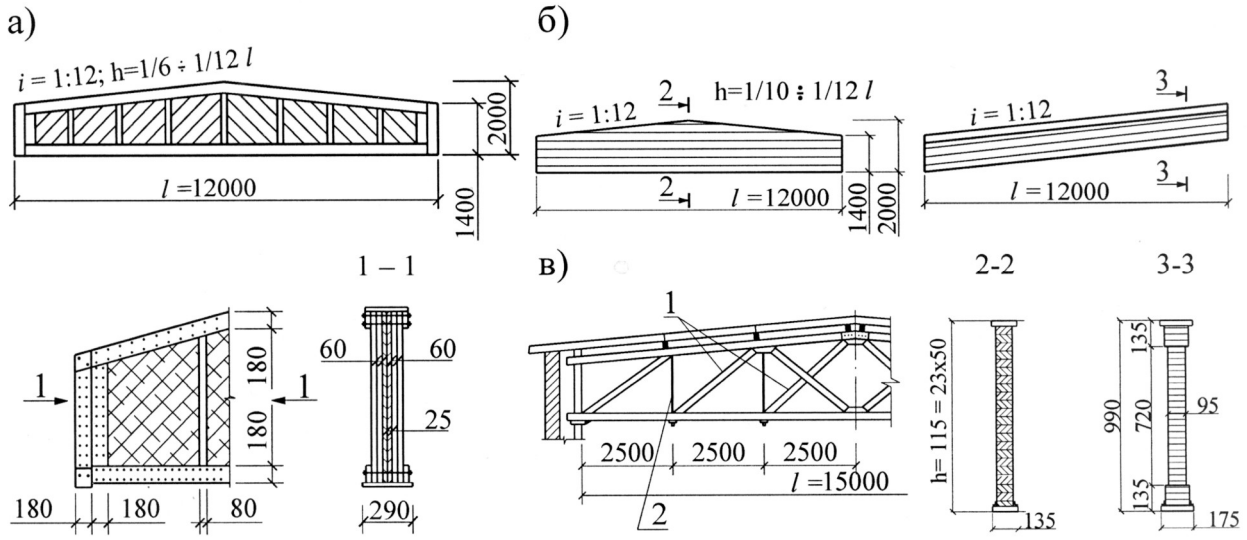


Рис. 8.3. Деревянные балки и фермы:
а – балки из досок на гвоздях; б – клееные балки; в – ферма; 1 – подкосы; 2 – металлические подвески

Клееные балки в отличие от гвоздевых обладают высокой прочностью и повышенной огнестойкостью даже без специальной пропитки. Сечение клееных балок может быть прямоугольным, двутавровым и коробчатым. Они изготовляются из реек или досок на клею, уложенных плашмя или на ребро. Высота таких балок 1/10 ÷ 1/12 пролёта. По очертанию верхнего и нижнего поясов клееные балки могут быть с горизонтальными поясами, одно или двухскатными и криволинейными.

Типовые деревянные клеевые балки, применяемые в нашей стране, имеют длину 6, 9, 12, и 18 м.

Деревянные фермы в их простейшем виде могут быть представлены бревенчатыми и брусчатыми висячими стропилами.

Деревянные фермы применяют для пролётов более 18 м и при условии выполнения профилактических мероприятий по пожарной безопасности.

Верхний (сжатый) пояс и раскосы деревянных ферм изготовляют из брусьев квадратного или прямоугольного сечения со стороной, равной 1/50 ÷ 1/80 пролёта, нижний (растянутый) пояс и подвески могут выполняться как из брусьев, так и из стальных тяжей с винтовыми нарезками на концах для натяжения их с помощью гаек с подкладными шайбами.

В практике отечественного строительства применяются сейчас сегментные фермы пролётом 15, 18, 21 и 24 м, верхний пояс которых выполняется из неразрезного пакета досок шириной 170 мм на клею (КБ-3). Раскосы выполняются из брусков той же ширины, нижний пояс – из прокатных уголков, а подвески – из круглой стали.

8.5 Рамы

Рамы являются плоскостными распорными конструкциями. В отличие от безраспорной балочно-стоечной конструкции ригель и стойка в рамной конструкции имеют жёсткое соединение, которое является причиной появления в стойке изгибающих моментов от воздействия нагрузок на ригель рамы.

Рамные конструкции выполняются с жесткой заделкой опор в фундамент, если отсутствует опасность появления неравномерных осадок основания. Особая чувствительность рамных и арочных конструкций к неравномерным осадкам приводит к необходимости устройства шарнирных рам (двухшарнирных и трехшарнирных). Схемы рам и арок даны на рис. 8.4.

Рамы могут выполняться из металла, железобетона и дерева.

Металлические рамы могут выполняться как сплошного, так и решётчатого сечения. Решётчатое сечение характерно для рам с большими пролётами, так как оно более экономично благодаря небольшой собственной массе и способности одинаково хорошо воспринимать как сжимающие, так и растягивающие усилия. Высота сечения ригелей решётчатых рам принимается в пределах 1/20 ÷ 1/25 пролёта, а рам сплошного сечения – 1/25 ÷ 1/30 пролёта. Для уменьшения высоты сечения ригеля как сплошных, так и решётчатых

рам, устраивают разгружающие консоли, иногда снабженные специальными стяжками (рис. 8.4, г). Металлические рамы активно применяются в строительстве общественных зданий (например, спортивные, выставочные залы и т.п.). Расстояние между стойками рамы может достигать больших размеров – 60 м и более.

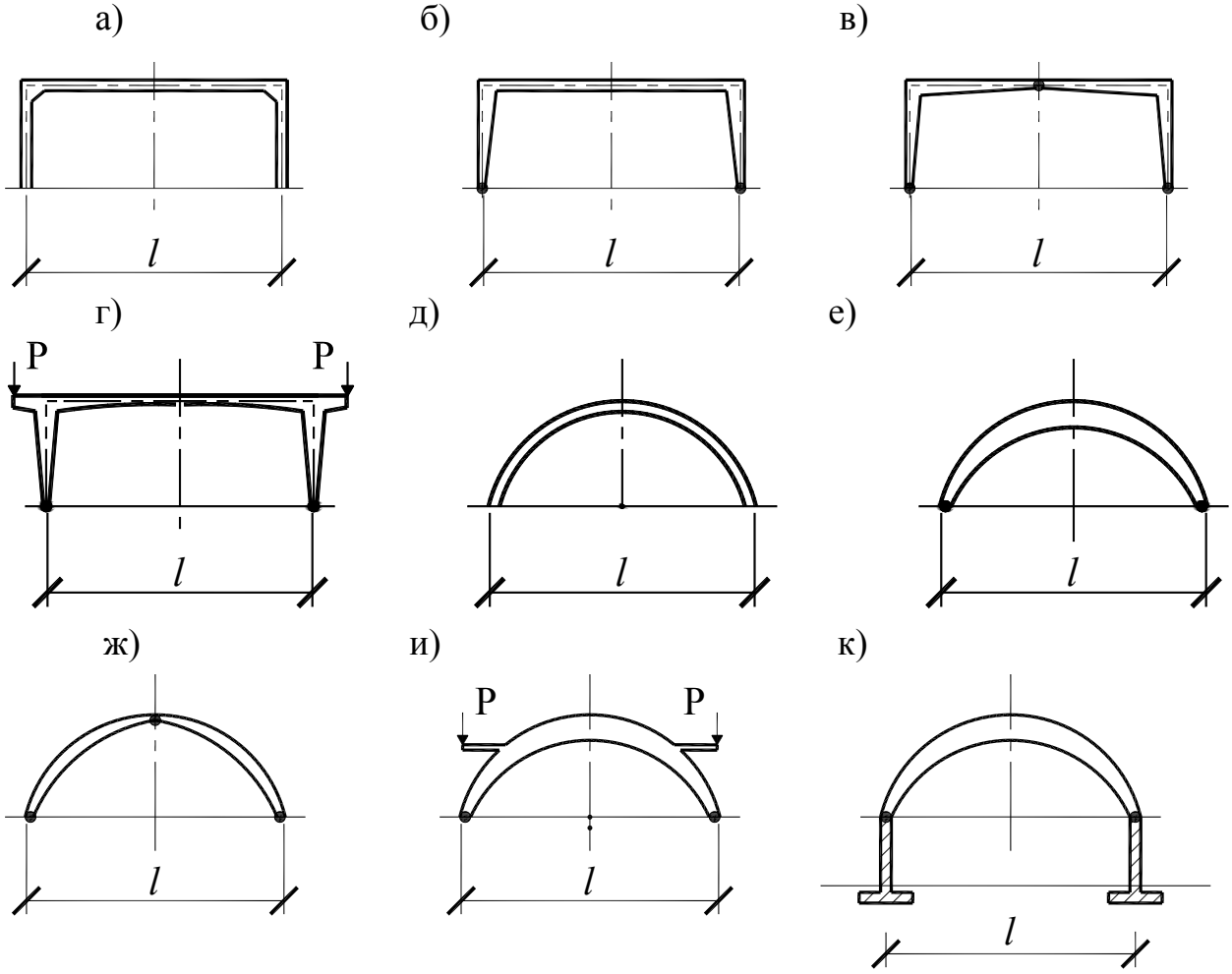


Рис. 8.4. Плоскостные опорные конструкции:
а-г – рамы; д-к – арки; а, д – бесшарнирные; б, е – двухшарнирные; в, ж – трехшарнирные; г, и – двухшарнирные с разделяющими консолями; к – двухшарнирная с затяжкой воспринимающей распор

Железобетонные рамы могут быть бесшарнирными и реже трёхшарнирными. При пролётах рам до 30 ÷ 40 м их выполняют сплошными двутаврового сечения с рёбрами жёсткости; при больших пролётах – решетчатыми. Высота ригеля сплошного сечения составляет около 1/20 ÷ 1/25 пролёта. Рамы могут быть однопролётными и многопролётными, монолитными и сборными. При сборном решении соединение отдельных элементов рамы целесообразно выполнять в местах минимальных изгибающих моментов.

Деревянные рамы подобно деревянным балкам выполняют из гвоздевых или клееных элементов для пролётов до 24 м. Их выгодно делать трёхшарнирными для облегчения монтажа. Высота ригеля у гвоздевых рам принимается около 1/12 пролёта, у клееных рам – 1/15 пролёта.

8.6 Арки

Арки, как и рамы, являются плоскостными распорными конструкциями. Они ещё более чувствительны к неравномерным осадкам, чем рамы и выполняются как бесшарнирные, так и двухшарнирные, и трёхшарнирные (рис. 8.4, д; е; ж; и; к). Устойчивость покрытия обеспечивается жёсткими элементами ограждающей части покрытия.

Металлические арки выполняются сплошного и решётчатого сечения. Высота ригеля сплошного сечения арок принимается в пределах 1/50 ÷ 1/80 пролёта, а решётчатого – 1/30 ÷ 1/60 пролёта. Отношение стрелы подъема к пролету у всех арок находится в пределах 1/2 ÷ 1/4 при параболическом очертании кривой и 1/4 ÷ 1/8 при круговой кривой.

Железобетонные арки, как и металлические, могут иметь сплошное и решётчатое сечение ригеля. Конструктивная высота сечения ригеля сплошных арок составляет 1/30 ÷ 1/40 пролёта, решётчатых – 1/25 ÷ 1/30.

Сборные арки больших пролётов выполняются составными, из двух полуарок, бетонируемых на месте в горизонтальном положении, а затем поднимаемых в проектное положение.

Деревянные арки выполняют из гвоздевых и клееных элементов. Отношение стрелы подъёма к пролёту у гвоздевых арок составляет 1/15 ÷ 1/20; у клееных 1/20 ÷ 1/25.

9 ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

Пространственные большепролетные конструкции покрытий включают в себя плоские складчатые покрытия, оболочки, перекрестно-ребристые покрытия, стержневые конструкции из металла, висячие (вантовые) конструкции и пневматические конструкции.

Плоские складчатые покрытия, оболочки, перекрестно-ребристые покрытия и стержневые конструкции выполняются из жёстких материалов (железобетон, металлические профили, дерево и др.).

За счёт пространственной работы конструкций (несущие и ограждающие конструкции работают совместно) жёсткие пространственные покрытия имеют небольшую массу, что снижает расходы как на устройство покрытия, так и на устройство опор и фундаментов.

Висячие (вантовые) и пневматические покрытия выполняются из нежёстких материалов (металлические тросы, металлические листовые мембраны, мембраны из синтетических плёнок и тканей). Они в значительно большей степени, чем пространственные жёсткие конструкции, позволяют быстро возводить сооружения.

Пространственные конструкции дают возможность создавать самые разнообразные формы зданий и сооружений.

Однако возведение пространственных конструкций требует более сложной организации строительного производства, высокой культуры производства и высокого качества всех строительных работ.

9.1 Плоские складчатые покрытия

Складкой называют пространственное покрытие, образованное плоскими взаимно пересекающимися элементами.

Складки состоят из ряда повторяющихся в определенном порядке элементов, опирающихся по краям и в пролете на диафрагму жёсткости.

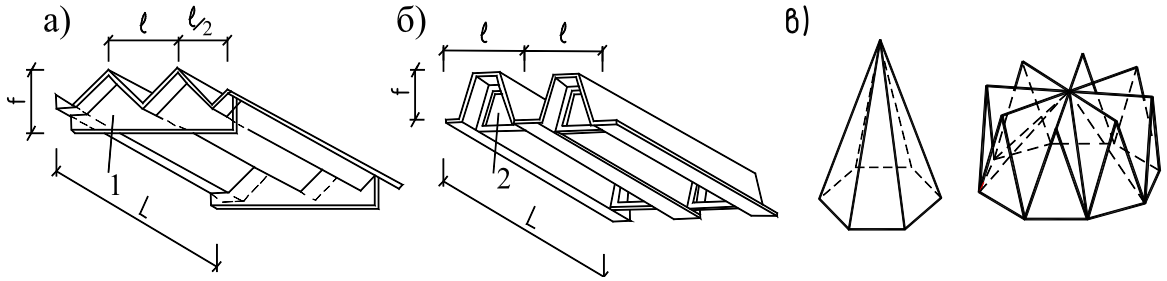


Рис. 9.1. Плоские складчатые покрытия:
а – пилообразная складка; б – трапециидальная складка; в – шатровая складка; 1 – сплошная диафрагма (стенки); 2 – рамная диафрагма жёсткости

Бывают складки пилообразные, трапециидальные, шатровые (четырехугольные и многогранные) и другие (рис. 9.1, а-в).

Складки могут быть выпущены за пределы крайних опор, образуя консольные свеси. Толщину плоского элемента складки принимают около 1/200 пролёта, высоту элемента – не менее 1/10 пролёта, а ширину грани – не менее 1/5 пролёта. Складками обычно покрывают пролёты до 50 ÷ 60 м, шатрами до 24 м.

Складчатые конструкции обладают целым рядом положительных качеств:

– простота формы и соответственно простота их изготовления;
– большие возможности заводского сборного изготовления;
– экономия высоты помещения и др.

Одним из примеров применения плоской складчатой конструкции трапециидального профиля является покрытие зала ожидания Курского вокзала в Москве, выполненном при его реконструкции в 1972 г.

9.2 Оболочки одинарной кривизны

Тонкостенные оболочки являются одним из видов пространственных конструкций и используются при строительстве зданий и сооружений с помещениями больших площадей (ангаров, стадионов, рынков и т.п.). Тонкостенная оболочка представляет собой изогнутую поверхность, которая при минимальной толщине и соответственно малой массе и расходе материала обладает очень большой несущей способностью, потому что благодаря криволинейной форме действует как пространственная несущая конструкция.

В плоскостных большепролетных конструкциях покрытия, рассмотренных нами ранее, сопротивление возникающим усилиям сосредотачивается в несущих стойках, ригелях и других элементах несущих конструкций.

В оболочках же это сопротивление распределяется непрерывно по всей их криволинейной поверхности, т. е. так, как это свойственно пространственным несущим системам. По расходу бетона оболочки экономичнее плоских систем на 30 %, по расходу металла – на 20 %.

В настоящее время строительство оболочек в железобетоне получило достаточно широкое развитие, в то время как в металле и дереве эти конструкции имеют пока ограниченное применение, так как не найдены еще достаточно простые, свойственные металлу и дереву, конструктивные формы оболочек.

Оболочки в металле могут выполняться цельнометаллическими, где оболочка выполняет одновременно функции несущей и ограждающей конструкций в один, два и более слоев.

При надёжной конструктивной разработке строительство оболочек может свестись к индустриальной сборке крупных панелей.

Однослойные металлические оболочки выполняются из стального или алюминиевого листа. Для увеличения жёсткости оболочек иногда вводятся поперечные ребра. При частом расположении поперечных рёбер, связанных между собой по верхнему и нижнему поясам, можно получить двухслойную оболочку.

Оболочки бывают одинарной и двоякой кривизны.

К оболочкам одинарной кривизны относятся оболочки с цилиндрической и конической поверхностями (рис. 9.2, а – в).

Цилиндрические оболочки имеют круглое, эллиптическое или параболическое очертание и опираются на торцевые диафрагмы жёсткости, которые могут быть выполнены в виде стен, ферм, арок или рам. В зависимости от длины оболочек их делят на короткие и длинные. Оболочка считается короткой при соотношении ширины (длины волны) к пролёту (расстояние между торцевыми диафрагмами) до 1:1,5 и длинной – при большем соотношении – (рис. 9.2, а; б).

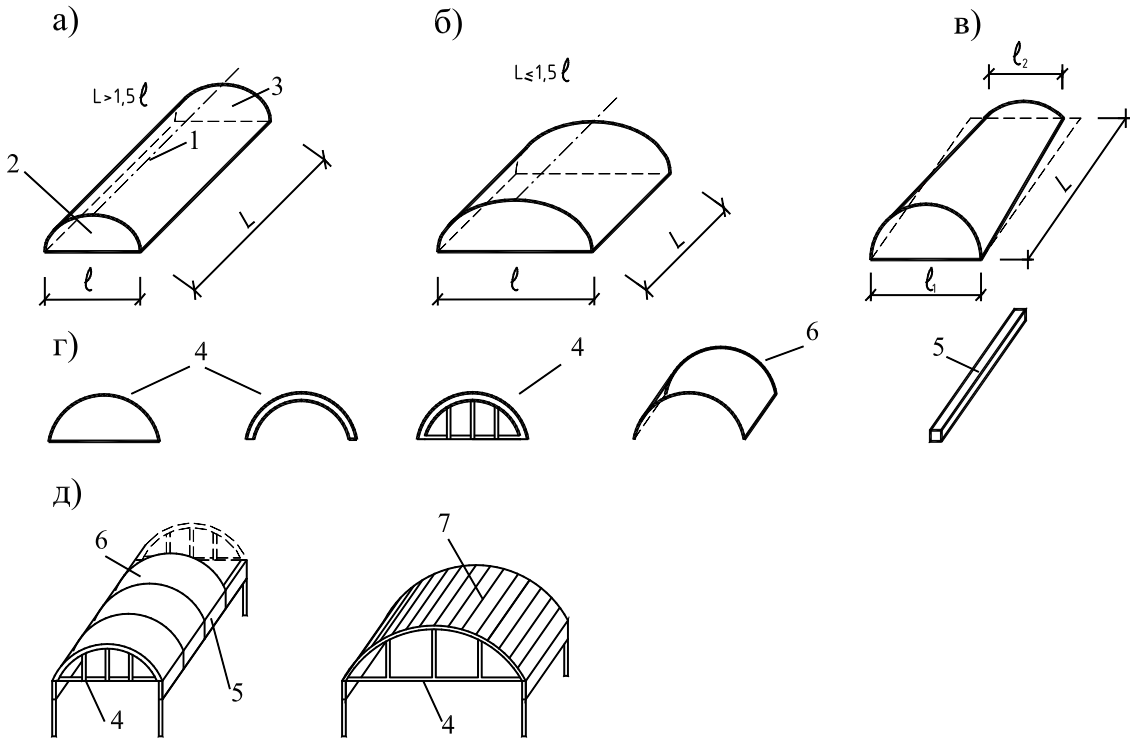


Рис. 9.2. Оболочки одинарной кривизны:
а, б – длинная и короткая цилиндрические оболочки; в – коническая оболочка; г – основные элементы сборной железобетонной длинной цилиндрической оболочки; д – сборные длинные и короткие цилиндрические оболочки; 1 – образующая; 2 – диафрагма; 3- оболочка; 4 – сборная диафрагма жёсткости (сплошная диафрагма, арочная, рамная); 5 – сборный железобетонный бортовой элемент; 6 – сборная железобетонная цилиндрическая секция; 7 – плоский элемент покрытия короткой цилиндрической оболочки

По продольным краям длинных оболочек предусматриваются бортовые элементы (ребра жёсткости), в которых размещается продольная арматура, позволяющая работать оболочке вдоль продольного пролёта подобно балке.

Кроме того, бортовые элементы, воспринимающие распор от работы оболочек в поперечном направлении, должны обладать достаточной жёсткостью и в горизонтальном направлении, т. е. вдоль длины волны.

Длина волны l длинной цилиндрической оболочки обычно не превышает 12 м.

Сборные длинные цилиндрические оболочки членятся обычно на цилиндрические секции, бортовые элементы и диафрагмы жёсткости, арматура которых в процессе монтажа сваривается между собой и замоноличивается.

Длинные цилиндрические оболочки целесообразно применять для покрытий больших помещений с прямоугольным очертанием в плане.

Применение этих оболочек практически ограничено пролётами L не свыше 50 м, так как за этим пределом высота бортовых элементов (рандбалок) получается чрезмерно большой (рис. 9.2, д).

Короткие цилиндрические оболочки по сравнению с длинными имеют большую величину длины волны и стрелы подъема. Кривизна коротких цилиндрических оболочек соответствует направлению наибольшего пролёта перекрываемого помещения. Форма кривой может быть представлена дугой круга или параболой. В связи с опасностью выпучивания в коротких оболочках в большинстве случаев вводятся поперечные ребра жесткости. Кроме бортовых элементов, эти оболочки для восприятия горизонтальных поперечных сил должны иметь затяжки. Короткие сборные оболочки выполняются из плоских элементов (рис. 9.2, г).

9.3 Оболочки двоякой кривизны

Переход от оболочек одинарной кривизны к оболочкам двоякой кривизны знаменует собой новый этап в развитии оболочек. Если в цилиндрических оболочках действие изгибающих усилий было весьма значительно, то в оболочках двоякой кривизны действие этих усилий сводится к минимуму.

Среди множества оболочек двоякой кривизны можно выделить две группы:

- оболочки с одинаковым направлением одной и другой кривизны – купола, оболочки с поверхностью переноса – эллиптические параболоиды, сферические оболочки и другие (рис. 9.3);
- оболочки с противоположным направлением второй кривизны – коноиды, однополые гиперболоиды, гиперболические параболоиды (рис. 9.4).

Купола. Купол, в основании которого круг, имеет поверхность, образованную вращением кривой линии (арки) вокруг центральной вертикальной оси. В зависимости от образующей кривой купола могут иметь сферическую форму, параболическую, стрельчатую и эллиптическую. Усилия в них распределяются равномерно, и материал используется наиболее эффективно.

Выпуклая форма купольных покрытий обеспечивает возможность применения простой системы отвода атмосферных вод. Эти качества куполов послужили причиной их широкого применения для большепролетных покрытий общественных зданий. Вместе с тем купольные покрытия увеличивают строительный объём помещений, особенно при большой стреле подъема. Купола неблагоприятны в акустическом отношении, так как форма покрытия способствует фокусированию звуковой энергии. Для возведения куполов необходимо применение лесов, подмостей и других специальных устройств. Современные купольные покрытия осуществляются из железобетона, армоцемента, металла и дерева и могут быть решены в сплошных и стержневых конструкциях.

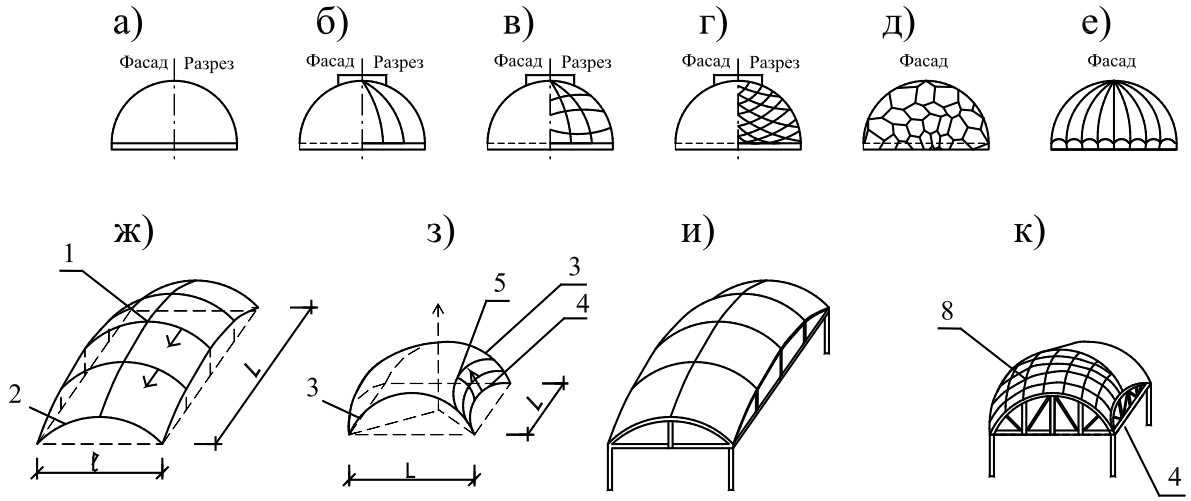


Рис. 9.3. Оболочки двоякой положительной кривизны:
а – гладкий купол; б – ребристый купол; в – ребристо-кольцевой купол; г – сетчатый купол; д – геодезический или многогранный купол; е – волнистый купол; ж, и – оболочки двоякой положительной кривизны; ж – оболочка с поверхностью переноса(эллиптический параболоид); з – сферическая оболочка; и, к – сборные оболочки; 1 – парабола (направляющая); 2 – эллипс, круг (образующая); 3, 4 – круг, парабола (образующие или направляющие); 5 – круг, парабола (образующая); 6 – диафрагмы в виде ферм; 7 – криволинейные сборные элементы; 8 – плоские элементы

Распор от купола, как правило, воспринимается нижним опорным кольцом, работающим на растяжение, выполняемым из железобетона или металла. В верхней части куполов может устраиваться отверстие для световых и аэрационных фонарей.

Это отверстие обрамляется верхним опорным кольцом, испытывающим сжимающие усилия.

Современные купола по своим конструктивным формам могут быть подразделены: на гладкие, ребристые, ребристо-кольцевые, сетчатые, геодезические и волнистые (рис. 9.3, а-е).

Гладкие купола (рис. 9.1, а) имеют гладкие внутреннюю и внешнюю поверхности, их осуществляют, как правило, из железобетонных монолитных

конструкций. В нижней части железобетонных куполов оболочка утолщается и соединяется с опорным кольцом.

Ребристые купола (рис. 9.3, б) образуются с помощью полуарок прямоугольного сечения или сегментных форм (рёбер), по которым укладывается ограждающая конструкция. Рёбра опираются на нижнее растянутое кольцо и верхнее сжатое опорное кольцо, на котором может быть размещен световой или аэрационный фонарь. Между ребрами устанавливаются прогоны и связевые элементы, обеспечивающие пространственную жёсткость ребристого купола.

Усилия в куполе действуют в меридиональном и широтном направлениях. По меридиану возникают сжимающие напряжения, по широтам, начиная с вершины до известного предела, возникают сжимающие напряжения, переходящие постепенно в растягивающие, которые достигают своего максимума у нижнего края купола.

Ребристо-кольцевые купола (рис. 9.3, в) помимо меридиональных рёбер имеют соединённые с ними горизонтальные кольца, придающие конструкции пространственную жёсткость и воспринимающие усилия распора. Рёбра и кольца образуют пространственный каркас купола, в связи с чем ограждающая конструкция может быть очень легкая и может работать совместно с каркасом, если конструкции куполов из железобетона и дерева, или быть только ограждением, что характерно для металлических ребристо-кольцевых куполов. В ребристых и ребристо-кольцевых куполах возможно применение светопрозрачных ограждений между ребрами и кольцами в виде остекления, стекложелезобетонных конструкций и т.п.

В нашей стране получили применение сборные ребристо-кольцевые купола из железобетонных ребристых панелей, ребра которых образуют меридиональные рёбра и кольца купола. Разрезка на сборные элементы производится по кольцевым и меридиональным линиям. Возведение сборных куполов осуществляется индустриальными методами с использованием инвентарных лесов и подмостей или системой специальных оттяжек, без лесов. В качестве примера применения покрытия такой формы можно привести сборный ребристо-кольцевой купол здания цирка в Киеве. Он имеет пролет 42,8 м, стрелу подъёма 7,72 м.

Сетчатые купола (рис. 9.3, г) представляют собой системы стержней (прямолинейных или изогнутых) с узловыми соединениями, вписанными в сферическую поверхность.

В качестве стержней используются стальные и алюминиевые трубы. Сетчатая конструкция обеспечивает единство пространственной работы системы, позволяет снизить вес покрытия и эффективно использовать светопрозрачные ограждения. Наибольшую сложность представляет конструкция узловых соединений, где сходятся в одной точке 6 ÷ 8 и более стержней. В этой связи разработаны специальные конструкции узловых креплений, позволяющие

достаточно просто монтировать и надежно скреплять стержни, сходящиеся в узле с разных направлений[1].

Геодезический купол (или многогранный) представляет собой многогранник, по форме близкий к сферической поверхности (рис. 9.3, д), грани которого треугольные, ромбические или многоугольные элементы. Конструктивное решение этих куполов аналогично сетчатым куполам. Благодаря лёгкости, транспортабельности, простоте монтажа (без лесов) такие конструкции получили большое распространение в практике строительства выставочных павильонов и других большепролетных сооружений.

Волнистые (и складчатые) купола (рис. 9.3, е) имеют поверхность, состоящую из оболочек двоякой кривизны или складок, сходящихся к полюсу купола. Придание поверхности купола складчатого или волнистого очертания увеличивает его поверхность, усложняет устройство утепления кровли, а также выполнения опалубки или изготовления сборных элементов. Пространственная жёсткость таких покрытий обеспечивается ребрами, образующимися по линиям пересечений оболочек от опор до полюса купола. В качестве примера такой конструкции купола можно привести покрытие нового цирка в Москве, выполненного в виде стального складчатого купола с нижним опорным кольцом диаметром 65 и верхним – 8,5 м.

Оболочки с поверхностью переноса и сферические парусные оболочки.

Оболочки с поверхностью переноса применяют при покрытии прямоугольных или многоугольных в плане помещений. Опираются такие оболочки на диафрагмы по всем сторонам многоугольника.

Поверхность тонкостенной оболочки переноса (оболочки двоякой положительной гауссовой кривизны – бочарный свод) образуется путем перемещения кривой кругового, параболического или эллиптического очертания по другой кривой, при условии, что обе кривые вогнуты к верху и находятся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 9.3, ж).

Сферические парусные оболочки (парусный свод) образуются в том случае, когда сферическая поверхность ограничивается вертикальными плоскостями, построенными на сторонах квадрата. Диафрагмы жесткости в этом случае одинаковы для всех четырех сторон (рис. 9.3, з).

Оболочки, имеющие отношение стрелы подъема к пролету 1/1 ÷ 1/4, называются вспарушенными, а 1/5 ÷ 1/6 – пологими. Эти оболочки широко используются в зальных помещениях прямоугольной формы в плане общественных зданий (крытые рынки, выставки, и др.). Как правило, оболочки выполняются в сборных конструкциях (рис. 9.3, и; к).

При разрезке оболочек на сборные элементы большое значение имеет сохранение плавного очертания поверхности, так как переломы в местах стыков сборных элементов значительно ухудшают статическую работу.

---

[1] Соединение стержней может производиться с помощью стальных элементов с просверленными отверстиями. В торцы трубчатых элементов закладываются болты, заключенные в шестигранные муфты. Путем вращения муфты болт ввертывается в отверстие шарового элемента.

Крупные сборные элементы (3х6; 3х12 м) изготовляются криволинейного очертания по образующей кривой (рис. 9.3, и). В большепролетных покрытиях общественных зданий (крытые рынки, выставки и др.), где переломы в стыках менее значительны, применяются оболочки двоякой кривизны из плоских ребристых панелей (рис. 9.3, к) размером 3х3 или 4х4 м. Распор воспринимается контурными преднапряжёнными балками арочного очертания или контурными диафрагмами, опирающимися на колонны. Как показывают расчёты и опыт, сборные оболочки двоякой кривизны по сравнению с плоскими системами в покрытиях пролетов 30 ÷ 36 м, позволяют значительно снизить расход бетона (25 ÷ 30 %), стали (15 ÷ 20 %), а также общую стоимость строительства. При увеличении пролетов эти преимущества сводов-оболочек двоякой кривизны возрастают, но вместе с тем возрастают трудоемкость и стоимость монтажа.

Примером сферической оболочки может служить вспарушенная оболочка покрытия выставочного павильона в Ереване. Павильон имеет квадратную форму в плане со сторонами 45х45 м и стрелой подъема свода 15 м.

Оболочки с противоположным направлением одной и другой кривизны.

К ним относятся коноиды, однополые гиперболоиды вращения и гиперболические параболоиды.

Коноид[1]. При образовании коноида образующая прямая опирается на кривую и на прямую линии (рис. 9.4, а). В результате получается поверхность с противоположным направлением одной кривизны. Коноид применяется главным образом для шедовых покрытий и даёт возможность получать множество разнообразных форм.

Направляющая кривой коноида может быть параболой или круговой кривой.

Коноидальная оболочка в шедовом покрытии позволяет обеспечить естественное освещение и проветривание помещений.

Опорными элементами коноидных оболочек могут являться арки и рандбалки, а также и другие конструкции. Обычная величина пролётов коноидных оболочек – от 18 до 60 м.

Возникающие в оболочке коноида растягивающие напряжения передаются на жёсткие диафрагмы. Нагрузка оболочки коноида воспринимается четырьмя опорами, размещаемыми обычно в четырёх угловых точках оболочки.

Однополый гиперболоид вращения (гиперболические оболочки). Образующая прямая однополого гиперболоида вращения оборачивается вокруг оси, с которой она не пересекается в наклонном положении (рис. 9.4, б). При пересечении этой прямой возникают как бы две системы образующих, пере-

[1] Коноид относится, видимо к особой группе оболочек, так как здесь только одна прямая.

секающихся на поверхности оболочки. Можно, естественно, представить себе, что однополый гиперболоид образуется вращением гиперболы, обращённой выпуклой стороной к оси вращения, кривая которой образована гиперболой.

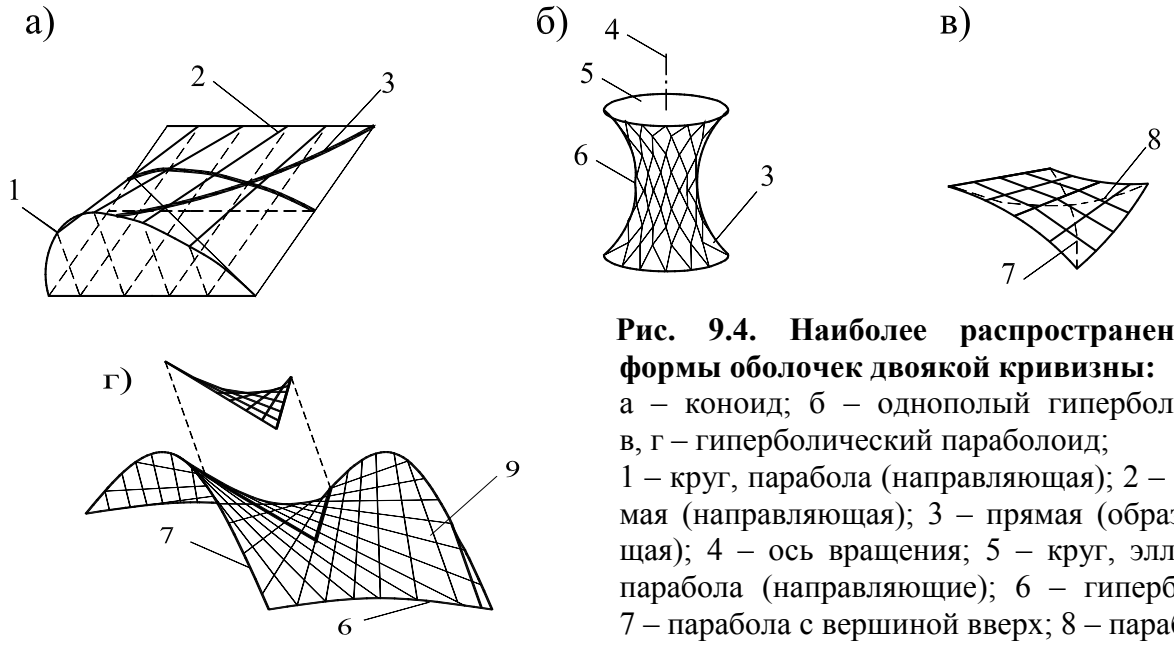


Рис. 9.4. Наиболее распространенные формы оболочек двоякой кривизны:
а – коноид; б – однополый гиперболоид; в, г – гиперболический параболоид;
1 – круг, парабола (направляющая); 2 – прямая (направляющая); 3 – прямая (образующая); 4 – ось вращения; 5 – круг, эллипс, парабола (направляющие); 6 – гипербола; 7 – парабола с вершиной вверх; 8 – парабола с вершиной вниз; 9 – прямые образующие линейчатую поверхность

Гиперболический параболоид (называется сокращённо «гипара»).

Образование поверхности гиперболического параболоида определяется двумя системами непараллельных и непересекающихся прямых (рис. 9.4, в; г), которые называются направляющими линиями. Каждая точка по поверхности гиперболического параболоида является точкой пересечения двух образующих, входящих в состав поверхности.

Если рассечь поверхность оболочки плоскостями, параллельными плоскости, равноделящей угол между направляющими линиями, то линии сечений получат в одном случае форму парабол, в другом – форму гипербол. Поверхность гиперболического параболоида может быть образована и путем перемещения параболы вдоль другой параболы с противоположным направлением кривизны.

При равномерно распределенной нагрузке напряжения во всех точках поверхности гипара имеет постоянную величину. Это объясняется тем, что усилия растяжения и сжатия одинаковы для каждой точки. Вот почему гипары обладают большой сопротивляемостью к выпучиванию. Когда оболочка под действием нагрузки стремится прогнуться, растягивающее напряжение в направлении нормальном к этому давлению автоматически возрастает. Это позволяет выполнять оболочки малой толщины часто без окаймляющих бортовых элементов.

Покрытия в форме гипаров осуществляются из железобетона: монолитного или сборного, армоцемента, металла и дерева, как правило, с гладкой внутренней поверхностью, с контурными ребрами, а также в некоторых слу-

чаях с ребристой внутренней поверхностью. Сборные элементы собираются из железобетонных или армоцементных плит размерами 2х3 и 3х3 м. Оболочки в форме гипаров создают распор, воспринимаемый преднапряженными затяжками, контурными ребрами или их сочетанием.

9.4 Висячие (вантовые) конструкции

Для покрытия зальных помещений общественных зданий с пролетами 50 ÷ 100 м и более целесообразно применение висячих конструкций, в которых основными несущими элементами служат стальные тросы, сети из тросов, а также тонкие мембраны из листовой стали или алюминия. Эти несущие элементы конструкций, закрепленные по концам на опорах, провисают, образуя линию гибкой нити, и работают на растяжение.

В висячих конструкциях эффективно используется работа высокопрочных стальных тросов или листов на растяжение. Благодаря этому все элементы покрытия могут иметь предельно малые сечения.

Висячие системы позволяют устраивать покрытия над зданиями разнообразной формы в плане. Одним из важных положительных качеств этих систем является также возможность возведения большепролетных покрытий без лесов и подмостей. Система тросов, перекинутых с опоры на опору, служит основанием для устройства ограждающей конструкции покрытия.

Однако висячие конструкции передают на опоры не только вертикальные, но и горизонтальные усилия, направленные внутрь сооружения. Для их восприятия необходимо устройство мощного жесткого опорного контура или оттяжек, надежно заанкеренных в грунте, что требует выполнения трудоемких неиндустриальных работ и дополнительной затраты материалов.

Опорные контуры висячих покрытий могут быть двух видов: незамкнутые и замкнутые. Незамкнутый опорный контур характерен для висячих покрытий прямоугольных в плане зданий с опорами в виде двух колонн, расположенных по двум противоположным сторонам. Этот вид покрытий носит название "палаточный". Замкнутый опорный контур может иметь круглую, эллиптическую или овальную форму с устройством опорного кольца по всему периметру здания.

В зависимости от формы и статической работы висячие конструкции разделяются на плоские и пространственные.

Плоские висячие конструкции покрытий (рис. 9.5) состоят из параллельных рядов тросов, закрепленных на опорах и провисающих по очертанию гибкой нити в пролетах. Такой вид покрытий, как правило, применяется над прямоугольными зданиями с незамкнутым опорным контуром.

Для обеспечения пространственной устойчивости этого вида висячих покрытий применяются тяжелые ограждения из железобетонных панелей, после укладки которых на тросы, покрытию дают монтажную нагрузку, вызывающую натяжение тросов, и в таком состоянии замоноличивают швы ме-

жду панелями вместе с тросами. Затем пригрузку снимают. Образуется вогнутая предварительно напряженная железобетонная оболочка цилиндрического очертания (рис. 9.5, а). Для отвода атмосферных вод средним тросам придают меньшую стрелу прогиба и постепенно увеличивают ее к торцевым краям покрытия, обеспечивая уклон в 1,5÷2,5 %. По панелям укладывают пароизоляцию, слой утеплителя и затем гидроизоляционный ковёр.

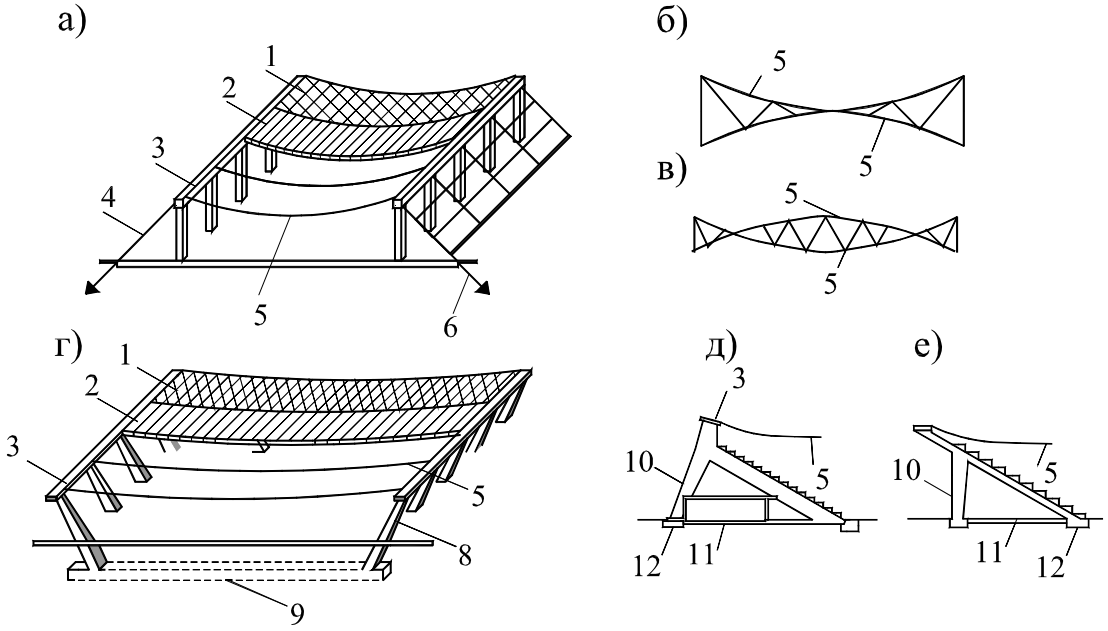


Рис. 9.5. Схемы висячих покрытий с плоскими несущими конструкциями:
а – однопоясное покрытие; б, в – двупоясные тросовые фермы; б – с неперекрещивающимися поясами; в – с перекрещивающимися поясами; г – однопоясное покрытие с наклонными рамами; д, е – с наклонными рамами-трибунами; 1 – кровля; 2 – железобетонные плиты; 3 – незамкнутый опорный контур (контурная балка); 4 – оттяжки; 5 – несущий трос; 6 – анкерные фундаменты; 7 – стабилизирующий трос; 8 – наклонные рамы; 9 – распорка; 10 – наклонная рама-трибуна; 11 – затяжка; 12 – фундамент

В покрытиях над прямоугольными зальными помещениями находят применение двухпоясные тросовые фермы (рис. 9.5, б; в), состоящие из верхнего и нижнего поясов и решеток в виде диагональных растяжек.

Восприятие горизонтальных усилий в висячих покрытиях с незамкнутым контуром (рис. 9.5, а) осуществляется с помощью прочно заанкеренных в грунте оттяжек (рис. 9.5, г-е) или рам с наклонными стойками (рис. 9.3, г; д), а также при относительно небольших пролетах распорных балок или ферм[1]. Устройство оттяжек и их заанкеривание вызывают значительное увеличение расхода материалов и трудоемкости, особенно в слабых грунтах. Опорные рамы с наклонными стойками, как правило, осуществляются в монолитном железобетоне, что весьма трудоемко. Поэтому висячие системы с незамкнутым опорным контуром применяются при благоприятных для осу-

[1] Фермы или балки закрепляют на незамкнутом опорном контуре или опираются на колонны и служат распором.

ществления анкеровки грунтах (плотных, скальных породах), а также при использовании наклонных рам в качестве несущих конструкций зрительских трибун.

Наиболее эффективно применение пространственных висячих покрытий зальных помещений при замкнутом опорном контуре, воспринимающем горизонтальные усилия. Наиболее целесообразна круглая форма опорного контура, обеспечивающая при равномерной нагрузке равномерное распределение усилий от покрытия и безмоментную работу самой контурной балки.

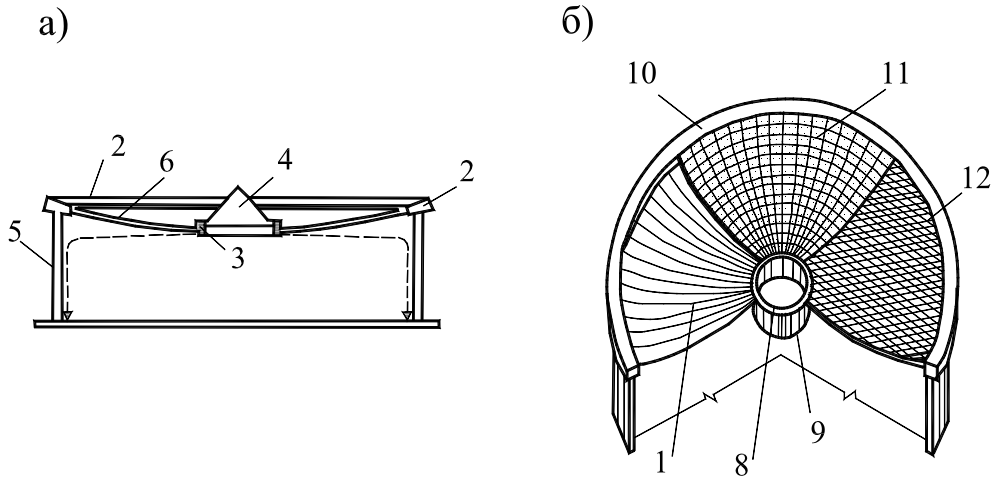


Рис. 9.6. Схема однопоясного висячего покрытия:
а – разрез; б – аксонометрия; 1 – стальные тросы; 2 – железобетонный опорный кольцевой контур; 3 – центральное стальное опорное кольцо; 4 – фонарь (световой или аэрационный); 5 – колонны; 6 – ограждающая конструкция; 7 – внутренний водосток; 8 – внутреннее опорное кольцо; 9 – аэрационный фонарь; 10 – внешнее опорное кольцо; 11 – железобетонные плиты; 12 – кровля

Висячие покрытия с круглым опорным контуром находят применение в виде однопоясных систем. В однопоясных круглых покрытиях тросы, расположенные радиально, закрепляются в контурном опорном и центральном кольцах (рис. 9.6). Внешнее кольцо, испытывающее сжимающие усилия, выполняется из железобетона; внутреннее растянутое – из стали. Обеспечение пространственной устойчивости в круглых однопоясных покрытиях достигается теми же способами, что и при незамкнутом контуре, т.е. путем применения тяжелого ограждения в виде железобетонных плит, замоноличивания перекрытия с предварительным напряжением тросов и превращения его в жесткую оболочку.

Отвод атмосферных вод от водоприёмных воронок расположенных в наиболее низкой части покрытия вокруг центрального кольца, осуществляется водосточными трубами, подвешенными к покрытию.

В двухпоясных висячих покрытиях нижние тросы, как правило, несущие, а верхние стабилизирующие (напрягающие), соединенные распорными трубчатыми стойками. В целом конструкция имеет форму двояковыпуклой линзы (рис. 9.7, а). В середине покрытия тросы крепятся к цилиндру, образо-

ванному верхним и нижним кольцами, соединенными стойками. Цилиндр служит основанием для светового и аэрационного фонаря и подвески оборудования зала. Конструкция отличается устойчивостью и стабильностью формы. В силу этого возможно применение легких ограждений из волнистой стали, алюминия и др. Удаление атмосферных вод с покрытия не вызывает трудностей. Недостатком двухпоясной системы следует считать увеличение расхода стали и строительного объема здания по сравнению с однопоясной.

Для уменьшения строительного объема применяются двухпоясные схемы с пересекающимися нижним и верхним тросами (см. рис. 9.7, б) и с двумя контурными опорными кольцами или с закреплением концов верхних несущих тросов непосредственно на колоннах.

Помимо тяжелых ограждающих конструкций (железобетонные плиты, монолитная железобетонная оболочка и т.п.) висячие покрытия с замкнутым контуром могут выполняться из листового металла (сталь, алюминиевые сплавы), которые называются мембранами. В мембранных покрытиях листы закрепляются в контурном и внутреннем опорных кольцах или только во внешнем контуре. В этом виде покрытий совмещаются несущие и ограждающие функции, обеспечивается равномерное распределение усилий в мембране, эффективное использование работы материала, легкость транспортировки (доставка листов в рулонах) и относительная простота монтажа покрытия. Применение мембран целесообразно при значительных пролетах (100 ÷ 200 м и более).

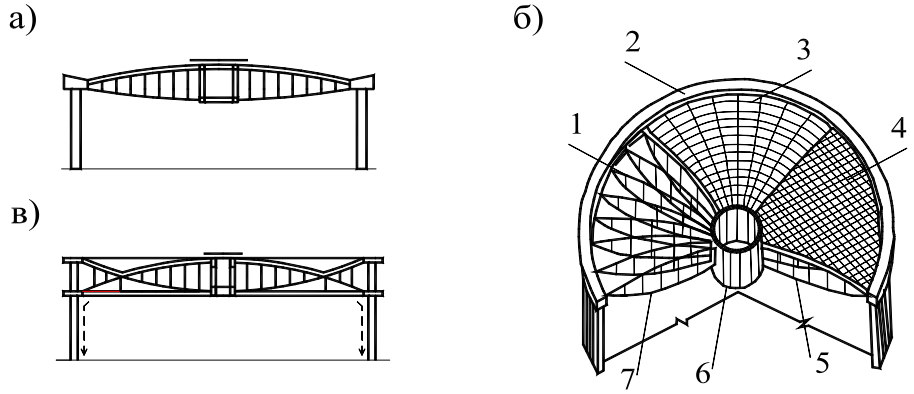


Рис. 9.7 Схемы двупоясных висячих покрытий:
а – выпукло-вогнутое; в – выпукло-вогнутое с пересекающимися тросами; б – аксонометрия; 1 – верхние несущие тросы; 2 – внешнее опорное кольцо; 3 – железобетонные плиты; 4 – кровля; 5 – нижние несущие тросы; 6 – внутренний опорный цилиндр; 7 – распорки

Мембранные покрытия отличаются легкостью (30 ÷ 40 кг/м^2). Поэтому для стабилизации их формы и обеспечения устойчивости применяются системы напрягающих тросов и оттяжек, закрепленных во внешних стойках и в промежуточном кольце, а также пригрузка центрального кольца аэрационным фонарем и технологическим оборудованием. Поверхность мембран может быть конической или сферической. Как показали исследования, приме-

нение конических мембран целесообразно при пролетах до 60 м, а сферических – при больших пролетах. Полосы стальных листов толщиной (в зависимости от величины пролетов) 2 ÷ 8 мм соединяются между собой на заклепках, высокопрочных болтах или сваркой.

9.5 Пневматические конструкции

В последние годы для размещения различных установок применяют здания и сооружения с необычными для строительной практики пневматическими конструкциями.

Принцип возведения пневматических, или надувных зданий и сооружений основан на том, что во внутреннее замкнутое пространство оболочек нагнетается атмосферный воздух, который предварительно напрягает (растягивает) оболочку, придавая ей заданную форму, устойчивость и несущую способность.

За счет предварительного напряжения материалы пневматических конструкций приобретают способность воспринимать от внешних нагрузок как нормальные, так и касательные усилия.

Для поддержания этих зданий и сооружений в равновесии независимо от их пролета постоянное избыточное давление внутри в большинстве случаев принимают около 20 кг/м^2 (20 мм вод. ст.), что соответствует разнице отметок земной поверхности 15 м. Для человека такое избыточное давление неощутимо (оно нередко возникает в обычных зданиях при ветре), а поэтому пребывание его в пневматических зданиях не представляет никакой опасности.

Пневматические здания обладают уникальной легкостью. Так, при пролетах свыше 100 м вес 1 м^2 оболочки едва превышает 3 кг/м^2. Их отличает от обычных зданий предельная компактность в сложенном виде, и поэтому конструкции этих зданий можно перевозить любым транспортом. Время потребное на возведение пневматических зданий измеряют часами. Все эти качества создают возможность применения пневматических конструкций в труднодоступных малоосвоенных районах. Особенно эффективны они для сборно-разборных сооружений (таких как различные передвижные выставки), а также для временных производственных и складских зданий и гаражей.

Пневматические здания и сооружения обладают высокой надежностью. При выходе из строя агрегатов, подающих воздух, опускание оболочки происходит очень медленно. За это время люди могут спокойно эвакуироваться из здания.

Основными элементами пневматического здания являются оболочка (иногда с каркасом), воздухонагнетающий агрегат и дверь или ворота. В зданиях, возведенных из прозрачных оболочек, проемы для освещения не требуются. Если же оболочка непрозрачна, то в ней предусматривают окна преимущественно круглого очертания.

Для создания необходимого избыточного давления под оболочками зданий используют различные насосы и центробежные воздуходувки, оборудованные автоматическими устройствами для поддержания заданного давления.

Двери и ворота в зданиях из мягких оболочек в целях герметизации могут иметь воздушные шлюзы. Простейшей дверной конструкцией является скользящий карман. Проем в этом случае закрывают висячей мембраной, которая прижимается к оболочке избыточным внутренним давлением. Часто предусматривают вращающиеся двери, которые даже при высоком внутреннем давлении не оказывают заметного сопротивления выходящим или входящим.

Пневматические сооружения имеют существенные недостатки: они сравнительно дороги, легко повреждаемы от механических воздействий и неогнестойки, вследствие чего они непригодны для капитального строительства.

Материал оболочек пневматических зданий должен быть воздухонепроницаемым, эластичным, прочным, долговечным и надежным в эксплуатации.

Для пневматических зданий преимущественно применяют полиэфирные, поливинилхлоридные, полиэтиленовые пленки. Их можно склеивать и сваривать. Недостатком этих пленок является то, что они быстро стареют под воздействием ультрафиолетовых лучей солнца.

Долговечность пленок можно повысить адсорбирующими покрытиями с применением сажи, путем напыления металлов или каширования алюминиевой фольгой. С этой же целью пневматические конструкции окрашивают в различные цвета, покрывают слюдой или кварцевыми зернами. Такое покрытие, сохраняя светопрозрачность материала, надежно защищает пленки от ультрафиолетовых лучей.

В зависимости от способа обеспечения устойчивости и неизменяемости формы оболочки пневматические здания и сооружения подразделяют на три основные группы: воздухоопертые, воздухонесомые и комбинированные.

Воздухоопертые пневматические своды и купола изготавливают из тонкой газонепроницаемой пленки (ткани). Внутренний эксплуатируемый объем таких конструкций находится под небольшим избыточным давлением порядка 10 ÷ 100 мм вод. ст. (0,001 ÷ 0,01 ат.); расчетное давление поддерживается воздуходувками небольшой мощности. Недостатком воздухоопертых конструкций является невозможность использовать их для зданий с часто открывающимися проемами.

Воздухонесомые конструкции имеют пневматические несущие элементы в виде пневмоарок, колонн и другие, находящиеся под избыточным давлением порядка 0,3 ÷ 5 ат. (0,03 ÷ 0,5 МПа), а оболочка свободно опирается на них. Несущие элементы изготовляют из прочной воздухонепроницаемой ткани.

Преимущество воздухонесомых конструкций заключается в обеспечении нормального атмосферного давления внутри помещений, что исключает необходимость их герметизации и устройство шлюзов. Однако на эти конструкции расходуется больше ткани, и они дороже воздухоопертых конструкций.

Пневмоарки и колонны опирают на самостоятельные фундаменты и крепят к ним шарнирно. Возникающий в арках распор гасится затяжками или надежно закрепленными в грунте фундаментами. Оболочку, набрасываемую на пневмокаркас, крепят к земле по периметру здания.

Здания и сооружения комбинированной конструкции состоят из воздухонесомых и воздухоопертых элементов, а также сочетания этих конструкций с другими (например, тросовыми и стоечными).

К группе комбинированных относятся также смешанные пневматические конструкции, основным несущим элементом которых является жесткий каркас (из дерева, алюминия или стали) или каркас переменной жесткости (из канатов или оттяжек).

По каркасу укладывают ограждающую оболочку, которая может быть обычно опертой на него или воздухоопертой. Смешанные конструкции могут перекрывать значительно большие пролеты, нежели другие пневматические. Однако наличие жесткого каркаса значительно увеличивает их вес.

Воздуходувки включают только при сильном ветре, когда необходимо избыточным внутренним давлением натянуть оболочку и таким образом исключить ее колебание. В остальных случаях воздуходувки выключены, и оболочка свободно лежит на каркасе. Вся конструкция весит около 5 т.

Сооружение может быть использовано для различных передвижных выставок, складов, гаражей, мастерских, небольших ангаров и других целей.

Форму пневматических зданий выбирают в зависимости от назначения, габаритов, условий акустики и освещения помещений. Наиболее часто применяют формы в виде сферического купола или в виде цилиндрической оболочки. В плане эти здания бывают круглой, овальной, прямоугольной формы и более сложного очертания.

В местах опирания пневматических зданий обычно действуют выдергивающие усилия.

Простейшим устройством являются мешки или трубы, наполненные водой или песком, укладываемые по периметру оболочки. Балластные устройства плотно прижимают оболочку к земле, предотвращая выход воздуха наружу.

Широко распространены стальные винтовые анкеры, которые ввинчивают в грунт в местах крепления оболочки.

Анкеры могут иметь конструкцию похожую на гарпун. При забивании в грунт они складываются, имея при этом незначительное сопротивление, а при выдергивании – раскрываются и их сопротивление выдергиванию резко возрастает.

Для восприятия больших выдергивающих усилий анкеры часто заделывают в бетонных фундаментах, заглубленных в грунт.

Заключение

Создание учебного пособия охватывают вопросы строительного проектирования гражданских зданий, начиная от выбора и решения несущих остовов и кончая конструированием отдельных элементов – частей зданий. При изложении материала преимущественное внимание уделено важнейшему направлению современной технической политики – полносборному индустриальному домостроению. Подчеркнута роль изделий полной заводской готовности, значение единой системы модульной координации размеров в строительстве, возможность применения каталогов, нормативной документации при проектировании зданий. Вместе с тем акцентировано внимание на необходимости индивидуализации проектов с применением индустриальных методов возведения из монолитного железобетона и проектировании общественных зданий с большепролетными конструкциями покрытия.

Изучение материала учебного пособия, которое насыщено обширной, методически обработанной информацией, позволит обеспечить успешное овладение другими специальными дисциплинами, составляющими фундамент для приобретения профессиональных приемов и навыков по проектированию и строительству зданий. Важным средством в закреплении изученного материала являются практические занятия, курсовое и дипломное проектирование, ознакомительная и производственные практики, экскурсии на строительные площадки.

Для более углубленной проработки материала целесообразно использование приведенной в конце учебного пособия нормативной, справочной и другой литературы, а также рекомендованных преподавателем книг по интересующим вопросам.

Библиографический список

1. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т.3. Жилые здания / Под ред. К. К. Шевцова. – М.: Стройиздат, 1993
2. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т.4. Общественные здания / Под ред. В. М. Предтеченского. – М.: Стройиздат, 1977
3. Ахдан Гиясов. Конструкции гражданских зданий: учеб. пособие. – М.: Издательство АСВ, 2004.
4. Конструкции гражданских зданий / Под. ред. М. С. Туполева. – М.: «Архитектура-С», 2006.
5. Маклакова Т. Г., Нанасова С. М., Шарапенко В. Г. Проектирование жилых и общественных зданий: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1998.
6. Маклакова Т. Г., Нанасова С. М. Конструкции гражданских зданий. – М.: Издательство АСВ, 2000.
7. Шерешевский И. А. Конструирование гражданских зданий. – М.: «Архитектура-С», 2005.
8. СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные / Госстрой России. – М.: ГП ЦПП, 2004.
9. СНиП 2.08.02. Общественные здания и сооружения / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991.
10. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. – М.: ГУ ЦПП, 2004.
11. СНиП 23-103-2003. Защита от шума / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
12. СП 23-03-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.