

# КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

1. Конструктивные системы
2. Конструктивные схемы
3. Строительные системы
4. Обеспечение пространственной жесткости зданий
5. Конструктивные решения многоэтажных жилых зданий

## 1. Конструктивные системы

Проектирование конструкций здания любого назначения начинают с решения основной принципиальной задачи – выбора конструктивной системы здания исходя из функциональных и технико-экономических требований.

**Конструктивная система** – это взаимосвязанная совокупность вертикальных и горизонтальных несущих конструкций здания, которые, воспринимая все приходящиеся на него нагрузки и воздействия, совместно обеспечивают прочность, пространственную жесткость и устойчивость сооружения.

Выбор конструктивной системы определяет роль каждого несущего конструктивного элемента в пространственной работе здания.

**Горизонтальные несущие конструкции** (покрытия и перекрытия) воспринимают все приходящиеся на них вертикальные нагрузки и передают их вертикальным несущим конструкциям (стенам, колоннам и др.), которые, в свою очередь, передают нагрузки через фундамент на грунт (основание здания).

Горизонтальные несущие конструкции, как правило, играют в здании роль **жестких дисков – горизонтальных диафрагм жесткости**. Они воспринимают и перераспределяют горизонтальные нагрузки и воздействия (ветровые, сейсмические) между вертикальными несущими конструкциями.

Горизонтальные несущие конструкции гражданских зданий высотой более двух этажей, как правило, однотипны и представляют собой железобетонный диск:

- **сборный** (из отдельных железобетонных сплошных, многопустотных или ребристых плит),
- **сборно-монолитный**
- **монолитный**.

**Вертикальные несущие конструкции** по сравнению с горизонтальными более разнообразны. Различают следующие виды вертикальных несущих конструкций:

- стержневые (стойки каркаса);
- плоскостные (стены, диафрагмы);
- объемно-пространственные элементы высотой в этаж (объемные блоки);
- внутренние объемно-пространственные полые стержни (открытого или закрытого сечения) на высоту здания (стволы жесткости);
- объемно-пространственные внешние несущие конструкции на высоту здания в виде тонкостенной оболочки замкнутого сечения (оболочки).

Соответственно виду вертикальной несущей конструкции получили наименование пять **основных конструктивных систем** зданий:

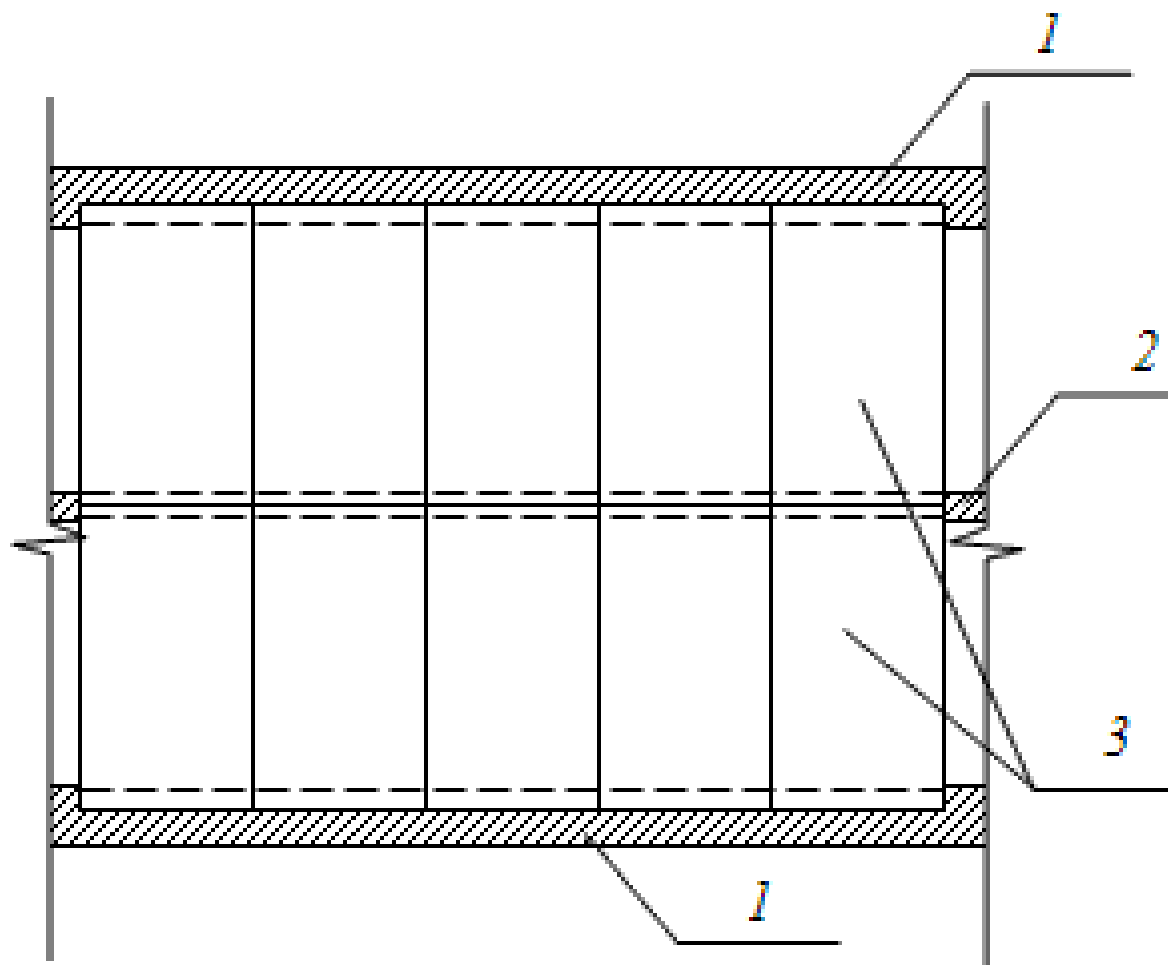
- **каркасная;**
- **бескаркасная (стеновая);**
- **объемно-блочная;**
- **ствольная;**
- **оболочковая.**

Наряду с основными широко применяют **комбинированные конструктивные системы**. В этих системах вертикальные несущие конструкции комбинируют, сочетая различные виды несущих элементов – стены и колонны, стены и объемные блоки и др.

В соответствии с функциональными требованиями к объемно-планировочному решению в зданиях могут сочетаться различные структуры пространственных ячеек. Это влечет за собой и сочетание различных конструктивных систем в *одном здании*, например, бескаркасной для фрагмента здания ячеистой структуры и каркасной – для зальных помещений. Такое решение называется **смешанной конструктивной системой здания**.

Выбор конструктивной системы при проектировании основан на объемно-планировочных, архитектурно-композиционных и экономических требованиях, в соответствии с которыми определились области рационального применения каждой из конструктивных систем.

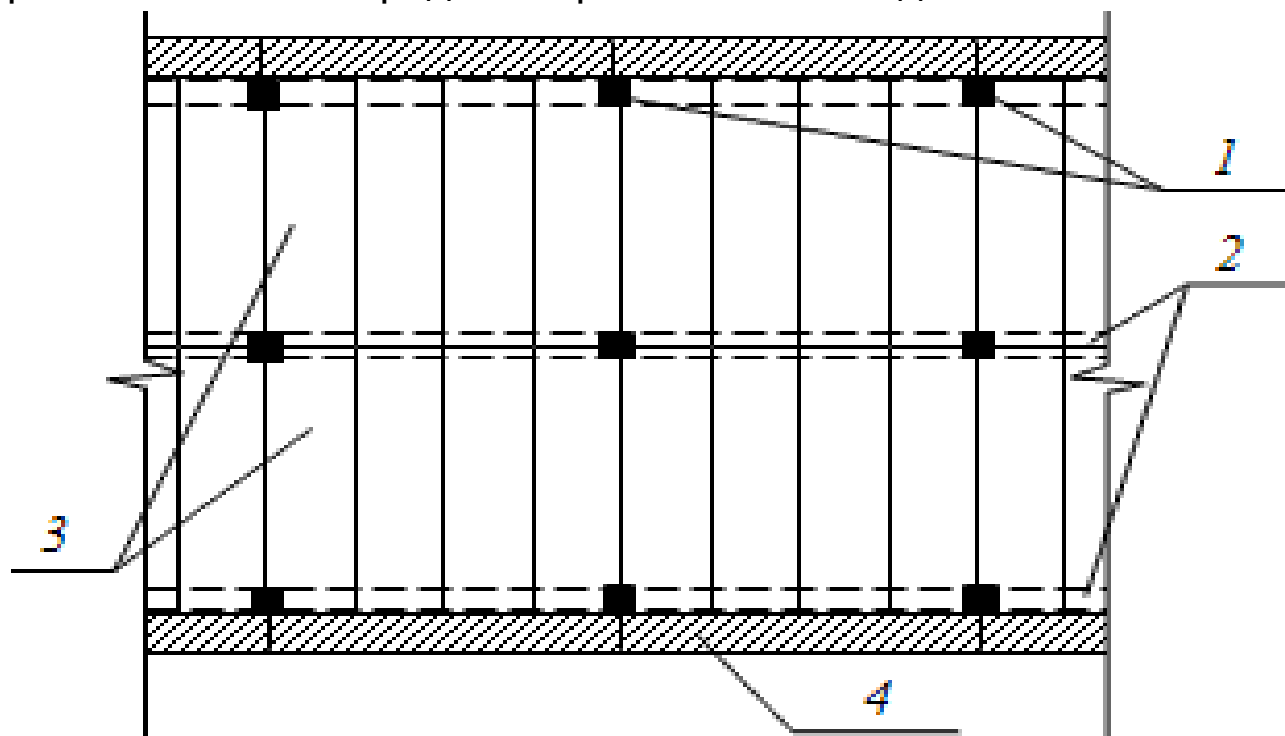
***Бескаркасная (стеневая) система*** – основа проектирования жилых домов различной этажности и назначения (квартирные дома, общежития, гостиницы, пансионаты и др.) и для разных инженерно-геологических условий. Выбор этой системы связан с относительной стабильностью объемно-планировочных решений жилых зданий и с ее технико-экономическими преимуществами. Благодаря этому расширяется применение бескаркасной системы и для массовых типов общественных зданий (школ, детских дошкольных учреждений, поликлиник и др.).



**Бескаркасная (стеновая) конструктивная система**

1 – наружная несущая стена; 2 – внутренняя несущая стена; 3 – сборный настил перекрытия

**Каркасная система** наиболее часто применяется при проектировании массовых и уникальных общественных зданий различного назначения и этажности. Эта система уступает бескаркасной системе по показателям затрат труда и срокам возведения. Однако предпочтение, оказываемое каркасным системам, связано с функциональными требованиями к гибкости объемно-планировочных решений общественных зданий и необходимости их неоднократной перепланировки в процессе эксплуатации. С точки зрения этих требований компоновочные преимущества каркасных систем перед бескаркасными очевидны.

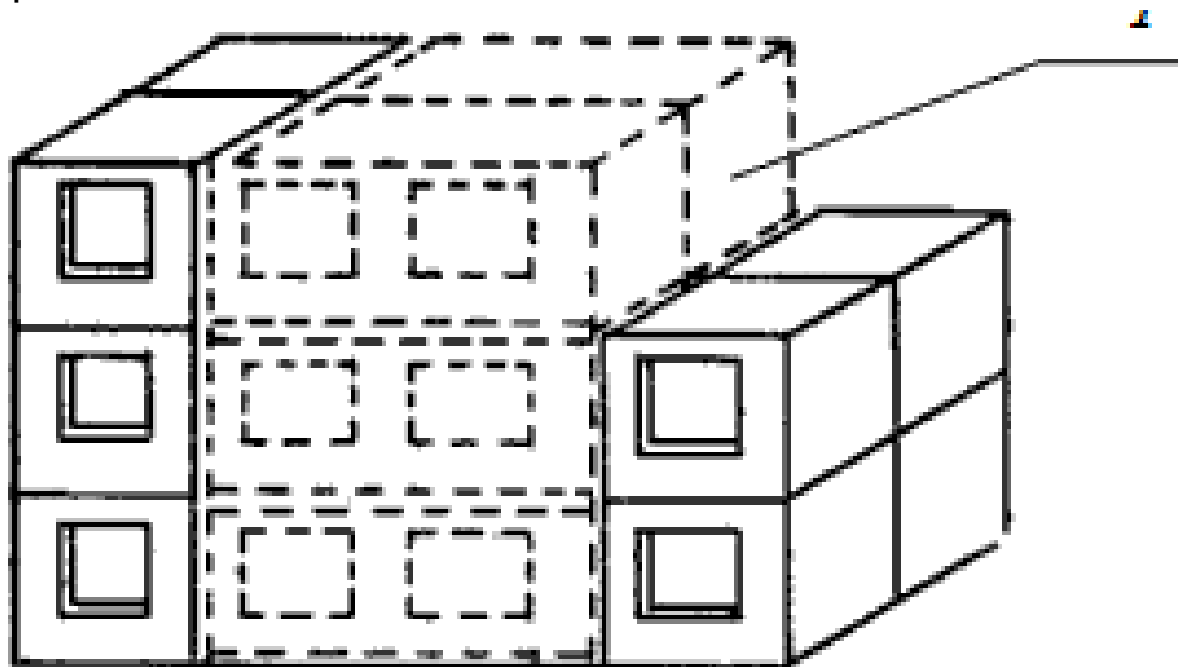


### **Каркасная конструктивная система**

1 – колонны каркаса; 2 – ригели каркаса; 3 – сборный настил перекрытия; 4 – наружная навесная стеновая панель

Каркасный тип здания целесообразен там, где требуются помещения с большой свободной площадью, а также в условиях, когда здание воспринимает большие статические или динамические нагрузки.

**Объемно-блочная система** применяется при проектировании жилых зданий различных типов высотой до 16 этажей. Главное преимущество такой конструктивной системы – сокращение затрат труда при постройке зданий.



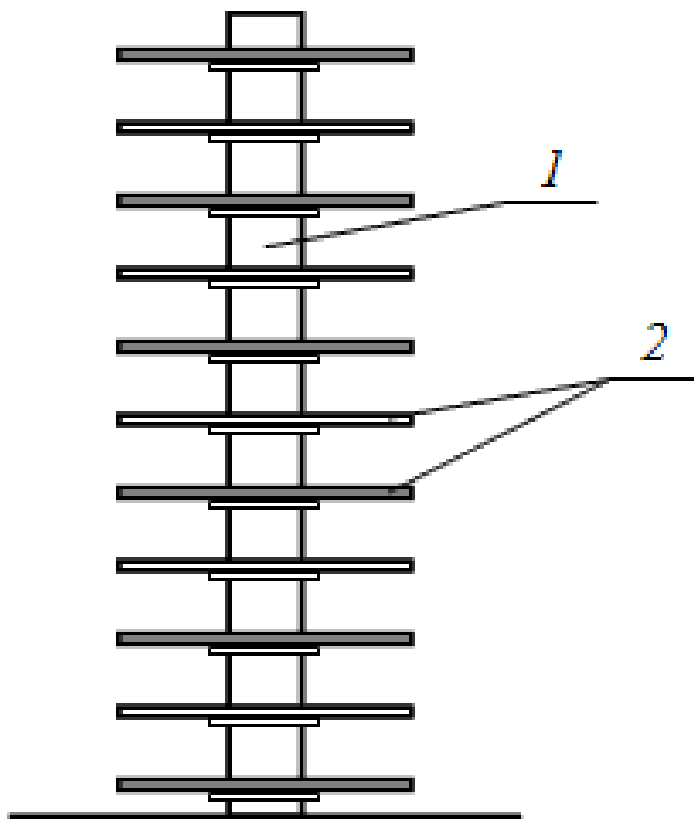
**Объемно-блочная конструктивная система**

1 – монолитный железобетонный объемный блок (размером на комнату)



**Ствольная система** обеспечивает свободу планировочных решений, поскольку пространство между стволом жесткости и наружными ограждающими конструкциями остается свободным от промежуточных опор. Относительно высокая жесткость здания позволяет использовать такую систему при проектировании жилых и общественных зданий, как правило, башенного типа с компактной (квадратной, круглой и т.п.) формой плана, высотой более 20 этажей. Возможно применение ствольной системы и для протяженных зданий, но в этих случаях конструктивная система таких зданий компонуется из нескольких стволов.

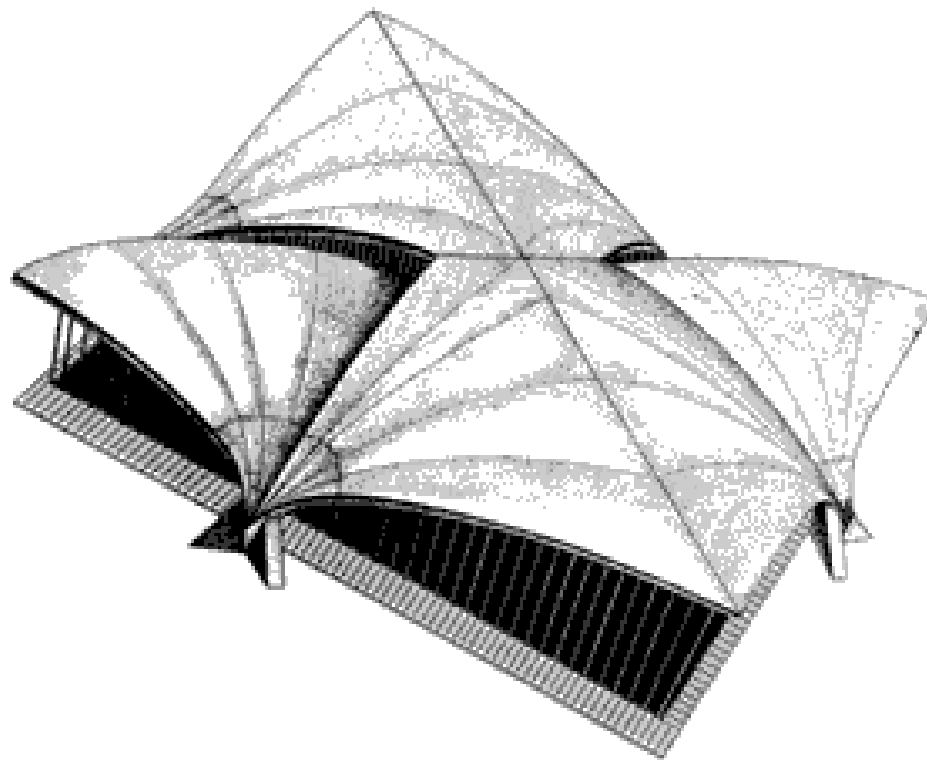
Наиболее целесообразны компактные в плане многоэтажные здания ствольной системы в сейсмостойком строительстве, а также в условиях неравномерных деформаций основания (на просадочных грунтах, над горными выработками и т.п.).



### Ствольная конструктивная система

1 – сборный или монолитный ствол жесткости; 2 – консольные междуэтажные перекрытия

**Оболочковая система** присуща уникальным и высотным (более 40 этажей) зданиям, поскольку обеспечивает существенное увеличение жесткости сооружения. Применение такой системы в качестве основной (а также в комбинации с каркасом) обеспечивает свободу планировочных решений, что позволяет применять ее для жилых и общественных зданий. Однако чаще всего такие здания проектируют многофункциональными. Оболочковая конструкция может совмещать несущие и ограждающие функции или дополняться наружными ограждающими конструкциями.



**Пример здания с оболочковой конструктивной системой**

## 2. Конструктивные схемы

Помимо основных типобразующих признаков конструктивной системы, т.е. несущих вертикальных элементов, существуют дополнительные классификационные признаки внутри каждой из систем. Ими служат геометрические признаки – размещение вертикальных несущих конструкций в плане здания и расстояния между ними. Способ размещения несущих горизонтальных и вертикальных конструкций здания в пространстве называют **конструктивной схемой**.

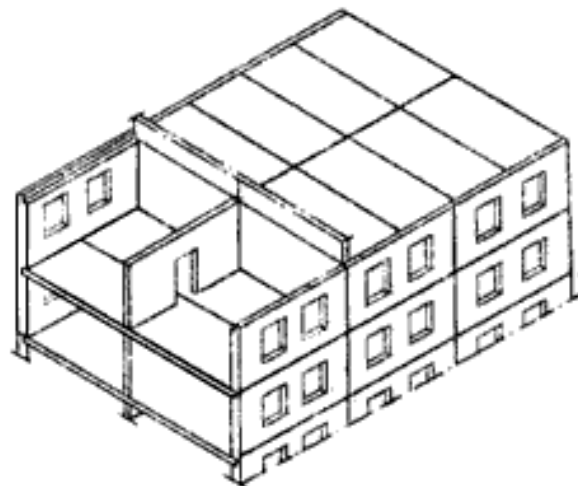
При **бескаркасной (стеновой) конструктивной системе**, исходя из основных геометрических признаков, можно выделить следующие виды конструктивных схем):

- I – *продольно-стеновая*;
- II – *поперечно-стеновая*:
  - а) *с большим шагом несущих стен (2,4 ÷ 4,5 м)*;
  - б) *с узким шагом несущих стен (6,0 ÷ 7,2 м)*;
  - в) *со смешанным шагом*;
- III – *перекрестно-стеновая*.

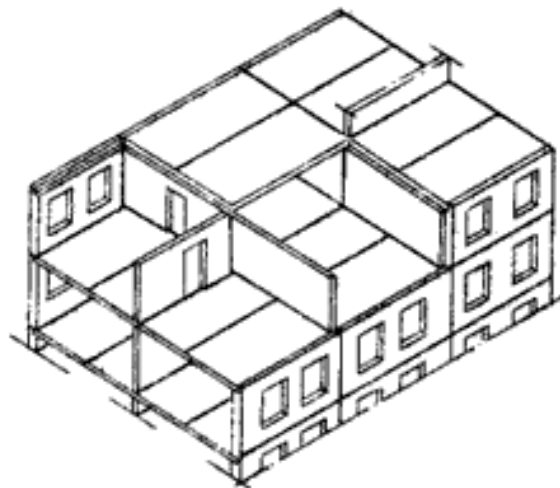
**Продольно-стеновая конструктивная схема** традиционна в проектировании зданий малой, средней и повышенной этажности. Редкое расположение поперечных стен-диафрагм жесткости (через 25– 40 м) обеспечивает свободу планировочных решений в зданиях, поэтому эту схему применяют при проектировании жилых и общественных зданий различного назначения.

**Поперечно-стеновая конструктивная схема** менее гибкая в планировочном отношении, чем продольно-стеновая схема. Поэтому наиболее часто ее применяют при строительстве жилых зданий, реже – массовых типов общественных зданий (детских учреждений, школ и т.п.). Поперечно-стеновая схема (особенно с большим шагом поперечных несущих стен) допускает возможность частичной перепланировки внутреннего объема зданий в процессе эксплуатации, а также размещения небольших встроенных нежилых помещений в первых этажах жилых домов.

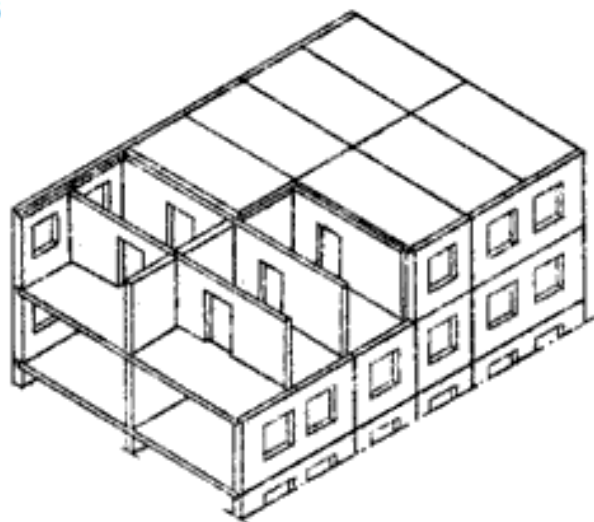
**а**



**б**



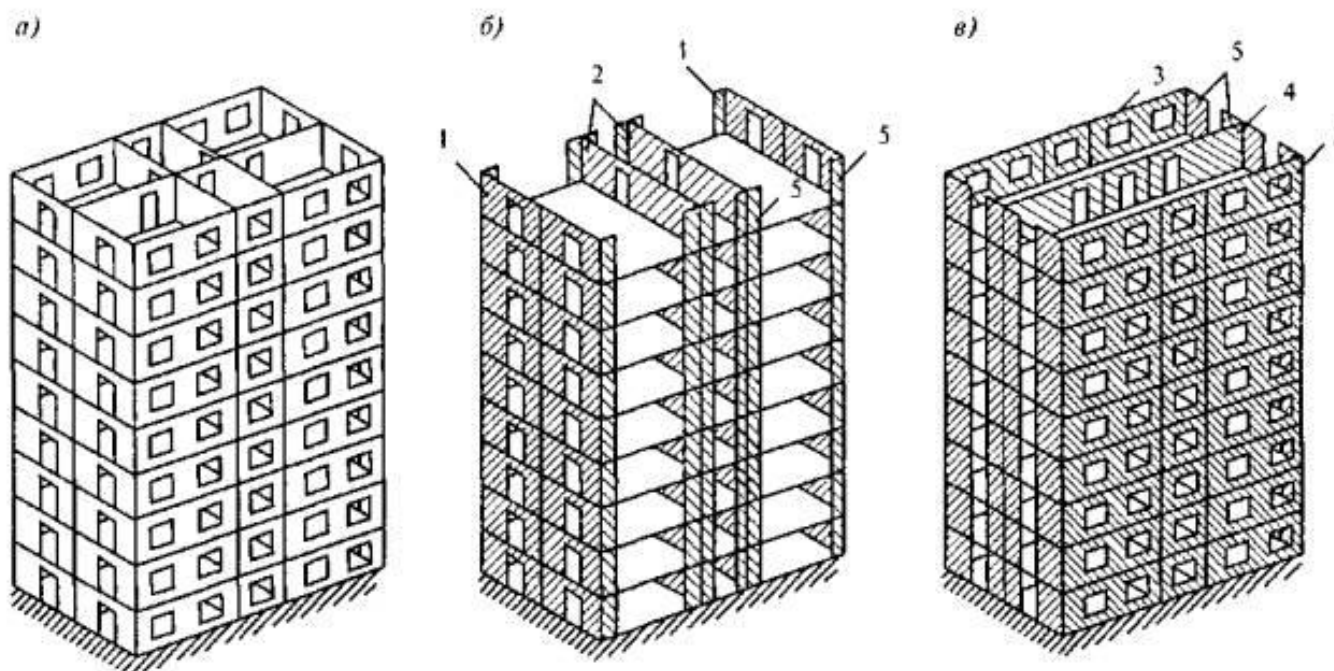
**в**



### **Конструктивные схемы бескаркасных зданий**

*а* – продольно-стеновая; *б* – поперечно-стеновая; *в* – перекрестно-стеновая

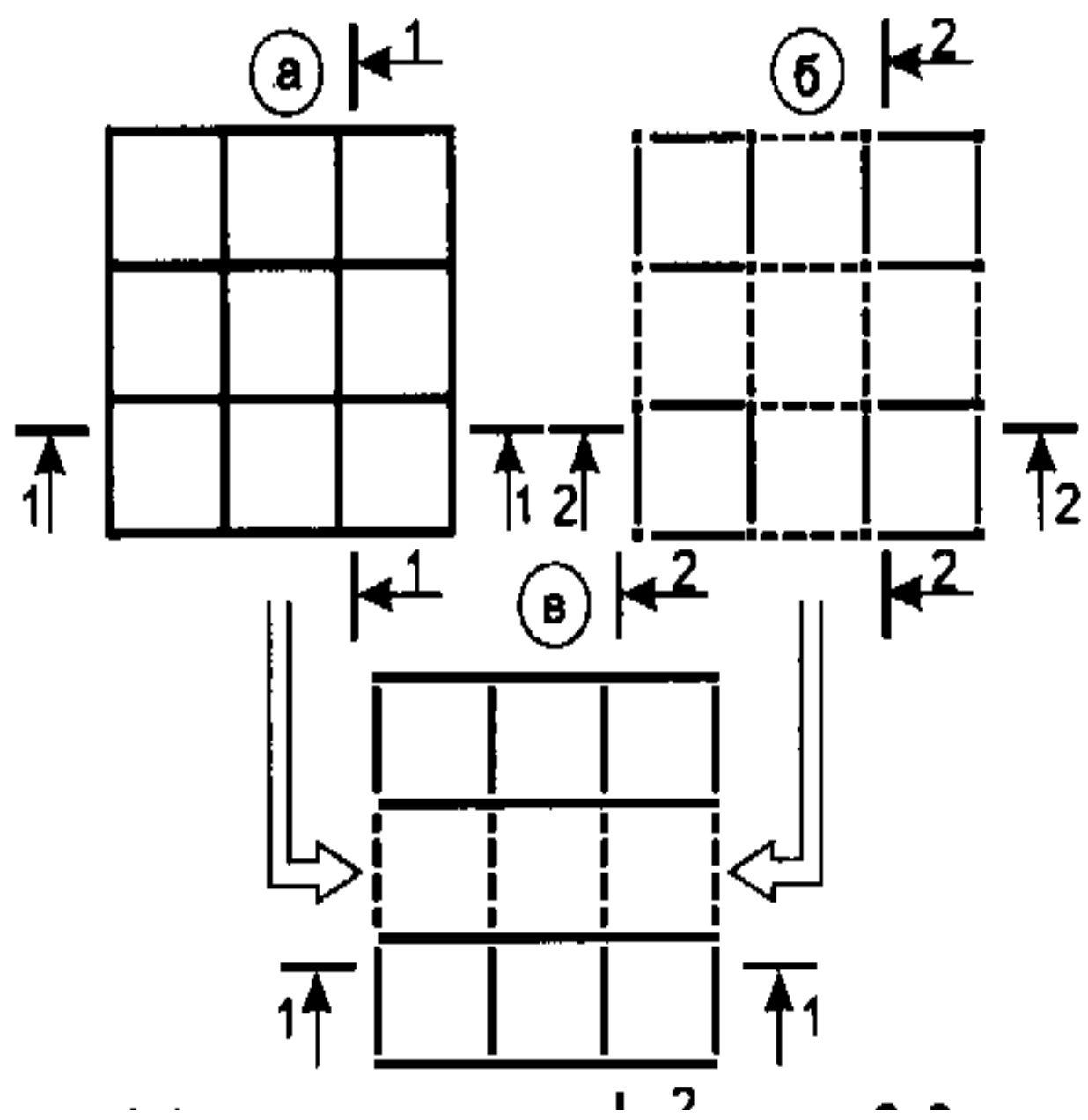
**Перекрестно-стеновой конструктивной схеме** присущи малые размеры конструктивно-планировочных ячеек (около 20 м<sup>2</sup>), что ограничивает область ее применения только жилыми зданиями. Частое расположение поперечных стен делает трансформацию планов зданий трудноосуществимой. Разнообразию планировочных решений в проектировании домов на основе этой схемы способствует использование нескольких размеров шагов поперечных стен (например, 3,0; 3,6 и 4,2 м) в различных сочетаниях. Благодаря высокой пространственной жесткости перекрестно-стеновая схема широко распространена в проектировании многоэтажных зданий, а также зданий, строящихся в сложных геологических условиях, а также в сейсмически опасных районах.

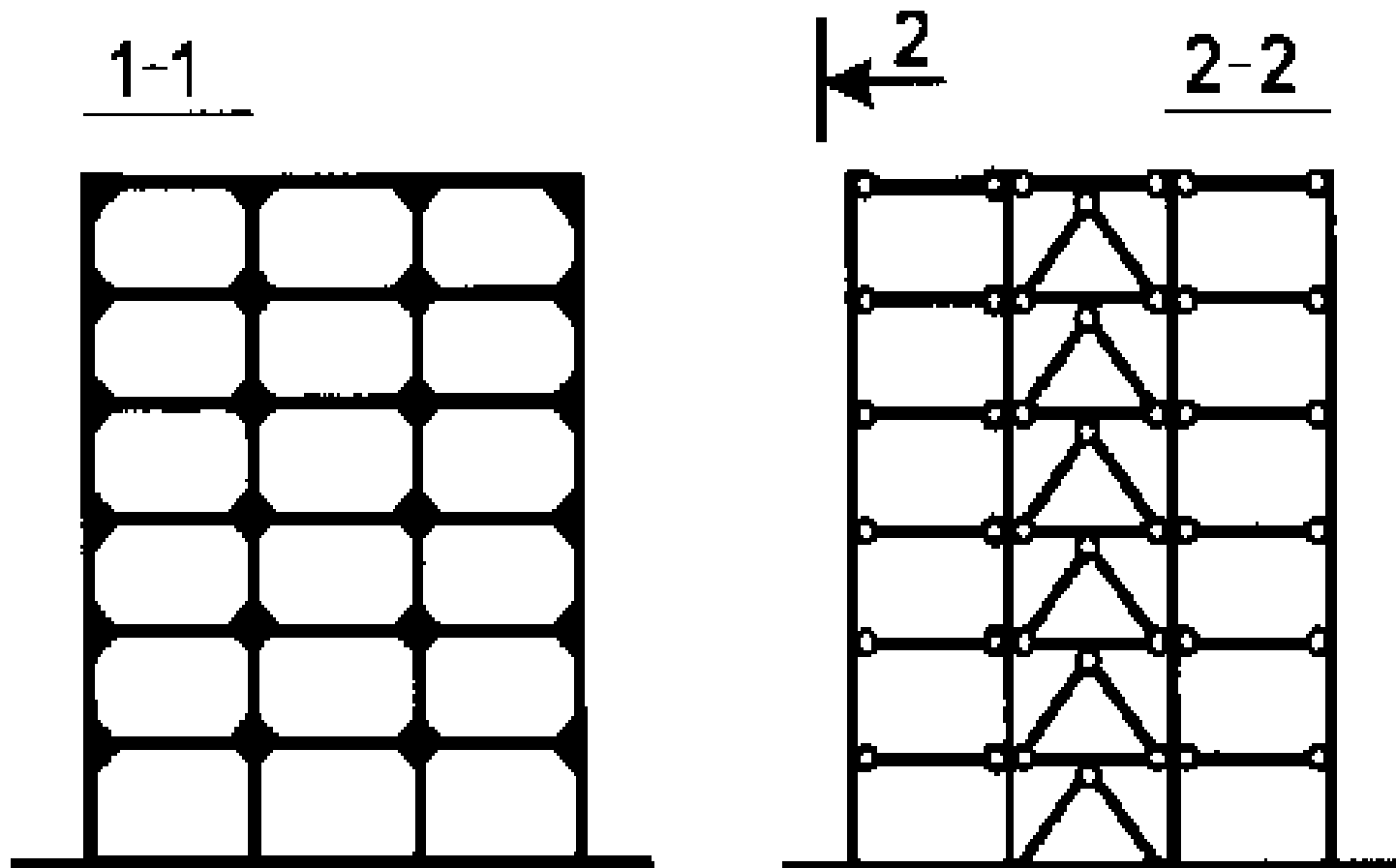


## Каркасные здания по характеру статической работы :

- **рамные** с жестким соединением несущих элементов (колонны, ригели) в узлах в ортогональных направлениях плана здания. Каркас воспринимает все вертикальные и горизонтальные нагрузки
- **связевые** отличаются простотой конструктивного решения соединений колонн с ригелями, дающее подвижное (шарнирное) закрепление. Каркас (колонны, ригели) воспринимает только вертикальные нагрузки. Горизонтальные усилия передают на связи жесткости - ядра жесткости, вертикальные пилоны, стержневые элементы;
- **рамно-связевые** с жестким соединением в узлах колонн и ригелей в одном направлении плана здания (создание рамных конструкций) и вертикальными связями, расставленными в перпендикулярном направлении рамам каркаса. Связями служат стержневые элементы (крестовые, порталные) или стеновые диафрагмы, соединяющие соседние ряды колонн. Вертикальные и горизонтальные нагрузки воспринимаются рамами каркаса и вертикальными пилонами жестких связей.







**Конструктивно-статические типы каркасов (схемы планов и разрезов):**  
 а - рамный; б - связевый; в - рамно-связевый

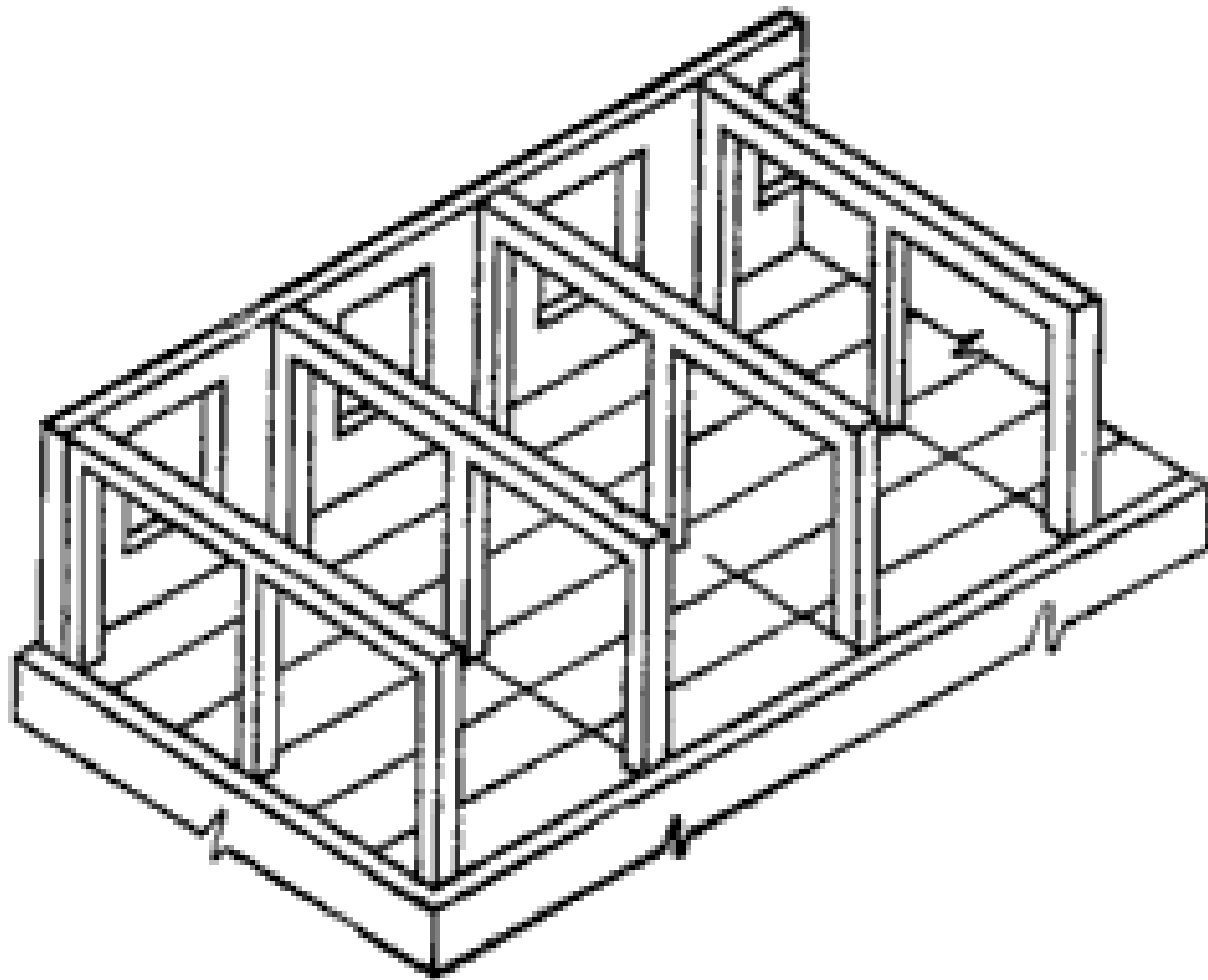
**В каркасных зданиях** применяют четыре конструктивные схемы:

- I – с поперечным расположением ригелей;
- II – с продольным расположением ригелей;
- III – с перекрестным расположением ригелей;
- IV – безригельная.

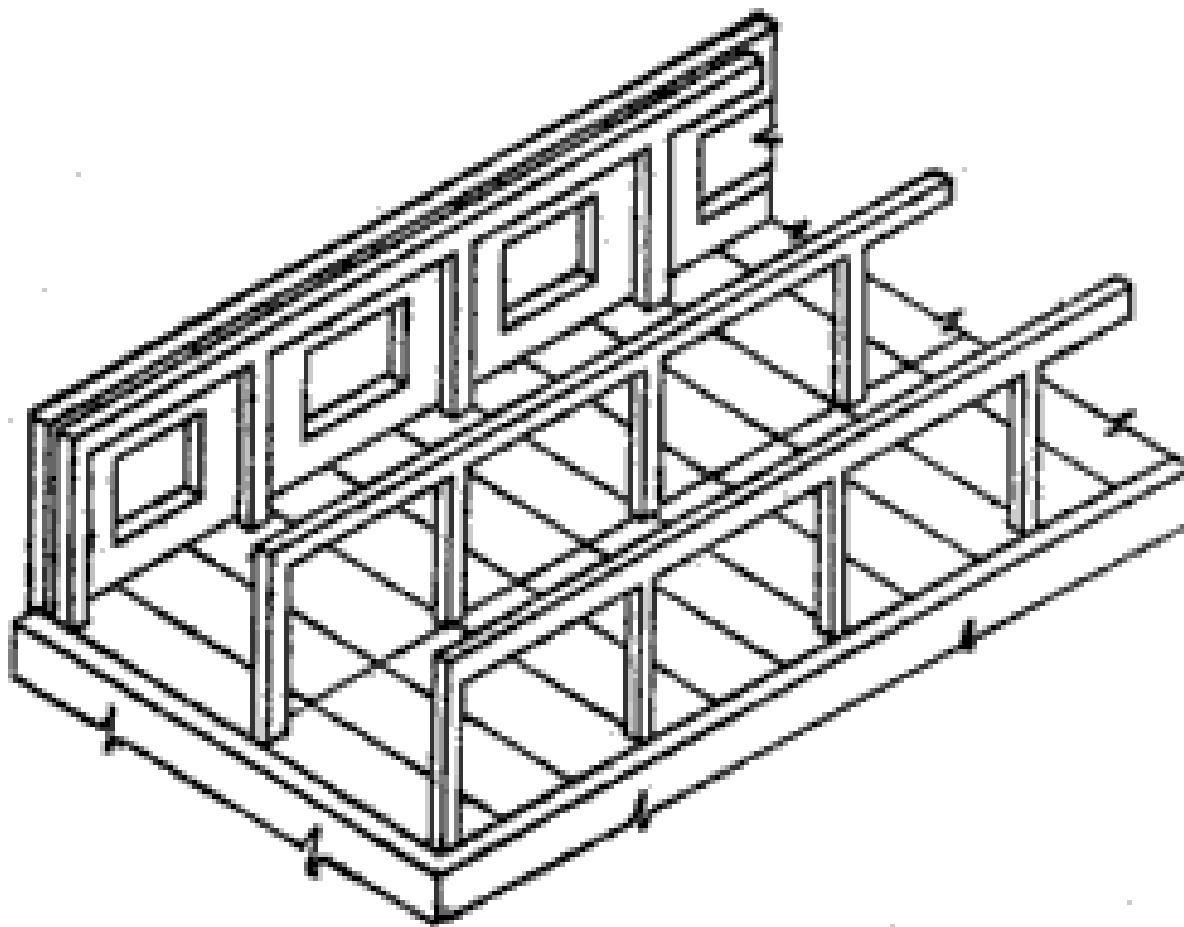
При выборе конструктивной схемы каркаса учитывают как экономические, так и архитектурно-планировочные требования:

- элементы каркаса (колонны, ригели, диафрагмы жесткости) не должны ограничивать свободу выбора планировочного решения;
- ригели каркаса не должны выступать из поверхности потолка в жилых комнатах, а проходить по их границам.

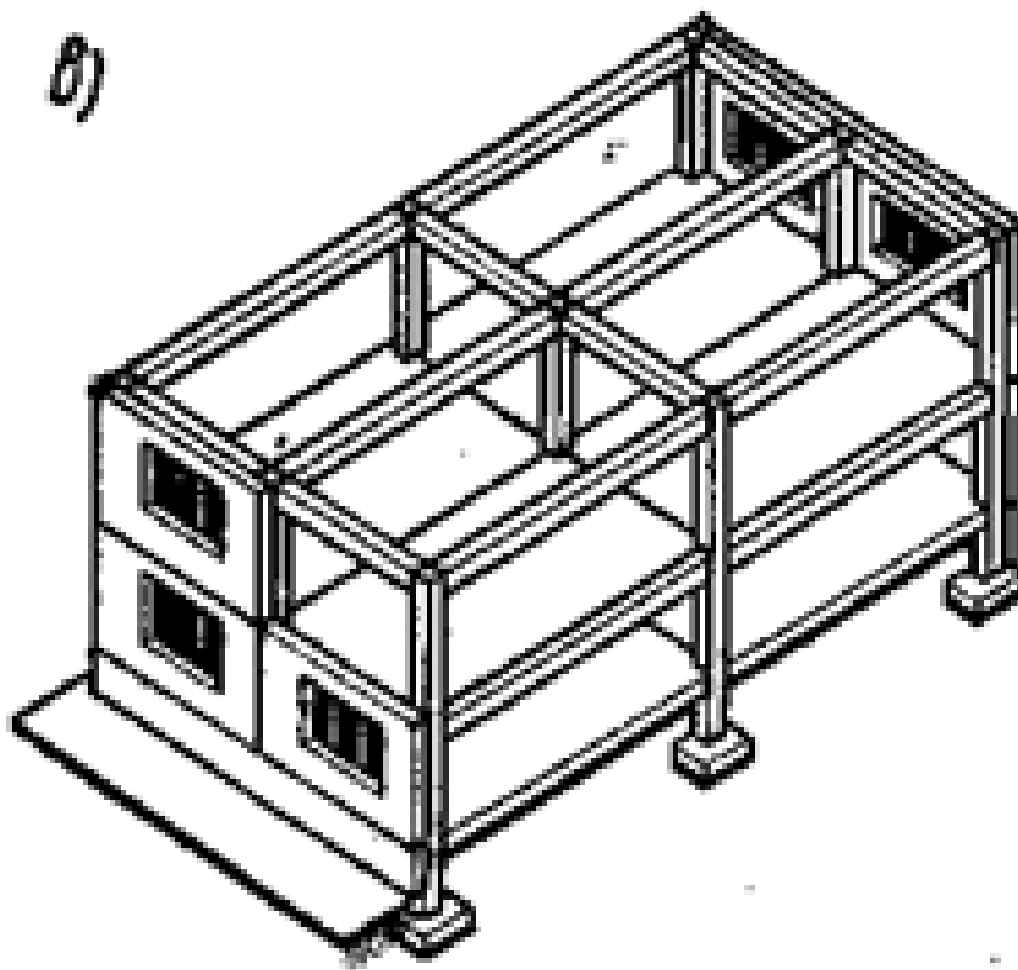
***Каркас с поперечным расположением ригелей*** целесообразен в зданиях с регулярной планировочной структурой (общежития, гостиницы), где шаг поперечных перегородок совмещается с шагом несущих конструкций.



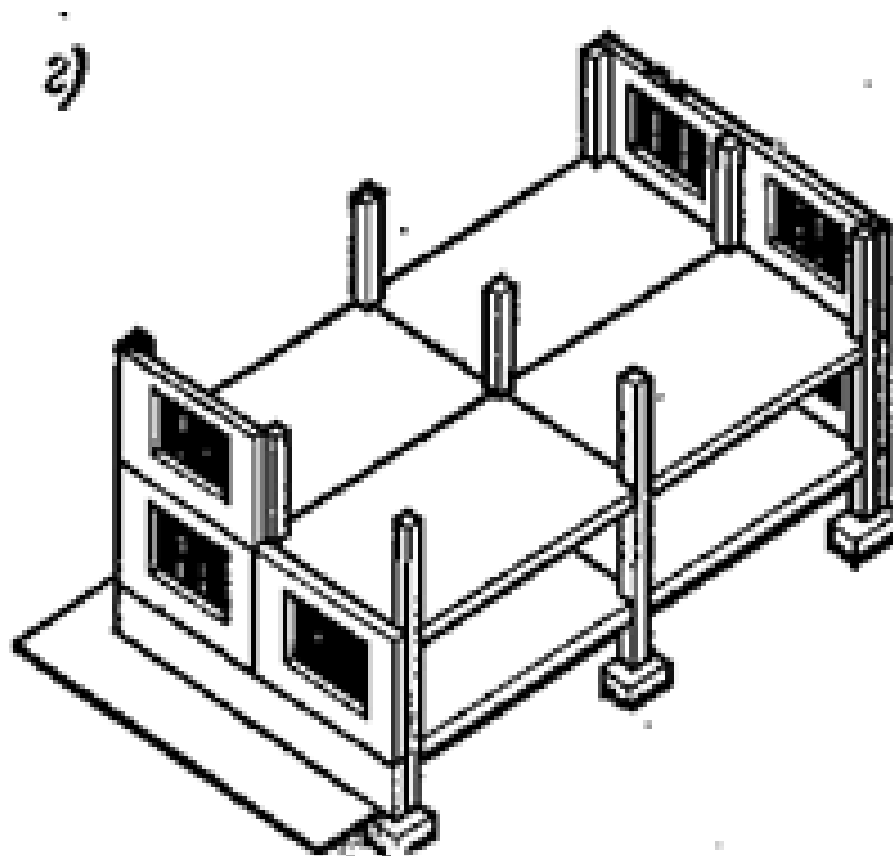
***Каркас с продольным расположением ригелей*** используют в проектировании жилых домов квартирного типа и массовых общественных зданий сложной планировочной структуры, например, в зданиях школ.



***Каркас с перекрестным расположением ригелей*** выполняют чаще всего монолитным и используют в многоэтажных промышленных и общественных зданиях.

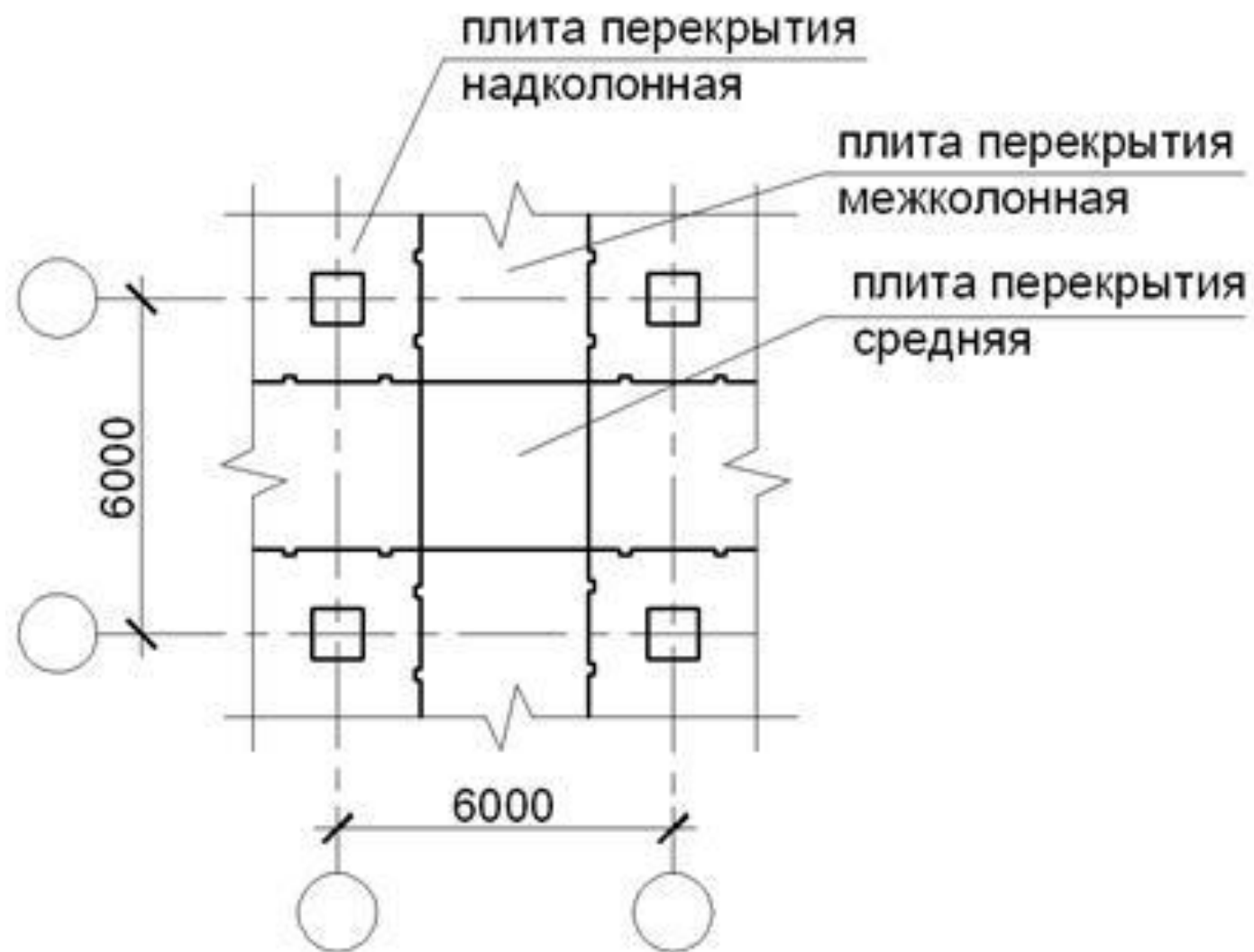


**Безригельный каркас** используют как в многоэтажных промышленных, так и в гражданских зданиях, т.к. в связи с отсутствием ригелей эта схема в архитектурно-планировочном отношении наиболее целесообразна.



В данном случае ригели отсутствуют, а сборный или монолитный диск перекрытия опирается или на капители (уширения) колонн, или непосредственно на колонны .

## Безригельная система КУБ

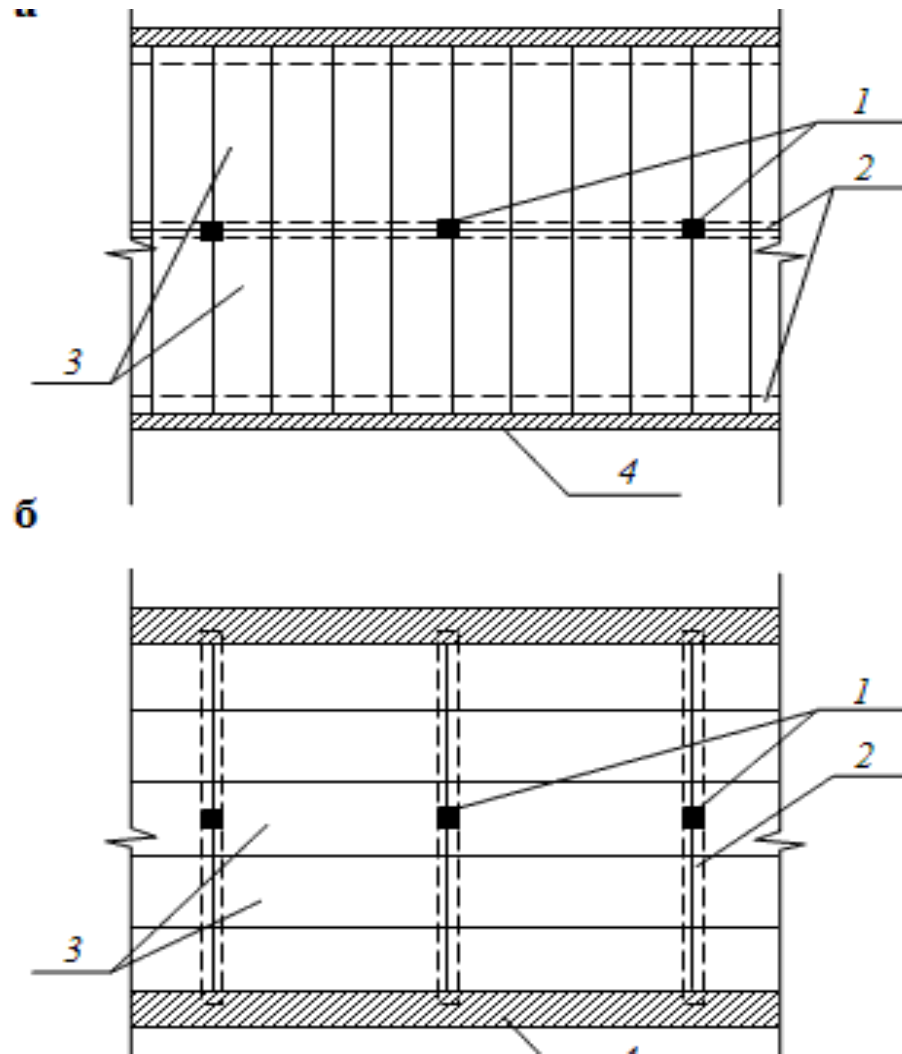






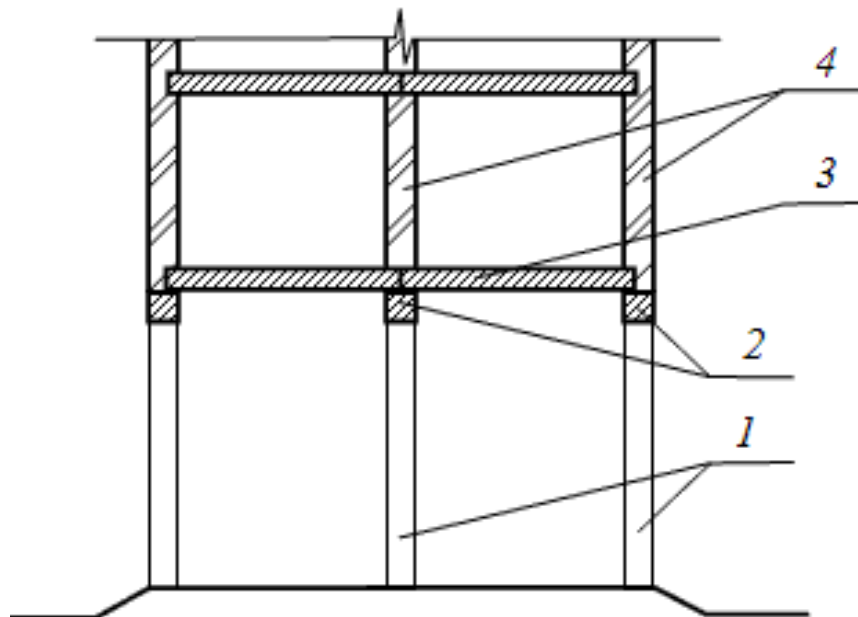
**В комбинированных конструктивных системах** может применяться различное сочетание вертикальных несущих конструкций, которые используются в основных конструктивных системах. На практике наиболее распространены следующие виды конструктивных схем в зданиях с комбинированными системами:

**Конструктивная схема здания с неполным каркасом.** Такую схему выбирают исходя из местных сырьевых и производственных условий применения массивных конструкций наружных стен.



- а – плиты перекрытия опираются на ригели каркаса и на наружную несущую стену;  
 б – ригели каркаса опираются на колонны и на наружную несущую стену  
 1 – колонны каркаса; 2 – ригели; 3 – сборный настил перекрытия; 4 – несущая стена

**Схема, в которой каркас расположен в пределах первого этажа (или нескольких этажей), а выше здание имеет стеновую конструктивную систему.**



**Пример комбинированной конструктивной системы (разрез)**

1 – колонны каркаса; 2 – продольно расположенные ригели; 3 – сборный настил перекрытия;  
4 – несущие стены

### 3. Строительные системы

Конструктивная система и схема не дают сведений о материале. Конструктивной характеристикой решения по материалу является **строительная система**:

Рассмотрим основные виды строительных систем:

**Традиционная** – возведение несущих конструкций методом ручной кладки; кирпичные дома или дома с использованием мелкогабаритных сборных элементов типа стеновых блоков из керамики, легкого бетона или натурального камня. Стены из таких элементов возводятся с взаимной перевязкой швов на цементно-песчаном растворе. Они самоустойчивы и в процессе монтажа не требуют дополнительных монтажных приспособлений. Эта система обладает существенными архитектурными преимуществами – позволяет проектировать здания любой формы с различными высотами этажей и разнообразными по размеру проемами и архитектурными деталями (эркерами, лоджиями и т.д.). Но ручная кладка стен является причиной основных технических и экономических недостатков каменных зданий: трудоемкость возведения и нестабильности прочностных характеристик кладки, подверженных влиянию сезона возведения и квалификации каменщиков.

**Панельная** – несущие элементы выполнены из сборных элементов заводского изготовления – стеновые панели. Как правило, панели железобетонные или из различных легких бетонов (материал конструкции – бетон). В редких случаях панели выполняются в заводских условиях из кирпича с металлическим обрамлением (материал конструкции – камень). Панели обычно выполняют высотой на этаж или в полэтажа. Панели устанавливают на цементно-песчаном растворе без взаимной перевязки швов. Конструкции панелей несамоустойчивы: при возведении

их устойчивость обеспечивают монтажные приспособления, а в эксплуатации – специальные конструкции стыков и связей. Панельная строительная система используется в зданиях до 30 этажей в обычных грунтовых условиях и до 14 этажей в сейсмических районах. Панельные конструкции применяют преимущественно для возведения жилых зданий различного типа, гостиниц, пансионатов, спальных корпусов домов отдыха, для ряда массовых общественных зданий (школ, детских садов, магазинов и т.п.).

**Крупноблочная строительная система** применяется при возведении жилых зданий высотой до 25 этажей. Блоки могут быть различные по массе. Масса сборных элементов составляет 3-5 т при изготовлении блоков из бетона. Установка крупных блоков осуществляется по основному принципу возведения каменных стен. Преимуществами крупноблочных строительных систем являются: простота техники возведения, обусловленная самоустойчивостью блоков при монтаже, возможность широкого применения системы в условиях различной сырьевой базы.

**Каркасно-панельная система** со сборным железобетонным каркасом и навесными стеновыми ограждениями одно или многослойными применяется в строительстве зданий высотой до 30 этажей. Применяют в ограниченном объеме, так как уступает панельной по ТЭП (технико-экономическим показателям).

**Объемно-блочная система** – несущий элемент железобетонный объемно-пространственный блок изготовленный на заводе. Блок массой до 25 т, включает в себе жилую комнату или другой элемент фрагмента здания. Применяют для строительства жилых домов, гостиниц, спальных корпусов домов отдыха и санаториев высотой до 16 этажей в обычных и сложных грунтовых условиях и для жилых домов малой и средней этажности при сейсмичности 7-8 баллов.

**Монолитная и сборно-монолитная система** – все несущие конструкции или их часть выполнены из монолитного железобетона. Монолитные здания, как правило, проектируют бескаркасными, сборно-монолитные – каркасными или бескаркасными. Эту систему применяют преимущественно для возведения зданий повышенной этажности. На архитектурно-планировочное и конструктивное решение монолитных и сборно-монолитных зданий существенное влияние оказывает применяемый метод бетонирования конструкций:

Монолитные здания по материалу несущих конструкций и несуще-ограждающих конструкций можно классифицировать на четыре большие группы:

- **цельно-монолитные здания** - все несущие конструкции выполняют из монолитного железобетона. Несущие и самонесущие ограждающие конструкции (стены, могут быть выполнены из любых, в том числе и традиционных материалов).
- **сборно-монолитные здания и здания с несъемной опалубкой** - несущие конструкции представляют собой сочетание монолитного железобетона и несущих или формообразующих элементов полной заводской готовности.
- **каменно-монолитные (кирпично-монолитные) здания** - несущие ограждающие конструкции (стены) выполняют из традиционных мелкоштучных материалов.
- **стале-железобетонные здания** - несущие элементы представляют собой комбинированные конструкции, например, такие как трубобетон, элементы с жесткой арматурой, монолитные перекрытия по металлической балочной клетке, рассчитанные на совместную работу..

Здания из монолитного бетона отличаются разнообразием архитектурно-планировочных решений и композиционных решений (при использовании новых отделочных материалов). По жесткости они одинаковы или превосходят панельные, поэтому их применяют в сложных

грунтовых условиях и в условиях сейсмике до 20 этажей, а в обычных условиях в зданиях до 25 этажей.

### **Основные достоинства монолитных зданий являются:**

– Повышенная надежность, связанная с тем, что монолитное здание всегда представляет собой много раз статически неопределимую систему и потеря отдельных элементов не превращает его в мгновенно-изменяемую конструкцию. Недостатком такой конструктивной схемы являются ограниченные размеры в плане температурно- деформационного блока по сравнению со связевыми системами.

– Повышенная долговечность железобетона по сравнению с другими традиционными материалами

– Регулируемая огнестойкость (за счет защитного бетонного слоя арматуры).

– Отсутствие ограничений по форме здания в плане.

– Произвольное расположение несущих конструкций. Ограничение шага несущих конструкций, размеров элементов связано только с конструктивными и экономическими соображениями, а также с возможностями применяемой опалубки.

– Повышенная готовность качественно выполненных конструкций к отделочным работам, включая отсутствие монтажных стыков, строповочных элементов и «идеальной» поверхности, соответствующие качеству поверхности опалубки.

Многообразие архитектурно-планировочных решений требует определенных условий к конструкциям зданий, к шагу опор, к оптимизации их сечений.

Монолитные дома выполняют в различных вариантах конструктивных систем. Наиболее распространенные системы, применяемые в жилищном строительстве это:

- стеновая система с малым или широким шагом поперечных несущих стен;
- каркасная безригельная система;



- система с несущими пилонами с устройством ригелей или без них;
- в случае устройства в нижних этажах жилых зданий помещений общественного назначения (спортивные, торговые...) возможно применение безбалочной системы коробчатого типа

**Каркасная система с металлическим каркасом** и навесными стеновыми ограждениями одно или многослойными применяется в строительстве зданий общественного назначения в районах с ограниченным производством железобетонных конструкций и в труднодоступных районах.

**Строительная система зданий с несущими конструкциями из дерева и пластмасс** применяется при возведении жилых общественных зданий до 2-х этажей. Существует несколько строительных систем с несущими стенами или каркасом из дерева

**Традиционная** – с несущими стенами из уложенных по периметру стен горизонтальных рядов бревен.

**Индустриальные системы:**

- *брусчатая* – с несущими стенами из брусьев квадратного или прямоугольного сечения;
- *каркасная* – с заполнением пространства между стойками утеплителем и обшивками на постройке (каркасно-обшивная) или щитами заводского производства (каркасно-щитовая);
- *бескаркасные* - щитовая и панельная.

Эти системы имеют ограниченное применение только в районах, богатых лесом.

## 4. Обеспечение пространственной жесткости зданий

Здание в целом и отдельные его элементы, подвергающиеся воздействию различных нагрузок, должны обладать:

- прочностью, которая определяется способностью здания и его элементов не разрушаться от действия нагрузок;
- устойчивостью, обусловленной способностью здания сопротивляться опрокидыванию при действии горизонтальных нагрузок;
- пространственной жесткостью, характеризующейся способностью здания и его элементов сохранять первоначальную форму при действии приложенных сил.

**Общая устойчивость и пространственная жесткость** здания зависят от взаимного сочетания и расположения конструктивных элементов, прочности узлов соединений и т.д.

В зданиях с **несущими стенами** пространственная жесткость обеспечивается:

- внутренними поперечными стенами, в том числе и стенами лестничных клеток, соединяющимися с продольными наружными стенами;
- междуэтажными перекрытиями, связывающими стены и расчленяющими их по высоте на ярусы.

В **каркасных зданиях** пространственная жесткость обеспечивается:

- совместной работой колонн, ригелей и перекрытий, образующих геометрически неизменяемую систему;
- устройством между стойками каркаса специальных стенок жесткости;
- стенами лестничных клеток, лифтовых шахт;
- укладкой в перекрытии настилов-распорок;
- надежными соединениями узлов.

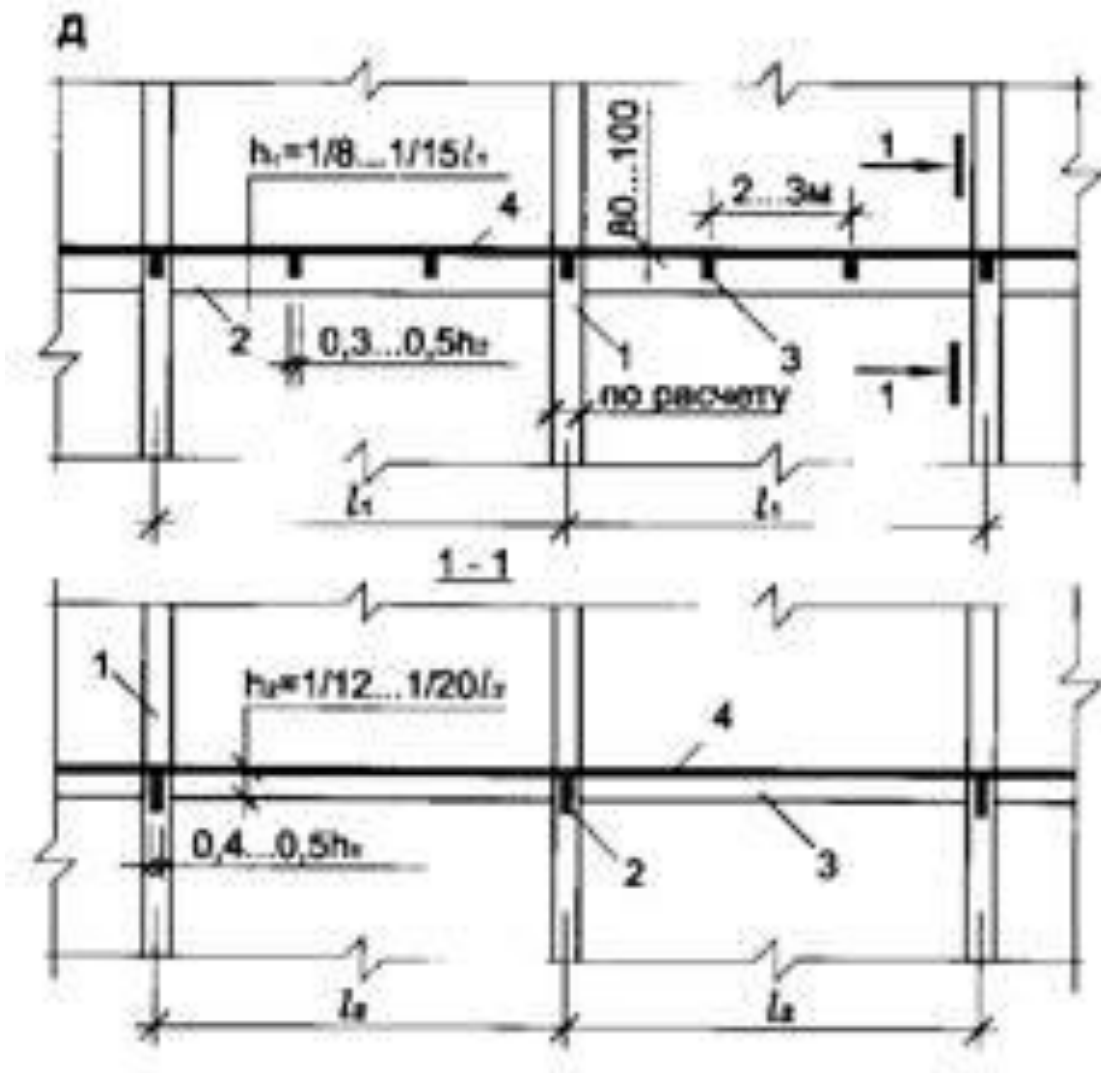
## **5. Конструктивное решение многоэтажного жилого здания**

Планировочная и конструктивная схемы зданий должны быть рассчитаны на модульной основе. Планировочные размеры следует принимать 3х6 м, 6х6 м, 6х 7,2 м, 7,2х 7,2 м, 6 х 9 м.

Для стен и перегородок желательно применять кирпич, бетонные блоки, гипсокартон со звукоизоляцией. Толщина наружных стен принимается исходя из теплотехнического расчета.

Лестничные клетки проектировать с естественным освещением через проемы в наружных стенах (кроме лестниц подвалов). Световые проемы должны иметь площадь не менее 1,2 м<sup>2</sup>.

Монолитные железобетонные каркасы  
с главными и второстепенными балками



1 - колонна; 2 - главная балка; 3 - второстепенная балка; 4 - монолитная плита перекрытия

Монолитные каркасы проектируют рамными или рамно-связевыми (с устройством монолитных диафрагм жесткости).

В зависимости от решения ригелей (балок) монолитные каркасно-ригельные системы могут быть двух типов:

- с главными и второстепенными балками в разных направлениях;
- с балками одинакового значения в двух или трех направлениях (с перекрытиями кессонного типа).

В первом типе каркаса второстепенные балки опираются на монолитно связанные с ними главные балки, а те, в свою очередь, - на колонны (см. рис.). Компоновка второстепенных и главных балок в плане может быть различной (при продольном или поперечном их расположении). При выборе направления главных балок учитывают назначение здания, пространственную жесткость каркаса и др. требования.

Пролеты главных балок 6-9 (12) м, высота поперечного сечения  $1/8-1/15$  от пролета, а ширина - 0,4-0,5 высоты.

В каждом пролете главной балки располагают от одной до трех второстепенных балок. По осям колонн также располагают второстепенные балки. Их пролеты - 5-7 м, высота поперечного сечения -  $1/12-1/20$  от пролета, ширина - 0,4-0,5 от высоты.

Пролеты монолитной плиты перекрытия равны шагу второстепенных балок и составляют 2-3 м, а толщина плиты, в зависимости от нагрузки, выбирается в пределах  $1/25-1/40$  пролета и чаще всего составляет 80-100 мм

**В безригельной каркасной конструктивной системе** колонны объединены монолитной плитой перекрытия, армированной межколонными и надколонными сетками, рассчитанными на усилия от продавливания.

Безригельные каркасы в архитектурном отношении имеют значительные преимущества:

- плоские перекрытия имеют общую высоту в 2-3 раза меньшую, чем перекрытия в каркасно-ригельных системах;
- перекрытия с гладкими потолками способствуют применению свободной планировки и трансформации помещений путем устройства мобильных перегородок, не связанных жестко с перекрытиями;
- консольные участки перекрытий по периметру позволяют выполнять более сложные конфигурации фасадных плоскостей, устраивать лоджии, террасы, веранды без дополнительных конструктивных элементов;
- наличие гладкого потолка позволяет отказаться от дорогостоящих подвесных потолков.

Система безригельного каркаса позволяет свободно производить трансформацию помещений, объединять помещения на этаже.

Недостатком является несколько увеличенная толщина плиты перекрытия по сравнению с балочной системой. Для уменьшения толщины плиты перекрытия над помещениями могут выполняться выступающими прямоугольными капителями. Традиционные пирамидальные капители в современном монолитном строительстве не применяют в связи со сложностью изготовления и монтажа опалубки

**Монолитные безригельные каркасы** проектируют на основе квадратной или прямоугольной сетки колонн, при этом соотношение между большим и меньшим пролетами ограничивается как 4/3. Наиболее рациональна квадратная сетка колонн 6х6 м.

**Конструктивную систему с плоскими пилонами** решают как с устройством ригелей, так и без них. Так же как и каркасная система, решения зданий с пилонными стенами обладают достаточной свободой в решениях планировочного пространства, но и имеют ряд недостатков

- колонны заменены плоскими участками стен, развитыми в длину;
- при ригельной системе появляются в интерьерах помещений выступающие балки.

Пилонная система дает возможность применять её при возведении как нижних нежилых, так и верхних жилых этажей многоэтажных зданий.

Армирование плоских пилонов осуществляют в основном отдельными стержнями с замкнутыми хомутами. В перекрытиях предусматривается армирование, усиливающее его надпорную часть дополнительными сетками или пространственными каркасами

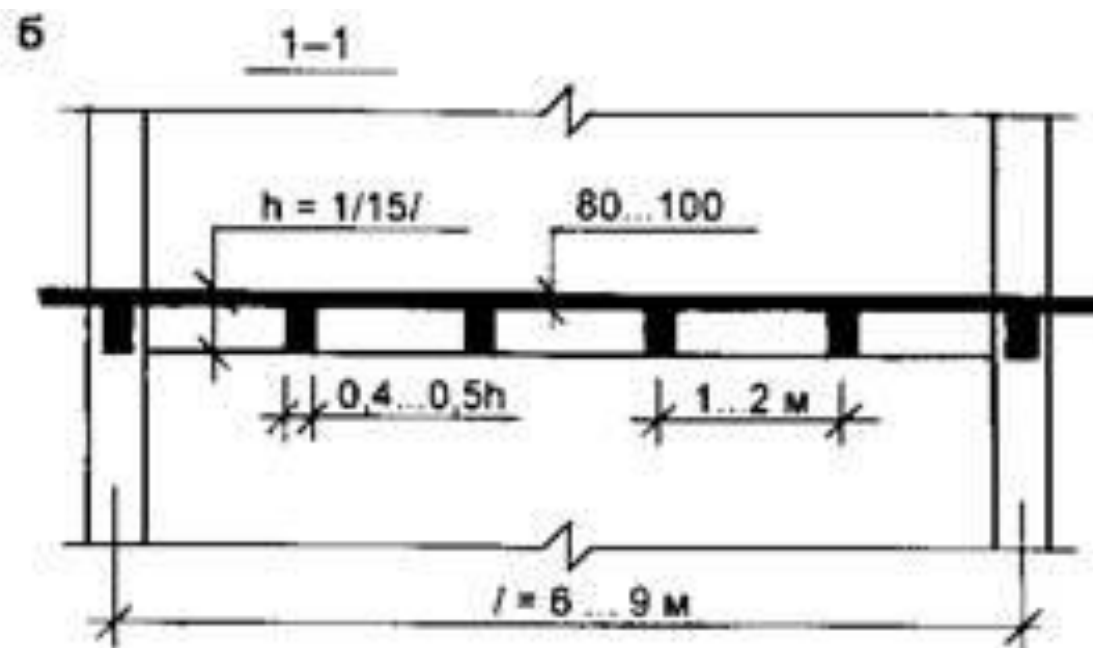
**Каркасная система с плоским перекрытием коробчатого типа** — применяют сетке колонн больших размеров (7.2x7.2 м. или 9.0x9.0 м). Перекрытие представляет собой плоскую плиту толщиной порядка 400 мм (в зависимости от размеров сетки колонн) с вкладышами из теплоизоляционных плитных материалов (пенополистирол, минераловатные плиты и пр.), расположенными так, что между ними образуется система скрытых перекрестных балок (ребер). Ширину основных несущих скрытых ребер-балок задают порядка 400 мм., а второстепенных - 120-150 мм.

Толщину нижней полки плиты принимают - 50 мм. Толщина верхней полки плиты, в которой прокладывают скрытую электропроводку, составляет не менее 60 мм. Верхнюю и нижнюю полки перекрытия армируют конструктивными сетками, ребра балки армируют сварными пространственными каркасами или отдельными стержнями связанными замкнутыми хомутами.

Такая конструкция перекрытия достаточно проста в изготовлении, имеет большую несущую способность, а также хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства.



**Каркасная система с кессонным перекрытием.** Такую систему применяют при сетке колонн больших размеров, когда не предъявляют высоких тепло- звукоизоляционных требований к перекрытиям, например, в покрытиях встроенно-пристроенных помещений нежилого назначения. Отличается высокой архитектурной выразительностью. Представляет собой ребристую плиту с частым шагом продольных и поперечных ребер одной высоты. Как правило, геометрия ребер близка к квадрату с шагом в 1,0-2,0 м- кессонные панели плиты перекрытия. Армирование балок выполняют отдельными стержнями, соединяемыми гнутыми замкнутыми хомутами. Верхнюю полку плиты перекрытия армируют сварными сетками или отдельными хомутами. Толщина полки плиты - 80 - 100 мм.



## ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ

В зависимости от назначения различают следующие **деформационные швы**:

- *усадочные,*
- *температурные,*
- *осадочные*
- *антисейсмические.*

**Усадочные швы.** В монолитных бетонных или железобетонных стенах при схватывании (твердении) бетона происходит уменьшение его объема, так называемая усадка, которая влечет за собой появление трещин. Поэтому в зданиях с такими стенами делают швы независимо от колебаний температуры воздуха, которые называются усадочными.

**Температурные швы.** При значительных изменениях температуры наружного воздуха в зданиях, имеющих большую длину, происходят деформации. Летом от нагревания здания удлиняются и расширяются, а зимой при охлаждении сокращаются. Эти деформации небольшие, но они могут привести к появлению трещин. Во избежание этого здания расчленяются температурными швами, перерезывающими их поперек или вдоль по всей высоте до фундаментов. В фундаментах температурные швы не устраиваются, так как они, находясь в грунте, не подвержены значительным изменениям температуры воздуха. Температурные швы должны обеспечивать горизонтальное перемещение отдельных частей здания, которые они разъединяют.

Расстояние между температурными швами колеблется в весьма широких пределах (от 20 до 200 м).

**Осадочные швы.** Во всех случаях, когда можно ожидать неравномерную и неодинаковую по величине и времени осадку смежных частей здания, устраивают осадочные швы. Такая осадка может быть, например:

а) на границах участков с разной нагрузкой на основание вследствие различных нормативных нагрузок или при различной этажности здания (при разнице высот более 10 м или более 3 этажей);

б) на границах участков с разнородным основанием (песчаные грунты дают небольшую и кратковременную осадку, а глинистые - большую и длительную);

в) на границах участков с разной очередностью возведения отсеков здания (обжатые и необжатые грунты);

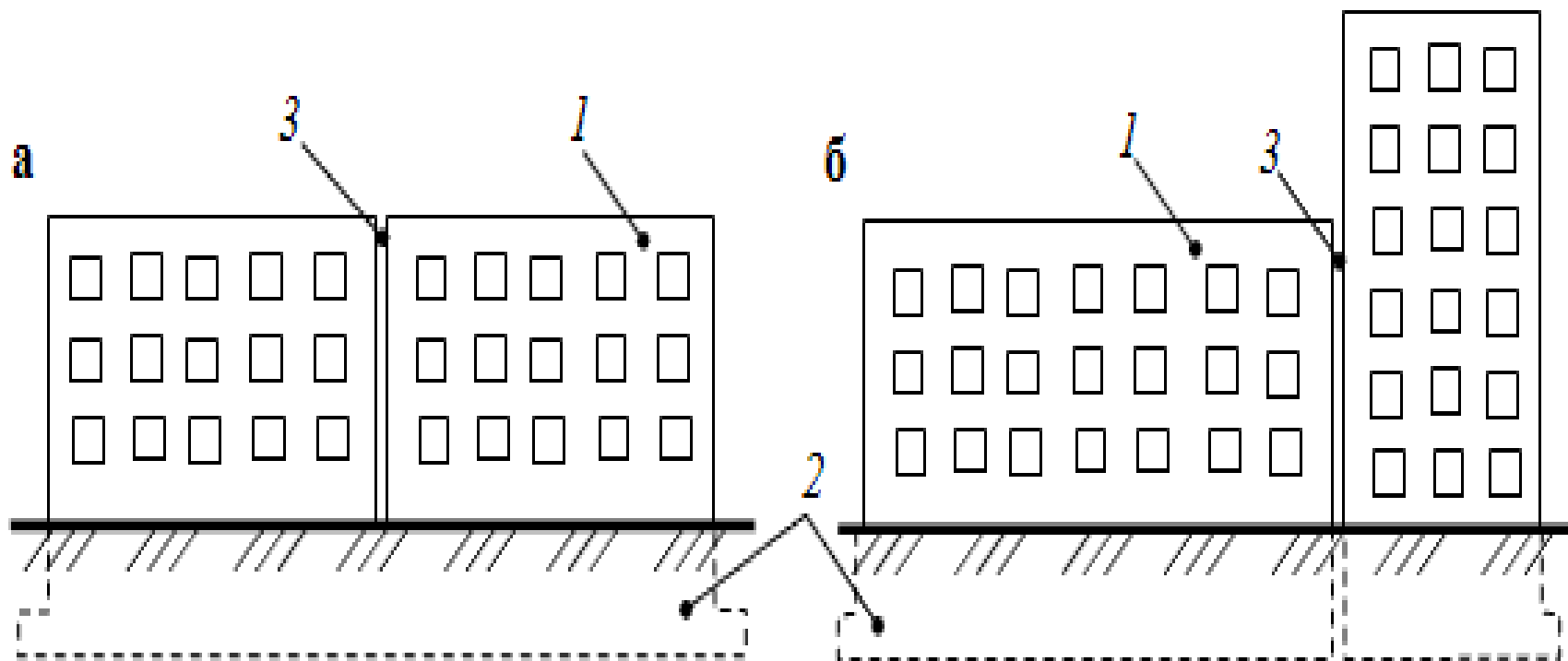
г) в местах примыкания вновь возводимых стен к существующим;

д) при сложной конфигурации здания в плане;

е) в некоторых случаях при динамических нагрузках.

Конструкция осадочного шва должна обеспечивать свободу вертикального перемещения одной части здания относительно другой, поэтому осадочные швы в отличие от температурных устраивают не только в стенах, но и в фундаменте здания, а также в перекрытиях и крыше. Таким образом, осадочные швы прорезают здание насквозь, разделяя его на отдельные части.

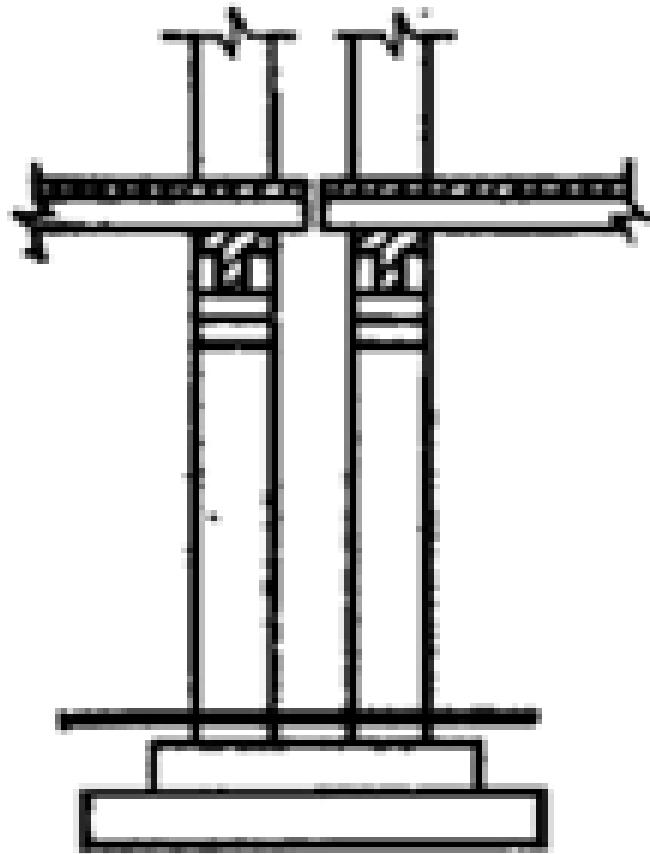
Если в здании необходимы температурные и осадочные швы, то они обычно совмещаются и тогда называются температурно-осадочными. Температурно-осадочные швы должны обеспечивать горизонтальное и вертикальное перемещение частей зданий. Они могут быть температурно-осадочными и только осадочными швами.



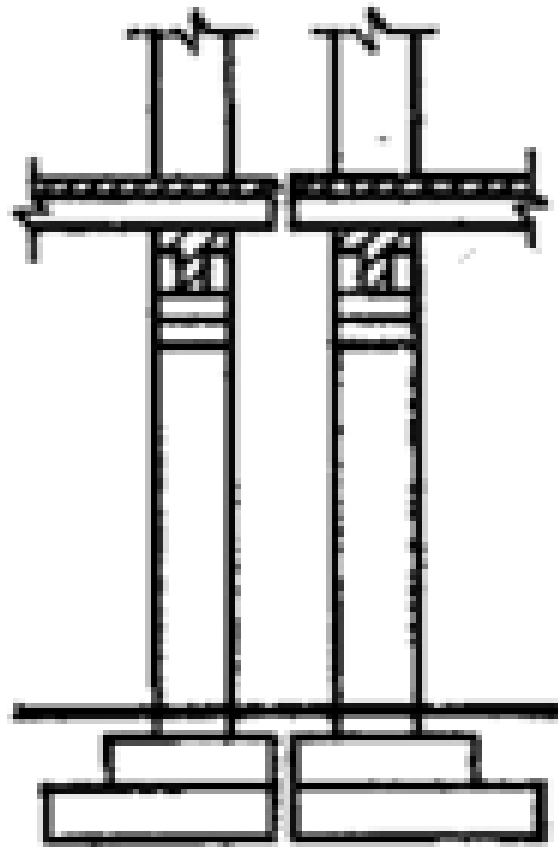
**Антисейсмические швы.** В районах, подверженных землетрясениям, здания для независимой осадки их отдельных частей разрезают на отдельные отсеки антисейсмическими швами. Эти отсеки должны представлять собой самостоятельные устойчивые объемы, для чего по линиям антисейсмических швов располагаются двойные стены или двойные ряды несущих стоек, входящих в несущий остов соответствующего отсека. Эти швы проектируются в соответствии с указаниями

Антисейсмические швы могут совмещаются с температурными при необходимости последних

a)



b)



Конструкции	Наибольшие расстояния, м, между температурно-усадочными швами, допускаемые без расчета, для конструкций, находящихся		
	внутри отапливаемых зданий или в грунте	внутри неотапливаемых зданий	на открытом воздухе
1. Бетонные:			
а) сборные	40	35	30
б) монолитные:			
при конструктивном армировании	30	25	20
без конструктивного армирования	20	15	10
2. Железобетонные:			
а) сборно-каркасные:			
однэтажные	72	60	48
многоэтажные	60	50	40
б) сборно-монолитные и монолитные:			
каркасные	50	40	30
сплошные	40	30	25

## **Конструктивные требования к компоновке монолитных зданий**

Выбор реальных характеристик материалов, назначение опалубочных размеров элементов объекта, компоновка конструктивной схемы здания на стадии эскизного проектирования - задача, требующая опыта и знания определенных статических данных. В этом случае приходят на выручку типовые решения, нормы и ранее выполненные объекты-аналоги.

*Принципы обеспечения пространственной жесткости и устойчивости несущих конструкций монолитных зданий.*

**Наибольшие расстояния между температурно-усадочными швами** (размеры блока, секции), применяемые без расчета на основе СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции, назначают:

*-для каркасных зданий - 50 м.*

*-для зданий стеновой конструктивной системы - 40 м.*

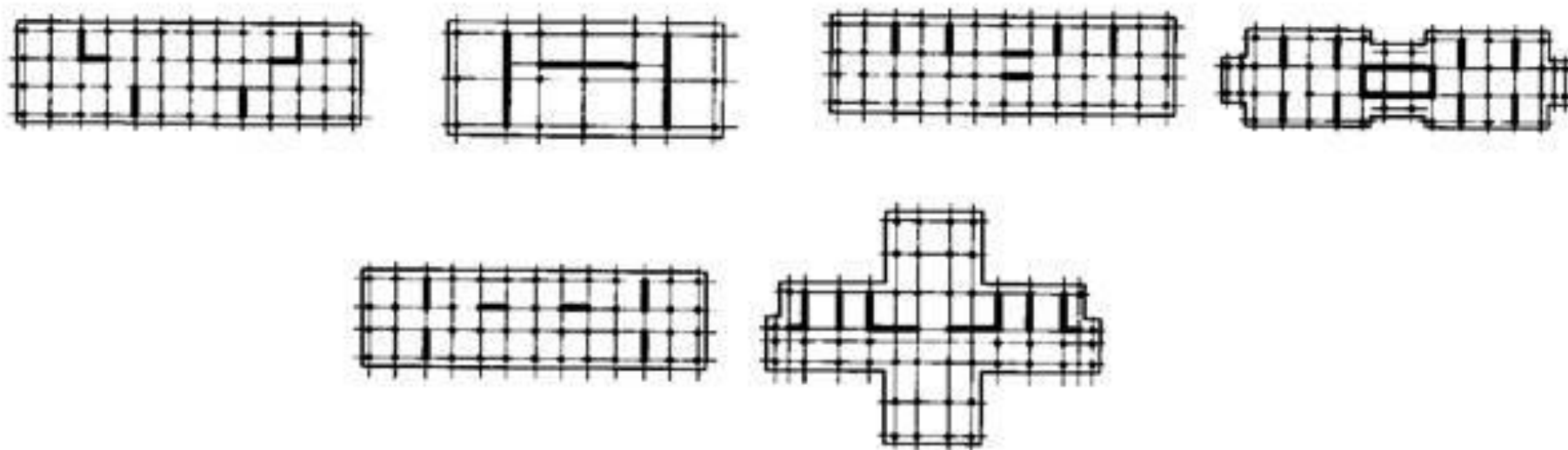
**Жесткость монолитных зданий с несущими стенами** (перекрестно-стеновая система) на стадии компоновки считается обеспеченной и не требует специальной проработки.

Каркасы монолитных зданий в направлении главных балок считаются рамными и жесткость в этом направлении обеспечивается за счет создания рамных узлов между колоннами и ригелями. Здания не имеющие в одном или двух направлениях главных балок, имеют значительно менее жесткое сопряжение плиты с колонной и требуют установки в этих направлениях дополнительных элементов жесткости (связей и диафрагм). Эту роль могут выполнять как отдельные стоящие монолитные стены (диафрагмы), пилоны, так и замкнутые ядра жесткости из стен лестничных клеток, лифтовых и коммуникационных шахт.

**Центральное ядро жесткости** имеет конструктивное преимущество при сопротивлении ветровым нагрузкам. При ядре жесткости компонуют следующие планировочные элементы здания: *эвакуационные лестницы, вертикальный транспорт (лифты), вентиляционные камеры, электрические шкафы, стояки отопления, вентиляции и канализации.*

**Общая устойчивость здания** обеспечивается совместной работой горизонтальных дисков перекрытий и вертикальных диафрагм жесткости. Для этого необходимо устройство как минимум трех плоских диафрагм жесткости с горизонтальными осями, не пересекающимися в одной точке, т.е. в каждом температурном блоке здания необходимы две диафрагмы одного направления и одна - другого.

Диафрагмы жесткости следует распределять равномерно по плану здания



Необходимое количество элементов жесткости проверяется статическим расчетом зависит от высоты здания, сечения и расстановки элементов жесткости При отсутствии в каркасе рам, пилонов и ядер жесткости



надо помнить о необходимости установки не менее 2-х стен жесткости (диафрагм) в каждом направлении примерно на равном удалении от центра здания.

## Сечения конструктивных элементов. Нормативные требования к конструированию монолитных ЖБК

(СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий)

**Колонны** могут иметь поперечное сечение квадратное, прямоугольное, круглое, кольцевое, уголковое, тавровое и крестовое.

**Прямоугольные колонны (пилоны)** с вытянутым поперечным сечением имеют  $b/a < 4$  или  $hэт/b > 4$ . Более вытянутые в плане колонны следует относить к стенам

**Основными конструктивными параметрами** колонн являются их высота, размеры поперечного сечения, класс бетона по прочности на сжатие и содержание продольной арматуры (процент армирования), определяемые в зависимости от высоты здания, нагрузки на перекрытия (с учетом собственного веса перекрытий) и шага колонн.

При проектировании рекомендуется принимать оптимальные конструктивные параметры колонн, устанавливаемые на основе технико-экономического анализа. При этом минимальный размер поперечного сечения квадратных и круглых колонн рекомендуется принимать не менее 30 см, для колонн с вытянутым поперечным сечением — не менее 20 см, класс бетона, как правило, — не менее В25 и не более В60, процент армирования в любом сечении (включая участки с нахлесточным соединением арматуры) — не более 10.

**Основными конструктивными параметрами стен** являются размеры (толщина стен), класс бетона по прочности на сжатие и содержание вертикальной арматуры (процент армирования), определяемые в зависимости от высоты здания, нагрузки на перекрытия, шага стен

При проектировании рекомендуется принимать оптимальные конструктивные параметры стен, устанавливаемые на основе технико-экономического анализа. При этом размеры поперечного сечения (толщину) стен рекомендуется принимать не менее 18 см, класс бетона — не менее В20, процент армирования в любом сечении стены (включая участки с нахлесточным соединением арматуры) — не более 10.

**Основными конструктивными параметрами плоских плит перекрытий** являются размеры поперечного сечения (толщина плиты), класс бетона по прочности на сжатие и содержание продольной арматуры, определяемые в зависимости от нагрузки на перекрытие и длины пролетов.

Плиты перекрытий в колонных КС бывают:

- безбалочные в виде гладкой плиты; плиты с капителям и плиты гладкие или с капителям и и с контурными балками по периметру здания;
- с межколонными балками в одном и в двух направлениях.

Плиты перекрытий в колонных КС с балками и в стеновых КС бывают:

- сплошные, пустотные и ребристые, если балки и стены в одном направлении
- сплошные, кессонные пустотные и ребристые, если балки и стены в двух направлениях
- ребристые с ребрами вверх для устройства плавающего пола и получения гладкого потолка, укладки звукоизоляции и инженерных коммуникаций

При пролетах до 6-8 м перекрытия рекомендуется выполнять плоскими, при больших значениях — плоскими с капителями межколонными балками и стенами, а при пролетах до 12 м - с межколонными балками или стенами и ребристыми, и пустотными плитами.

Для зальных помещений пролетом 12-15 м рекомендуются кессонные, ребристые или пустотные плиты при опирании по четырем сторонам на балки и стены

При проектировании рекомендуется принимать оптимальные конструктивные параметры перекрытий, устанавливаемые на основе технико-экономического анализа. При этом толщину плоских плит перекрытий сплошного сечения рекомендуется принимать не менее 16 см и не менее  $1/30$  длины наибольшего пролета и не более 25 см, класс бетона — не менее В20. Высота пустотных, ребристых и кессонных плит принимается не менее 25 см и не более 50 см, класс бетона — не менее В25.

- При пролетах более 7 м рекомендуется применение дополнительной предварительно напряженной арматуры из высокопрочных канатов класса К-7 без сцепления с бетоном.

Для снижения массы перекрытий желательно применять легкие бетоны, пустотелые вкладыши или вкладыши в виде плит и блоков из особо легких бетонов.

**Толщину монолитного безбалочного перекрытия** предварительно можно принижать в пределах  $1/27... 1/32$  от большего пролета плиты.

Для зданий безбалочные перекрытия проектируют со скрытой капителью, т.е. с усиленным продольным и поперечным армированием толщи плиты в зоне опирания на колонну.

Размеры горизонтальных элементов балочных перекрытий можно принимать по приведенным ниже

таблицам с учетом того, что суммарная нормативная нагрузка на перекрытия с учетом собственной массы конструкций составляет  $10 \text{ кН/м}^2$  (из которых собственный вес перекрытия полов составляет  $4 \text{ кН/м}^2$ )

### Допустимые сечения железобетонных элементов балочных перекрытий (см)

Пролет плиты (шаг балок)	Толщина плиты, /см/	Прогиб плиты /мм/	Сечение балок, включая толщину плиты при пролете b×h / см×см/			
			2 м	4м	6м	8м
1м	6	0,1	10x15	10x20	15x25	20x35
2м	7	0,9	10x20	15x30	20x45	20x50
3м	8	3,0	15x25	20x35	20x45	25x50
4м	10	4,7	-	20x40	20x45	25x50
5м	12	6,7	-	20x40	20x50	25x60
6м	14	8,6	-	20x40	20x55	30x60
7м	16	10,0	-	20x45	25x55	30x60
8м	18	11,5	-	20x45	20x60	30x70
9м	20	14,7		20x45	25x60	30x70

Балки и плиты приняты по трехпролетной конструктивной схеме.

Материал конструкций: Бетон класса В25, арматура класса АIII.

Для назначения сечений при промежуточных исходных данных допустима интерполяция.

Для предварительного назначения сечения колонн и пилонов можно по таблице

**Допустимые сечения колонн и пилонов (средних, как наиболее нагруженных)**

<b>Этаж</b>	<b>Сечение колонны, мм</b>	<b>Сечение пилона, мм</b>
1	600x600	1800x300
2	600x600	1800x300
3	600x600	1800x300
4	600x600	1500x300
5	600x600	1500x300
6	500x500	1500x300
7	500x500	1200x250
8	500x500	1200x250
9	500x500	1200x250
10	500x500	1200x250
11	400x400	900x250
12	400x400	900x250
13	400x400	900x250
15	400x400	900x200
16	300x300	900x200
17	300x300	900x200
18	300x300	600x200
19	300x300	600x200
20	300x300	600x200