

II. Расчет и проектирование крупнопанельных зданий

2.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий

2.2. Стеновые панели

2.3. 2.3. Стыки панелей

2.4. Расчетные модели крупнопанельных бескаркасных зданий

2.5. Здания их объемных блоков

2.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий

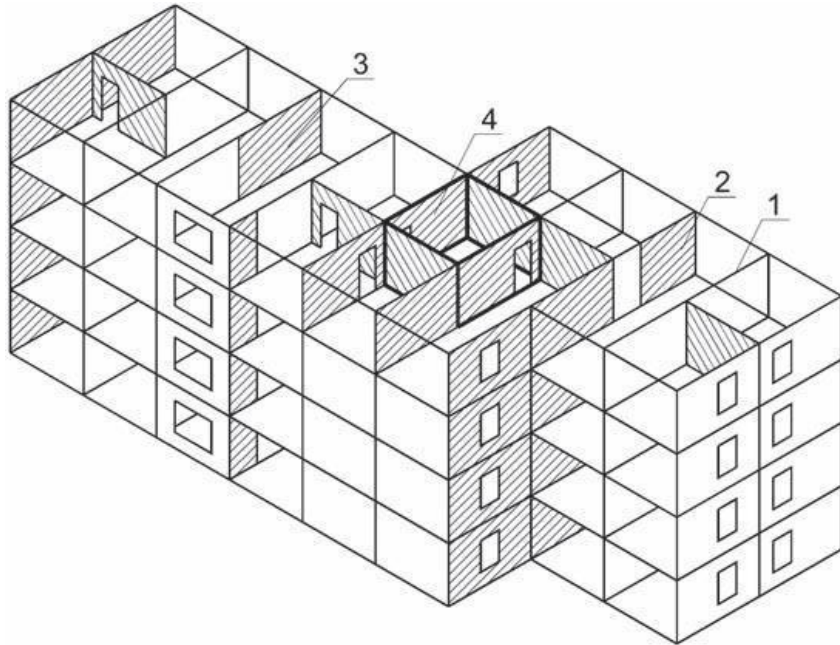


Рис. 2.1. Схема несущей системы многоэтажного здания:
1 - рама; 2 — диафрагма; 3 — рамодиафрагма; 4 - ядро (ствол)

Многоэтажные крупнопанельные здания для массового строительства возводят высотой 9...17 этажей, а в ряде случаев — 20 этажей и более. Их применяют для жилых домов, гостиниц, пансионатов и других аналогичных зданий с часто расположенными перегородками и стенами.

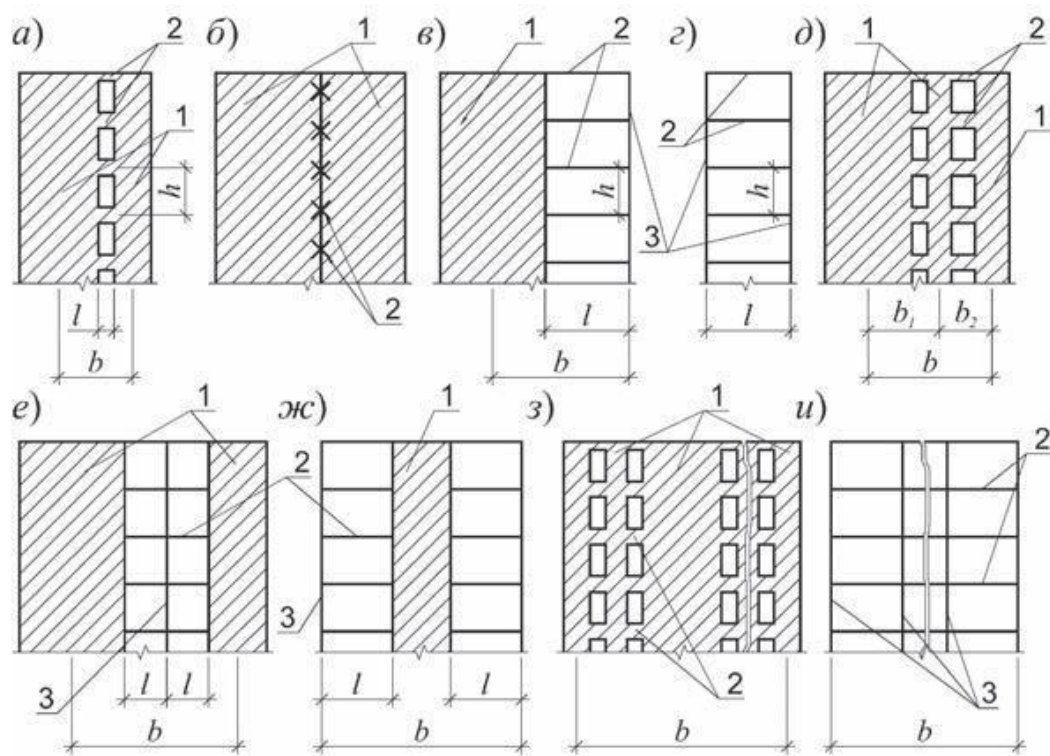
Конструктивной основой современного многоэтажного здания служит пространственная система, состоящая из стержневых и панельных железобетонных элементов (рис. 2.1). Это система называется несущей системой, обладает, как правило, монотонной структурой по высоте. Под монотонностью понимается геометрическая тождественность одноименных элементов во всех

этажах здания или в его рассматриваемой части, что отвечает требованиям типизации конструктивных элементов и унификации габаритных параметров.

Несущая система многоэтажного здания при любой конструктивной схеме образуется вертикальными несущими конструкциями, объединенными в единую пространственную систему с помощью горизонтальных несущих конструкций — перекрытий здания. На рисунке 2.1 показана несущая система многоэтажного здания, образованная разнотипными вертикальными конструкциями: рамами, диафрагмами жесткости, рамодиафрагмами, ядрами жесткости.



2.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий



На рисунке 2.2 представлены основные типы наиболее часто встречающихся плоских вертикальных несущих систем. Данные системы состоят из вертикальных элементов (панельных столбов, колонн каркаса) и связей, соединяющих эти элементы по вертикальным швам. Такими связями в вертикальных несущих конструкциях являются сварные соединения закладных деталей или выпусков арматуры, бетонные шпонки, ригели рам с жесткими узлами, перемычки или участки перекрытий над проемами между столбами бескаркасных зданий и т.п. Эти связи являются связями сдвига, т.к. они препятствуют свободному взаимному сдвигу смежных элементов по вертикальным швам при изгибе вертикальной несущей конструкции в своей плоскости.

Рис. 2.2. Основные типы плоских вертикальных несущих конструкций многоэтажного здания:

а—г — односвязные конструкции; д—ж — двухсвязные конструкции; з, и — многосвязные конструкции; (а, б, д, з — диафрагмы; г, и — рамы; в, е, ж — рамодиафрагмы); 1 — столбы; 2 — связи; 3 — колонны; h — высота этажа; l — длина связи; b, b_1, b_2 — расстояние между осями несущих вертикальных элементов



2.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий

Несущие конструкции, имеющие один вертикальный шов и, следовательно, один ряд связей сдвига, называются односвязными (см. рис. 2.2, *а—г*). Иные — двух-, трех- и многосвязными. Вертикальные несущие конструкции в виде столбов стеновых панелей (одного или нескольких, объединенных связями сдвига) называются диафрагмами; несущие конструкции, состоящие из колонн и ригелей — рамами; а сочетающие колонны, ригели и панельные стенки — рамодиафрагмами или каркасными диафрагмами (рис. 2.2).

Вертикальные несущие конструкции могут быть и не плоскими. Например, пространственная вертикальная конструкция в центре здания, показанная на рисунке 2.1, состоящая из поперечных плоских конструкций, соединенных связями сдвига с продольными диафрагмами. Объединенные таким образом конструкции образовали ядро (ствол). В последние годы часто применяются монолитные ядра, возводимые в скользящей или переставной опалубке.

Термин «столб» применяется к сплошным вертикальным элементам, обладающим существенной изгибной (сдвиговой) жесткостью при работе в качестве консоли, заземленной в основании.

В современной практике массового городского многоэтажного строительства преобладают две конструктивные системы — каркасная и панельная (бескаркасная). В каркасном здании вертикальными элементами несущей системы являются железобетонные колонны, а в бескаркасном — столбы поставленных друг на друга стеновых панелей или монолитные стены.



2.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий

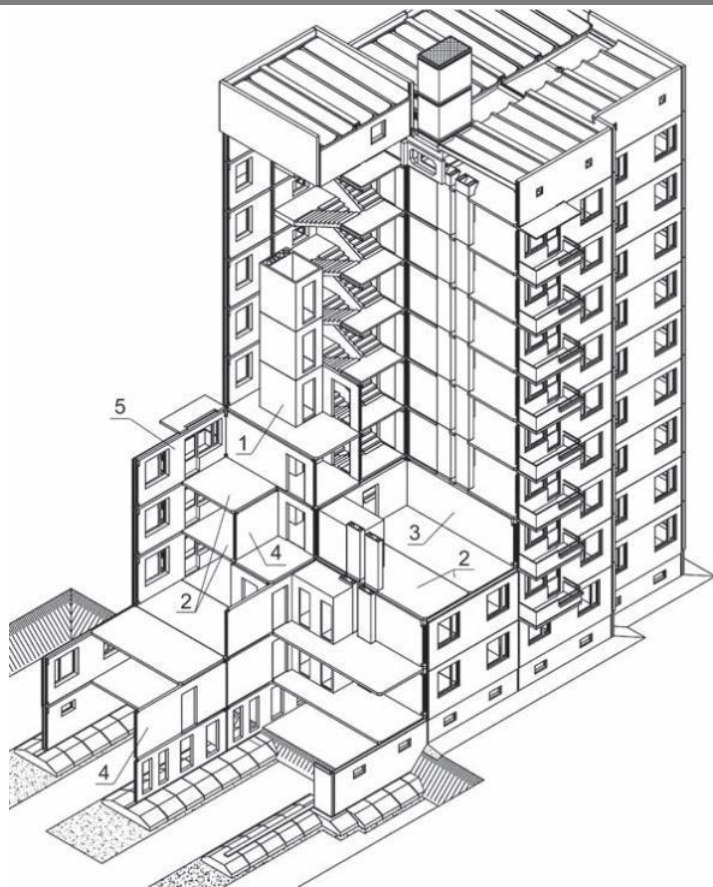


Рис. 2.3. Бескаркасная связевая конструктивная схема.

Панельные столбы вертикальных диафрагм связаны непосредственно плитами перекрытий: 1 — шахта лифта из объемных железобетонных элементов высотой на этаж; 2 — плиты перекрытия размером на комнату; 3 — поперечные несущие стены; 4 — внутренние железобетонные продольные несущие стены; 5 — наружные многослойные панели

В панельных бескаркасных зданиях основными несущими конструкциями служат вертикальные диафрагмы, образованные панелями внутренних несущих стен, расположенными в поперечном и продольном направлениях, и связывающие их междуэтажные перекрытия. Панели наружных стен крепятся к торцам панелей поперечных несущих стен. Панели междуэтажных перекрытий, наружные стеновые панели и панели внутренних стен, соединяясь между собой вдоль сторон и в углах, образуют пространственную несущую систему крупнопанельного здания (рис. 2.3).

Такая система находит все большее применение в застройке городских территорий и магистралей с интенсивным движением транспорта. Нижние этажи используются для размещения предприятий торговли и обслуживания, либо стоянок и проезда автомашин.

Зарубежный опыт проектирования и строительства показал, что рассмотренные конструктивные системы при высоте в 50 и более этажей уступают другим, более эффективным системам.



2.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий

Крупнопанельные здания с несущими поперечными стенами возводят с узким (3,6 м и менее), широким (4,2... 11 м) и смешанным шагом поперечных стен. Особое место в этой схеме занимают здания с широким шагом (7...11 м) поперечных стен без продольных диафрагм жесткости (системы «Финкас» и «Бизон»), в которых продольная жесткость здания обеспечивается применением сборно-монолитных рамных узлов между панелями перекрытий и стенами, а также устройством вертикального предварительного напряжения стен.

Каркасная система предназначена, главным образом, для зданий административного и общественного назначения, т.к. в этих зданиях нужны большие неперегороженные помещения. Бескаркасная система применяется для жилых домов, в которых несущие внутренние стены естественно служат межквартирными и межкомнатными перегородками.

Здания, в которых нижние 1—3 этажа каркасные, а остальные — панельные, называются зданиями комбинированной системы (рис. 2.4).

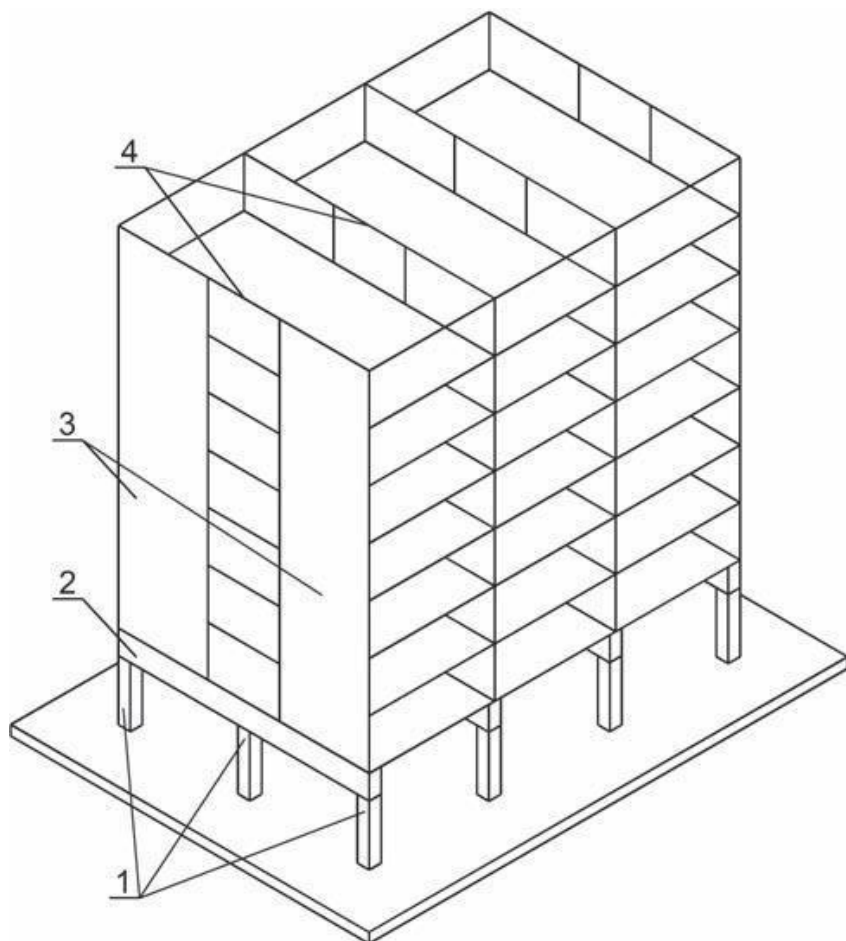


Рис. 2.4. Конструктивная схема здания комбинированной системы: 1 — колонны; 2 — ригели; 3 — панельные столбы; 4 — связи между столбами



2.1. Конструктивные схемы крупнопанельных зданий

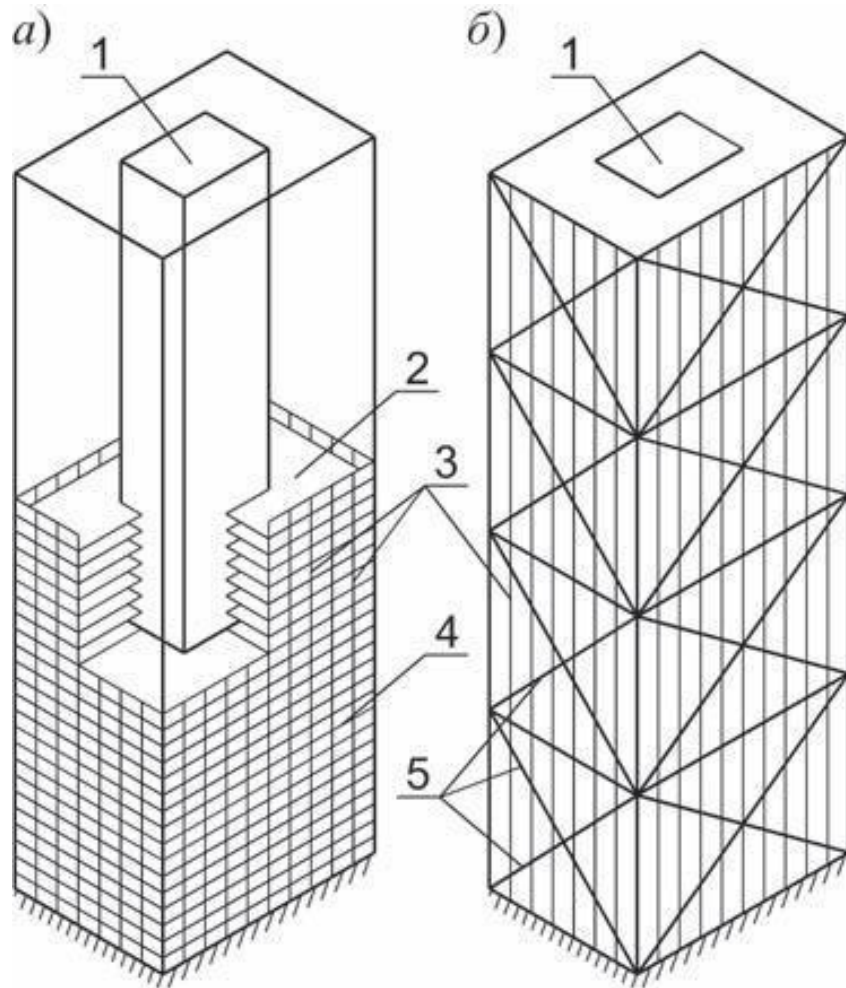


Рис. 2.5. Периферийные конструктивные системы высотных зданий:

a — безраскосная труба; *б* — раскосная труба;

1 - ядро; 2 — перекрытие; 3 — колонны; 4 - ригели; 5 - раскосы

Последние основываются на принципе переноса основных вертикальных несущих конструкций на периферию плана здания. Таким приемом достигается максимальное увеличение момента инерции поперечного сечения несущей системы здания в целом и, следовательно, предельное увеличение ее общей жесткости. Этот принцип воплощен при проектировании и строительстве Дворца культуры и науки в Варшаве, ряда высотных зданий в Москве. Периферийная несущая система образуется жесткими рамами или фермами, расположенными в плоскости наружных стен здания.

Соединенные в углах, эти плоские вертикальные несущие конструкции превращаются в пространственную систему типа призматической (в некоторых случаях — пирамидальной) сетчатой оболочки или трубы прямоугольного сечения со сторонами, равными сторонам плана здания (рис. 2.5).



2.2. Стеновые панели

Стеновые панели по назначению делятся на панели для наружных и внутренних стен, а также панели для подвальных стен и цоколей.

По виду воспринимаемых нагрузок панели делятся на несущие (воспринимают нагрузку от вышележащих этажей), самонесущие (воспринимают нагрузку от собственного веса), навесные.

В крупнопанельных зданиях применяют следующие схемы разрезки наружных стен: панель на одну комнату, панель на две комнаты, ленточная разрезка, вертикальная разрезка.

Выбор схемы разрезки зависит от членения фасада, технологии изготовления панелей, назначения здания и ряда других факторов. Наиболее распространенной разрезкой в жилищном строительстве является разрезка на комнату и на две комнаты. В этом случае горизонтальные швы, разрезающие стены на панели, располагаются на уровне перекрытия, а вертикальные – по осям внутренних стен или перегородок.

Конструкция наружных панелей может быть однослойной и многослойной.

Однослойные панели изготавливают из легких или ячеистых бетонов марки 50, 75 (керамзитобетон, шлакобетон, пенобетон и др.) толщиной 250...450 мм с фактурным слоем. Наружный фактурный слой панели толщиной 5...20 мм выполняется из раствора, керамических плиток или других материалов. Толщина панели определяется теплотехническим расчетом.

Двухслойные панели состоят из тонкой несущей железобетонной оболочки и утеплителя из минераловатного теплоизоляционного материала (газобетон, пенобетон, пеностекло и др.). Несущий слой может быть железобетонной плитой с ребрами по контуру или часторребристой плитой.



2.2. Стеновые панели

Трехслойные панели состоят из двух тонких (не менее 50 мм) несущих железобетонных скорлуп, между которыми уложен утеплитель. Соединение наружных и внутренних слоев панели осуществляется жесткими или гибкими связями. Гибкие связи, выполняемые из нержавеющей стали, должны иметь надежную анкеровку в бетонных слоях. Жесткие связи между железобетонными слоями выполняют в виде железобетонных досок или решеток, устанавливаемых по граням панелей. В качестве утеплителя применяется любой легкий теплоизоляционный материал с объемной массой менее 500 кг/м^3 (пенополистирол, минераловатные плиты и др.).

Пример несущей трехслойной панели для наружных стен панельных зданий представлен на рис. 2.6. Наружный и внутренний железобетонные слои (поз. 4; 6) армируются сетками с ячейкой не более 150×150 или 100×200 мм (в зоне перемычки 100×100 мм) из обыкновенной арматурной проволоки Вр-I диаметром не менее 3 мм. Соединение железобетонных слоев панелей осуществляется тремя видами связей: подвесками, подпорками и подкосами. Подвески (поз. 1) передают вертикальные нагрузки от веса наружного бетонного слоя на внутренний слой панели. Их рекомендуется устраивать в верхней части панели в одном уровне, симметрично относительно центра тяжести наружного слоя и выполнять из коррозионно-стойкой стали диаметром 8...12 мм. Количество подвесок определяется расчетом, но общее количество их должно быть не менее двух.

Распорки (гибкие связи) (поз. 2) связывают наружный и внутренний бетонные слои панели, фиксируют их взаиморасположение и передают горизонтальные нагрузки с наружного слоя на внутренний. Их рекомендуется устанавливать по периметрам панелей, проемов и по полю панели с шагом 600... 1200 мм. Распорки выполняются из стержней коррозионно-стойкой стали диаметром 3.. .6 мм.



2.2. Стеновые панели

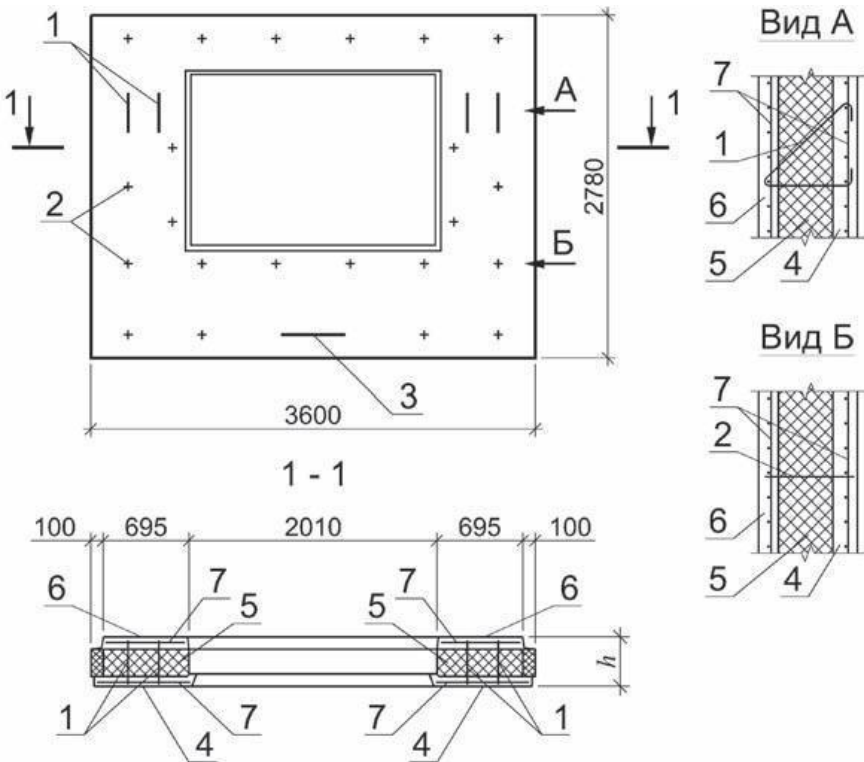


Рис. 2.6. Трехслойная панель наружных панельных зданий:
 1 — подвески; 2 — распорки (гибкие связи); 3 — подкос;
 4 — несущая железобетонная скорлупа; 5 — утеплитель;
 6 — наружный железобетонный слой; 7 — арматурные сетки
 (на фасаде условно не показаны)

Подкосы (поз. 3) применяются для предотвращения взаимных смещений слоев при хранении, транспортировке и монтаже панелей. Подкосы устанавливают по оси панели горизонтально. Их изготавливают из арматурной стали диаметром 8...10 мм класса А-Ш.

Панели внутренних несущих стен проектируют железобетонными. Конструктивные решения панелей внутренних стен должны удовлетворять требованиям прочности, жесткости, звукоизоляции и противопожарным требованиям. Из условия звукоизоляции панели из тяжелого бетона выполняют толщиной 160 мм. При такой толщине обеспечивается несущая способность зданий высотой до 16 этажей. Увеличение несущей способности панелей стен зданий большей высоты достигается в нижних этажах повышением проектного класса бетона, применением эффективного армирования, увеличением толщины стен.



2.3. Стыки панелей

Конструкция стыка является самым уязвимым местом крупнопанельных зданий и зависит от материала панели, проектных усилий, возможных деформаций панелей (температурных деформаций, деформаций, вызванных внешней нагрузкой, а также осадкой здания).

К стыкам предъявляются требования водо-, звуко- и воздухопроницаемости, теплоустойчивости, пространственной прочности и жесткости. В стыках возникают сжимающие, растягивающие и сдвигающие усилия. Сжимающие усилия передаются на нижерасположенные конструкции через постель из раствора платформенного стыка, марку которого принимают летом не менее М100, а зимой — не менее М150. Растяжение передается на стальные закладные детали.

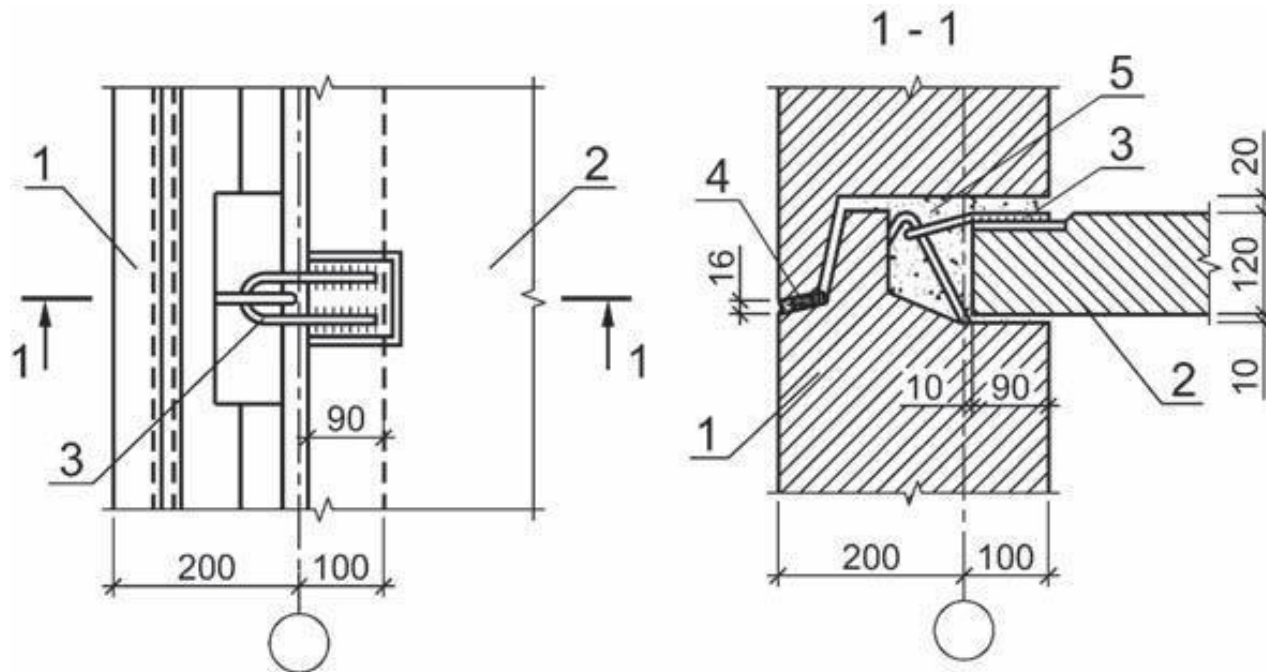


Рис. 2.7. Вертикальный стык навесных наружных стеновых панелей с плитой перекрытия: 1 — стеновая панель; 2 — панель перекрытия; 3 — крепежная петля; 4 — упругая прокладка; 5 — утеплитель



2.3. Стыки панелей

Конструкция вертикального стыка выглядит следующим образом: при монтаже двух смежных стеновых панелей в паз между ними входит внутренняя стеновая панель; образующийся колодец заполняется легким бетоном или тяжелым термовкладышем. В стык между панелями вставляется жгут из пористой резины и шов расшивается. Целесообразно снаружи делать защиту шва эластичными мастиками в виде пленок из изола или полиизол-бутилена.

Решение вертикального стыка панелей приведено на рисунке 2.7.

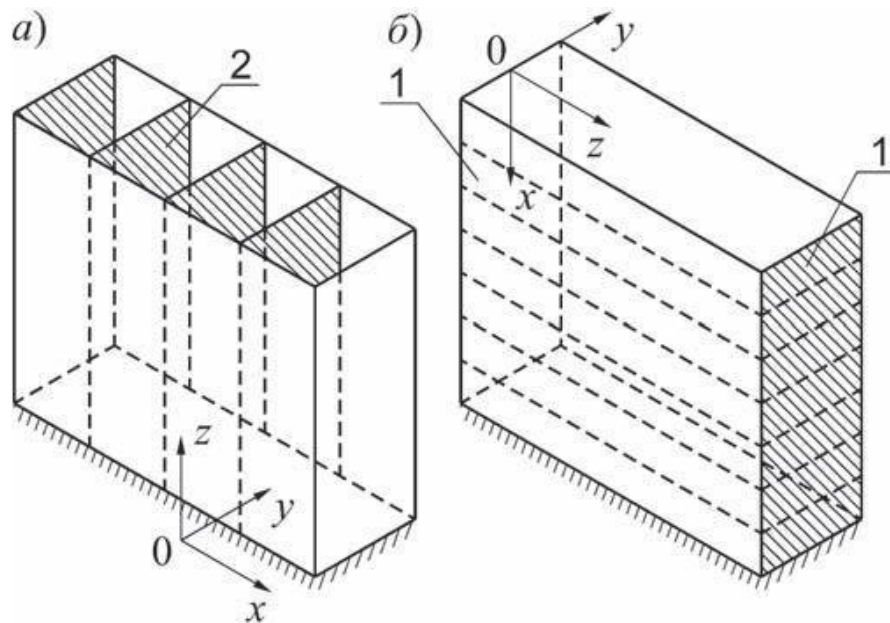


2.4. Расчетные модели крупнопанельных бескаркасных зданий

Несущая система многоэтажного здания может быть схематизирована различными расчетными моделями: дискретными, непрерывными и дискретно-непрерывными.

Дискретные модели сохраняют дискретное расположение связей и вертикальных элементов, заданное в действительной несущей системе, а в некоторых вариантах углубляют дискретизацию сплошных элементов путем их членения на более мелкие участки (применяется метод конечных элементов) или путем замены континуума стержневой решеткой.

Непрерывные модели рассматривают здание как сплошную многостенчатую призматическую оболочку с вертикальной осью (рис. 2.8, а) или как горизонтальную призматическую оболочку, опирающуюся на жесткие торцевые диафрагмы (рис. 2.8, б).



В первом случае при обеспечении жесткой монолитной связи продольных и поперечных стен, а также наличии жестких диафрагм-перекрытий можно считать многосвязный контур оболочки недеформируемым.

Вторая схема в отличие от первой предполагает перекрытия податливыми в их плоскости, а торцевые диафрагмы — жесткими.

Рис. 2.8. Непрерывные модели несущей системы здания:
а — консольная призматическая оболочка с вертикальной осью;
б — призматическая оболочка с горизонтальной осью;
1 — торцевые диафрагмы; 2 - поперечные несущие стены



2.4. Расчетные модели крупнопанельных бескаркасных зданий

Первый вариант непрерывной модели уместен при расчете ядер-стволов и объемно-блочных зданий.

В высоких панельных зданиях наружные стены выполняют, как правило, навесными. В этом случае требуется учет податливости связей и ослабления стен проемами, что представляет собой достаточно сложную задачу. Поэтому непрерывные модели в расчетах таких зданий находят ограниченное применение.

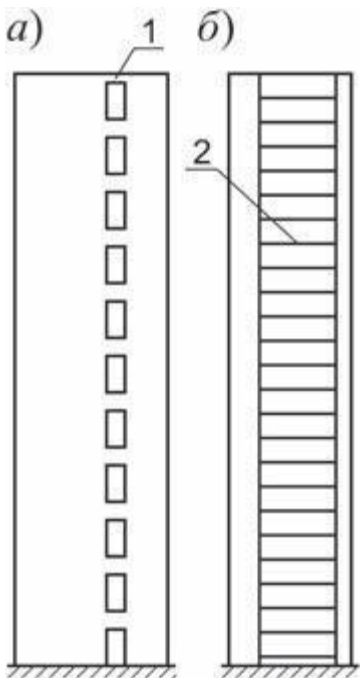
Дискретно-непрерывные модели сохраняют заданное дискретное расположение вертикальных элементов несущей системы, но заменяют сосредоточенные связи непрерывными, т.е. непрерывно распределенными по высоте здания.

Такая модель позволяет заменить, например, в одно-связной конструкции (рис. 2.9) большое число неизвестных сил или перемещений одной функцией распределения искомого неизвестного по высоте здания. Математически это выражается заменой системы алгебраических уравнений высшего порядка одним дифференциальным уравнением.

Переход к непрерывному распределению связей предполагает, что число этажей достаточно велико для того, чтобы сосредоточенные воздействия от перекрытий, перемычек или других связей сдвига можно было бы считать

Рис. 2.9. Дискретно-непрерывная модель односвязной вертикальной несущей конструкции:

а — действительная конструкция; б — расчетная модель;
1 — сосредоточенные связи; 2 - непрерывная замена сосредоточенных связей



2.4. Расчетные модели крупнопанельных бескаркасных зданий

непрерывно распределенными по высоте несущих конструкций. Опыт проектирования показывает, что уже для десятиэтажного здания такое предположение оправдывается.

Дискретно-континуальные модели сохраняют заданное дискретное расположение вертикальных элементов несущей системы, но заменяют сосредоточенные связи континуальными, т.е. непрерывно распределенными по высоте здания.

Такая модель позволяет заменить, например, в одно-связной конструкции (рис. 2.9) большое число неизвестных сил или перемещений одной функцией распределения искомого неизвестного по высоте здания. Математически это выражается заменой системы алгебраических уравнений высшего порядка одним дифференциальным уравнением.

Переход к непрерывному распределению связей предполагает, что число этажей достаточно велико для того, что-бы сосредоточенные воздействия от перекрытий, перемычек или других связей сдвига можно было бы считать непрерывно распределенными по высоте несущих конструкций. Опыт проектирования показывает, что уже для десятиэтажного здания такое предположение оправдывается.

Дискретно-континуальные модели более универсальны и удобны для расчета сложных несущих систем многоэтажных зданий, чем другие модели.

Для сложной пространственной несущей системы многоэтажного здания дискретно-континуальная модель представляет собой (рис. 2.10) пучок консольных тонкостенных стержней (поз. 1) прямоугольного профиля, соединенных в горизонтальных плоскостях перекрытиями (поз. 2), а по вертикальным швам — связями сдвига (поз. 3). Заделка стержней (вертикальных элементов несущей системы) в основании может быть жесткой или упруго-податливой.



2.4. Расчетные модели крупнопанельных бескаркасных зданий

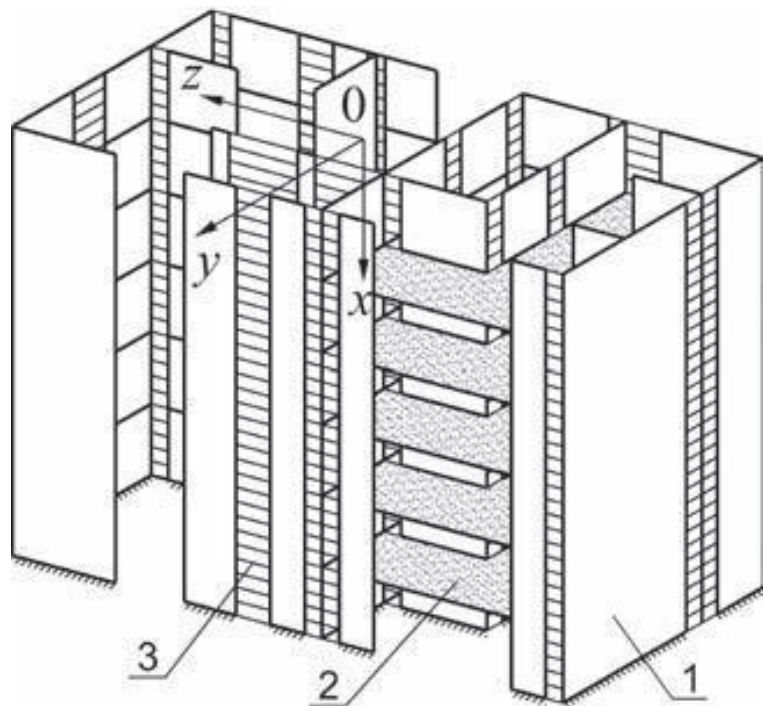


Рис. 2.10. Дискретно-континуальная модель сложной пространственной несущей системы многоэтажного здания:

- 1 — консольные тонкостенные стержни;
- 2 — перекрытия;
- 3 — связи сдвига

На рисунке 2.10 для удобства изображения перекрытия показаны как отдельные диски, расположенные поэтажно. Однако в расчете по этой модели они так же, как и связи сдвига, предполагаются непрерывно распределенными по высоте здания.

Расчет крупнопанельных бескаркасных зданий на основе рассмотренных моделей реализуется с использованием программных продуктов на компьютерах.



2.5. Здания из объемных блоков

Одним из направлений панельного домостроения является строительство из объемных блоков. Объемно-блочные здания собирают из готовых пространственных элементов — объемных блоков. Обычно эти здания возводят без каркаса, устанавливая блоки один на другой. В некоторых случаях объемно-блочные здания возводят с каркасом. Тогда объемные блоки служат заполнением, и каждый блок несет только собственную массу и полезную нагрузку. Пространственные блоки коробки проектируются трех типов: блок-стакан, блок-колпак и блок-труба (рис. 2.11).

«Блок-колпак» имеет нижнюю свободную грань, которая заполняется плитой пола. В блоке типа «стакан» свободная грань заменяется плитой потолка. «Блок-комната» типа «лежачий стакан» не имеет одной из боковых граней. В этом месте устанавливается стеновая панель.

Главной особенностью, отличающей здания из объемных блоков от крупнопанельных зданий, является их тонкостенность. Отношение высоты этажа к толщине внутренних стен объемных блоков составляет $H/d > 40$, в то время как для внутренних стен крупнопанельных зданий $H/d = 17 \dots 20$.

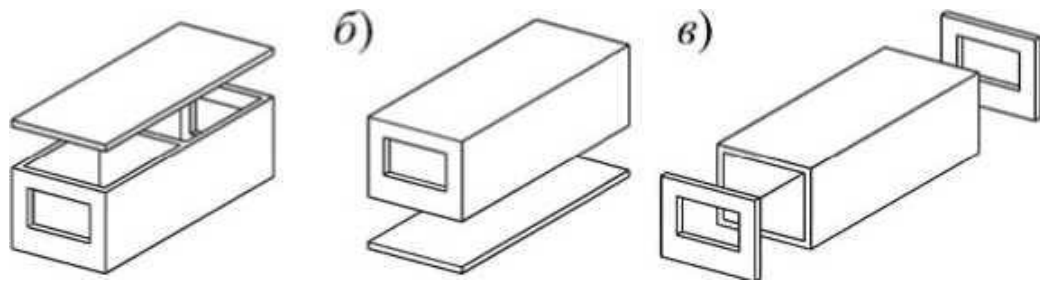


Рис. 2.11. Виды объемных блоков конструкции многоэтажного жилого дома: а — блок-стакан; б — блок-колпак; в — блок-труба

Расчет конструкций зданий из объемных блоков имеет своей целью обеспечить несущую способность, жесткость и трещиностойкость всех его элементов в стадии эксплуатации, изготовления, транспортировки и монтажа.



2.5. Здания из объемных блоков

Методы расчета и расчетные модели зданий из объемных блоков строятся как для конструктивной системы, имеющей регулярную структуру, т.е. состоящей из элементов нескольких типоразмеров, регулярно повторяющихся по длине здания. В основу расчетной модели положен единичный элемент — тонкостенный объемный блок. Объемные блоки вовлекаются в совместную работу с помощью вертикальных и горизонтальных связей, расположенных в плоскости граней.

Вертикальные связи, передающие осевые усилия и усилия сдвига, в зависимости от схемы опирания могут быть сосредоточенными (при точечной схеме опирания) или распределенными по периметру горизонтальных граней блока (при линейном опирании). Горизонтальные связи, соединяющие блоки одного этажа, обычно бывают дискретными и выполняются из гибких элементов в уровнях перекрытий. Они передают только усилия, совпадающие с их осью.

Таким образом, расчет зданий из объемных блоков состоит из определения усилий, действующих на отдельный блок, и из расчета собственно блока. Нагрузка на каждый блок складывается из части внешней нагрузки, действующей на здание, и внутренних усилий, передаваемых связями от смежных блоков. Эти усилия определяются из расчета здания в целом как пространственной системы на воздействие вертикальных и горизонтальных нагрузок, определенных в соответствии с действующими нормативными документами. При этом необходимо знать жесткости отдельных блоков и связей для всех видов независимых единичных воздействий.

