

ЛЕКЦИЯ 5

Многоэтажные здания

5.1. Общая характеристика многоэтажных зданий

Многоэтажные здания можно разделить на следующие группы:

- малоэтажные здания до 5 – 6 этажей;
- здания средней этажности до 10 – 15 этажей;
- высотные здания – до 60 этажей;
- сверхвысотные здания – 60 – 120 этажей.

Структура стоимости многоэтажных зданий:

- | | |
|---------------------------|------------|
| – фундаменты | 5...10 %; |
| – стальной каркас | 10...20 %; |
| – перекрытия и полы | 5...10 %; |
| – ограждение и отделка | 15...40 %; |
| – инженерные коммуникации | 15...40 %. |



**Рис. 5.1. Многоэтажный
автомобильный паркинг, г. Москва**

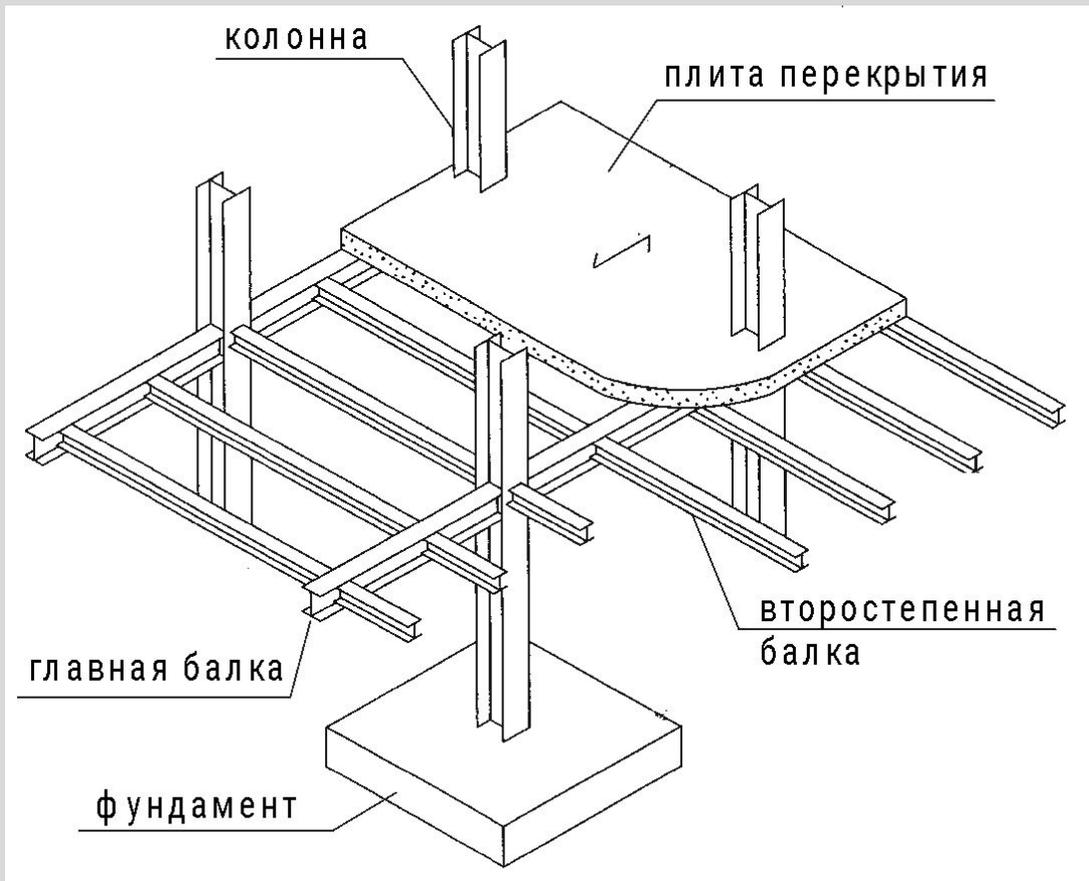


Рис. 5.2. Небоскреб из металлического каркаса

5.2. Элементы многоэтажных зданий

Многоэтажные здания включают конструктивные элементы:

- 1) Фундаменты.
- 2) Несущие конструкции представляют собой стальной каркас: вертикальные элементы (колонны), горизонтальные элементы (балки).
- 3) Перекрытия включают балки и настил.



Наиболее распространены квадратные и прямоугольные сетки колонн, иногда треугольные; это определяется выбором общей конструктивной схемы. Шаг колонн зависит от несущей способности балок и конструкций перекрытий. Шаг колонн может изменяться в интервале от 3 до 20 м, но обычно этот интервал составляет 6–10 м

Рис. 5.3. Строение здания

Форма здания в плане может быть:

- прямоугольной;
- L-образной;
- криволинейной;
- многоугольной;
- комбинация прямоугольной и треугольной

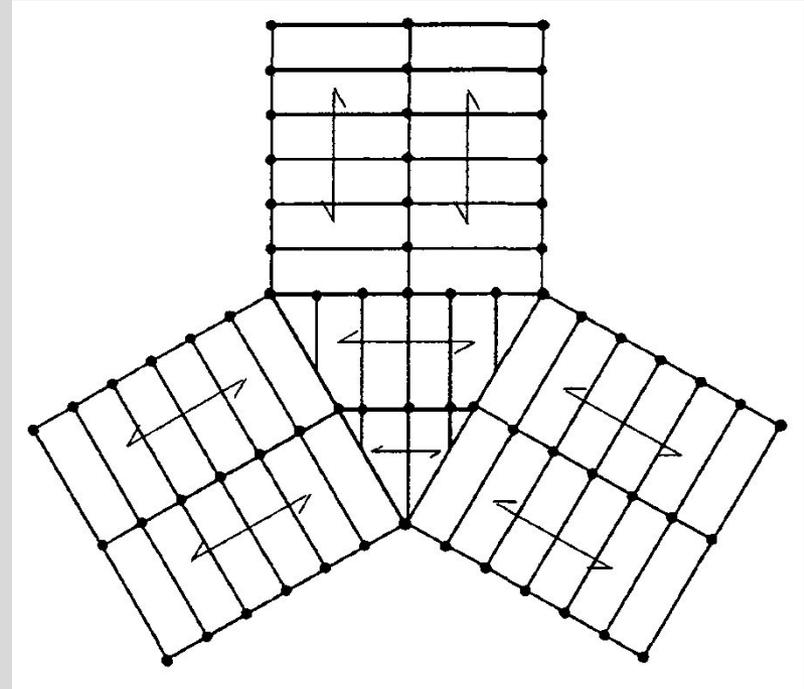
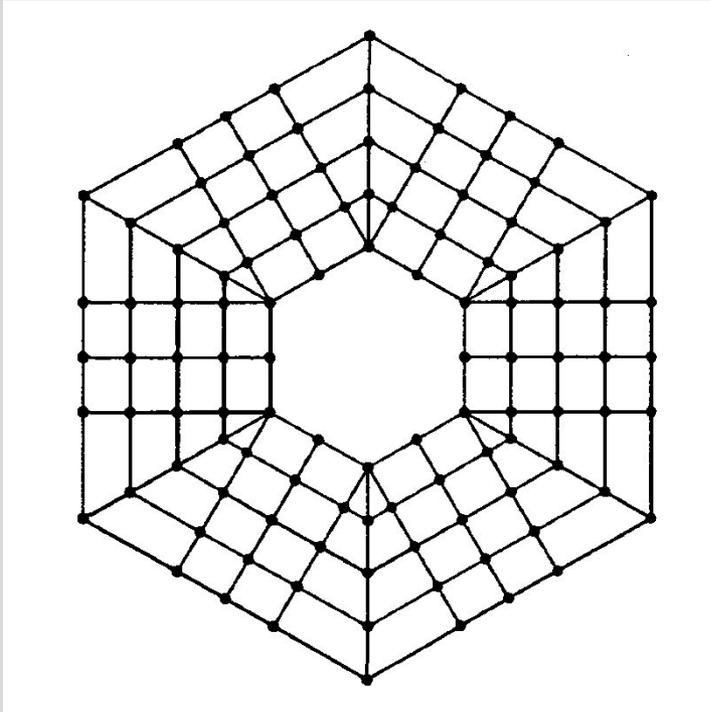


Рис. 5.4. Формы многоэтажных зданий в плане

Поперечные сечения колонн можно разделить на два типа:

- а) открытые сечения из горячекатаных обычных и широкополочных двутавров, а также составные и крестовые профили;
- б) замкнутые сечения – трубы круглого, квадратного или прямоугольного поперечного сечения.



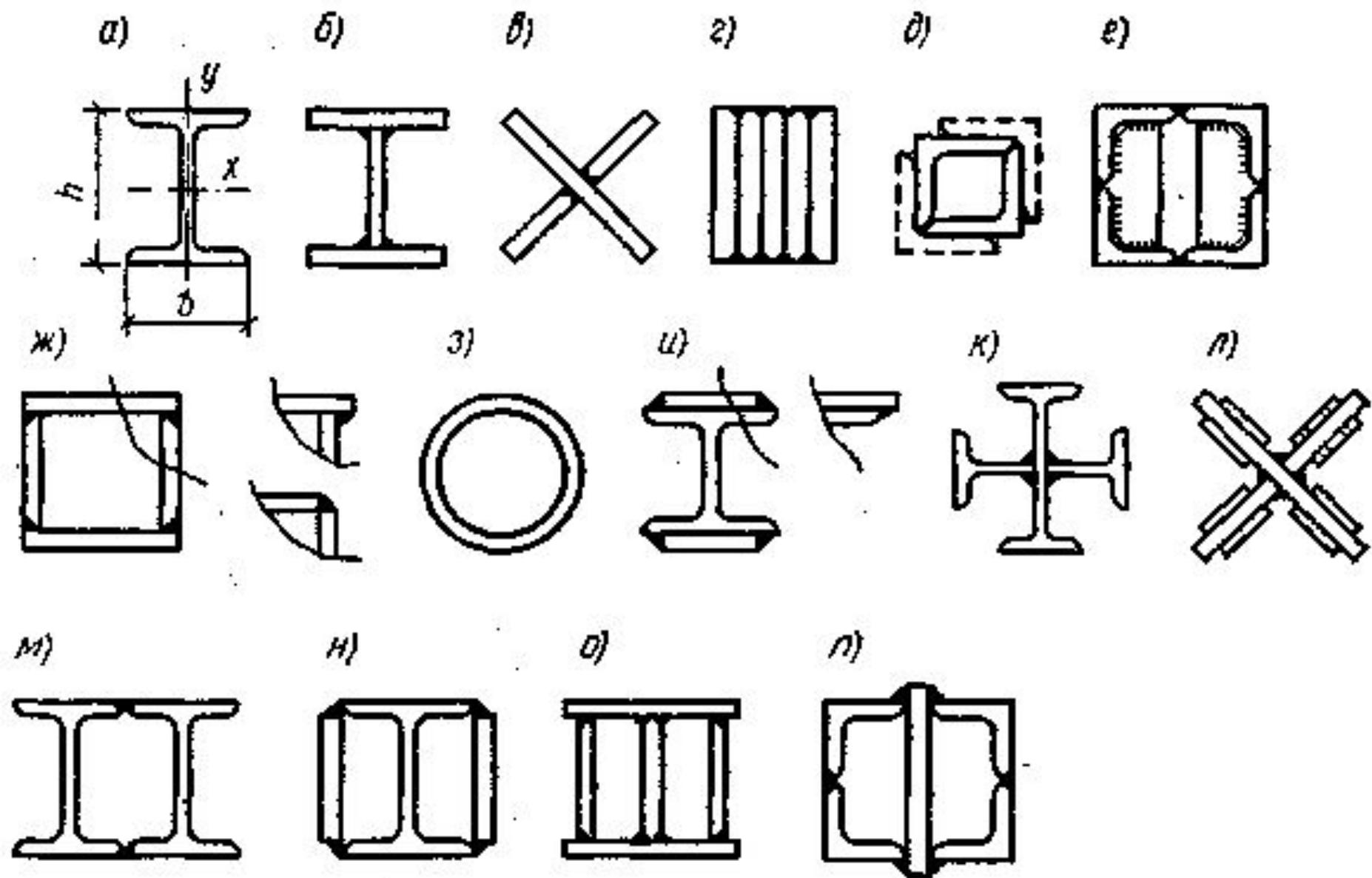


Рис. 5.5. Сечение колонн

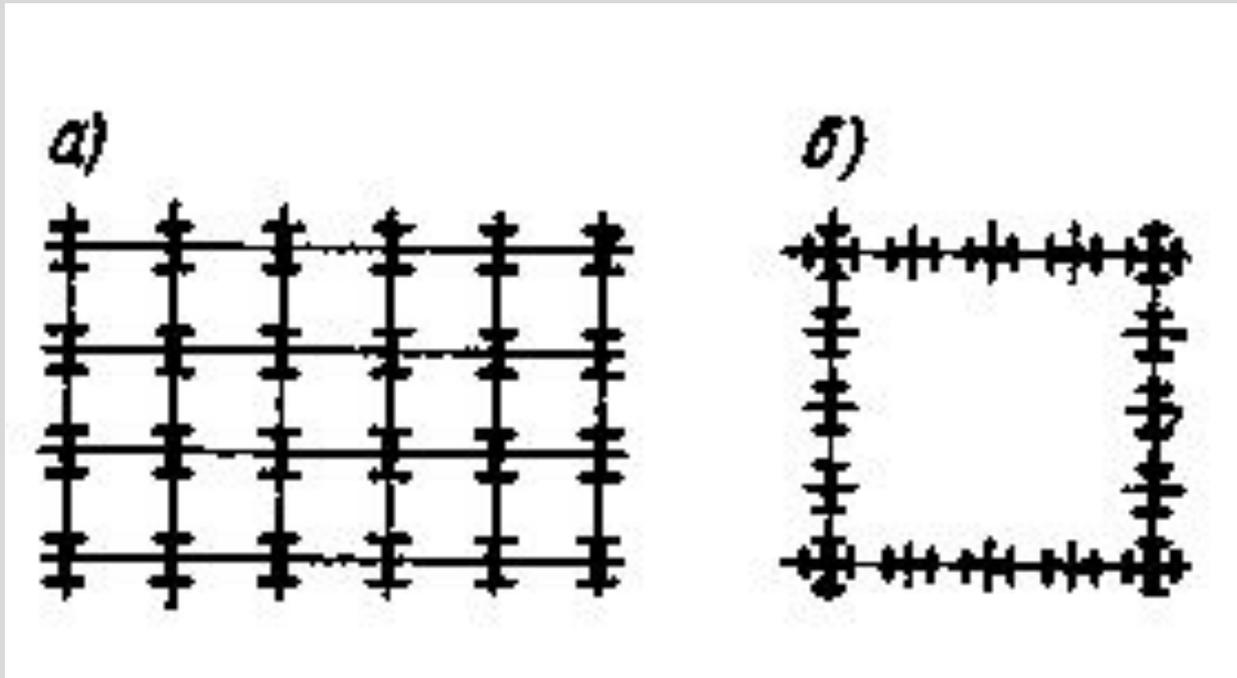


Рис. 5.6. Ориентация колонн в плане

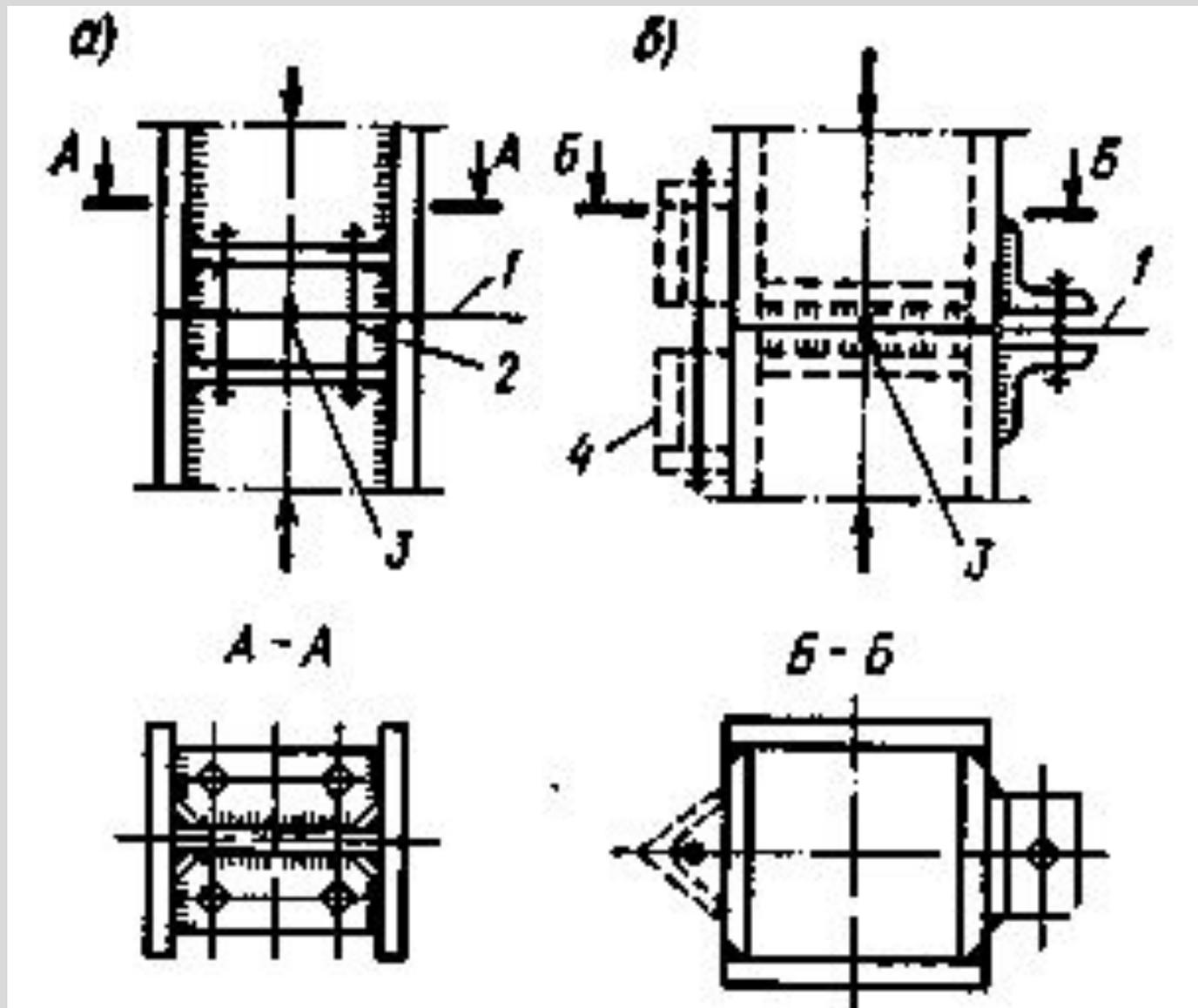


Рис. 5.7. Сжатый стык колонны:

1 – плоскость фрезерования торцов; 2 – стяжной болт; 3 – установочная риска; 4 – вариант

коротыша

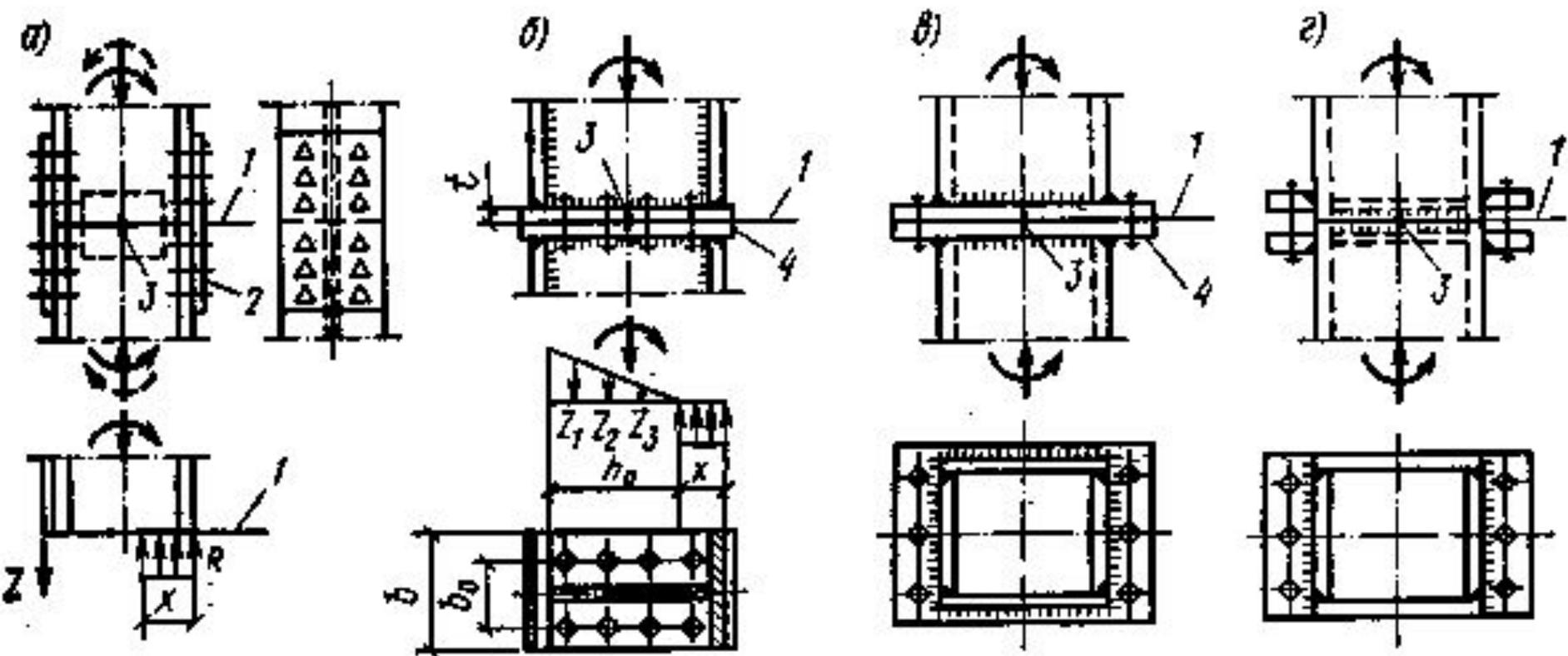


Рис. 5.8. Болтовые стыки колонн при больших эксцентриситетах:
 1 – плоскость фрезерования; 2 – накладка; 3 – установочная риска; 4 – фланец

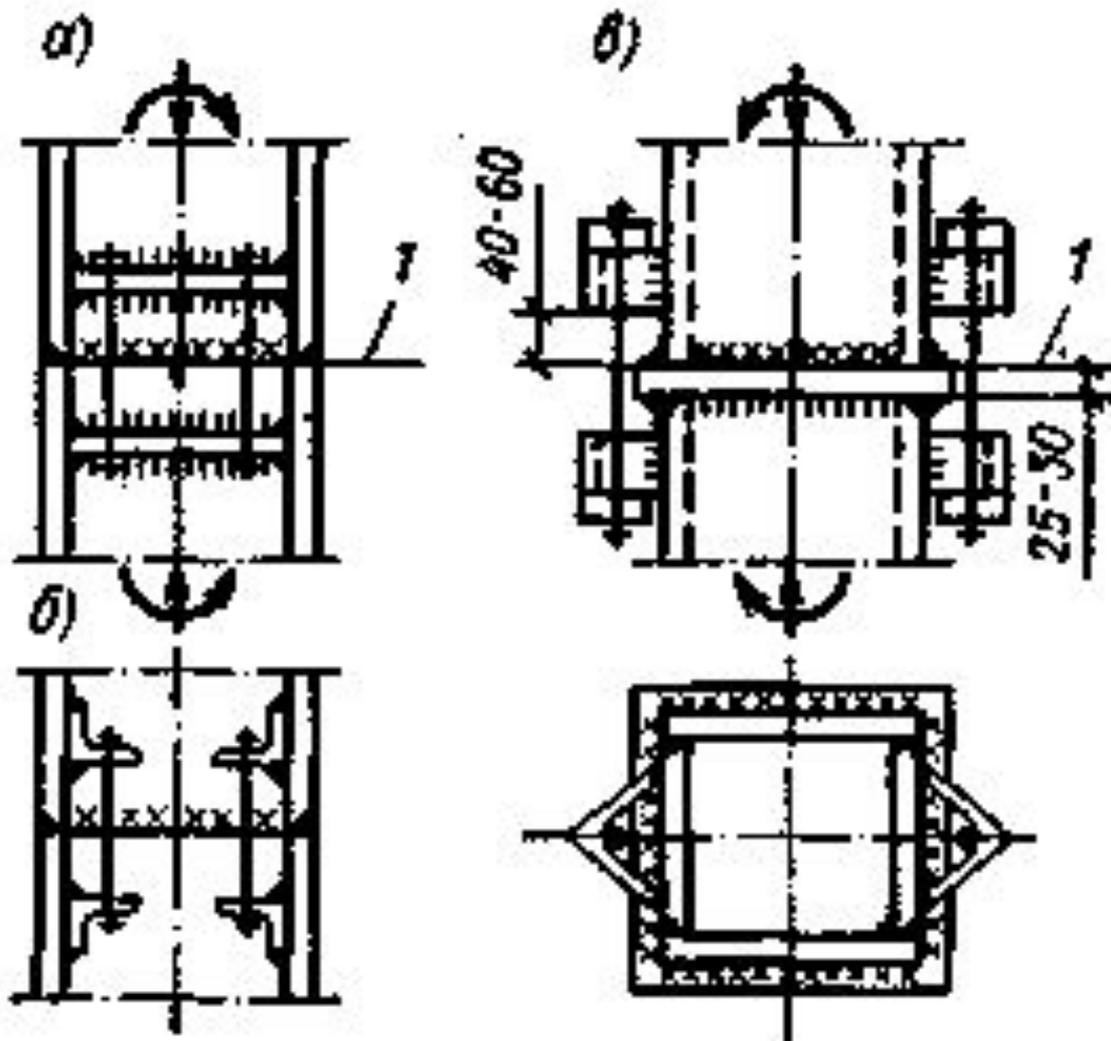


Рис. 5.9. Сварные стыки колонн при больших эксцентриситетах:

1 – плоскость фрезерования

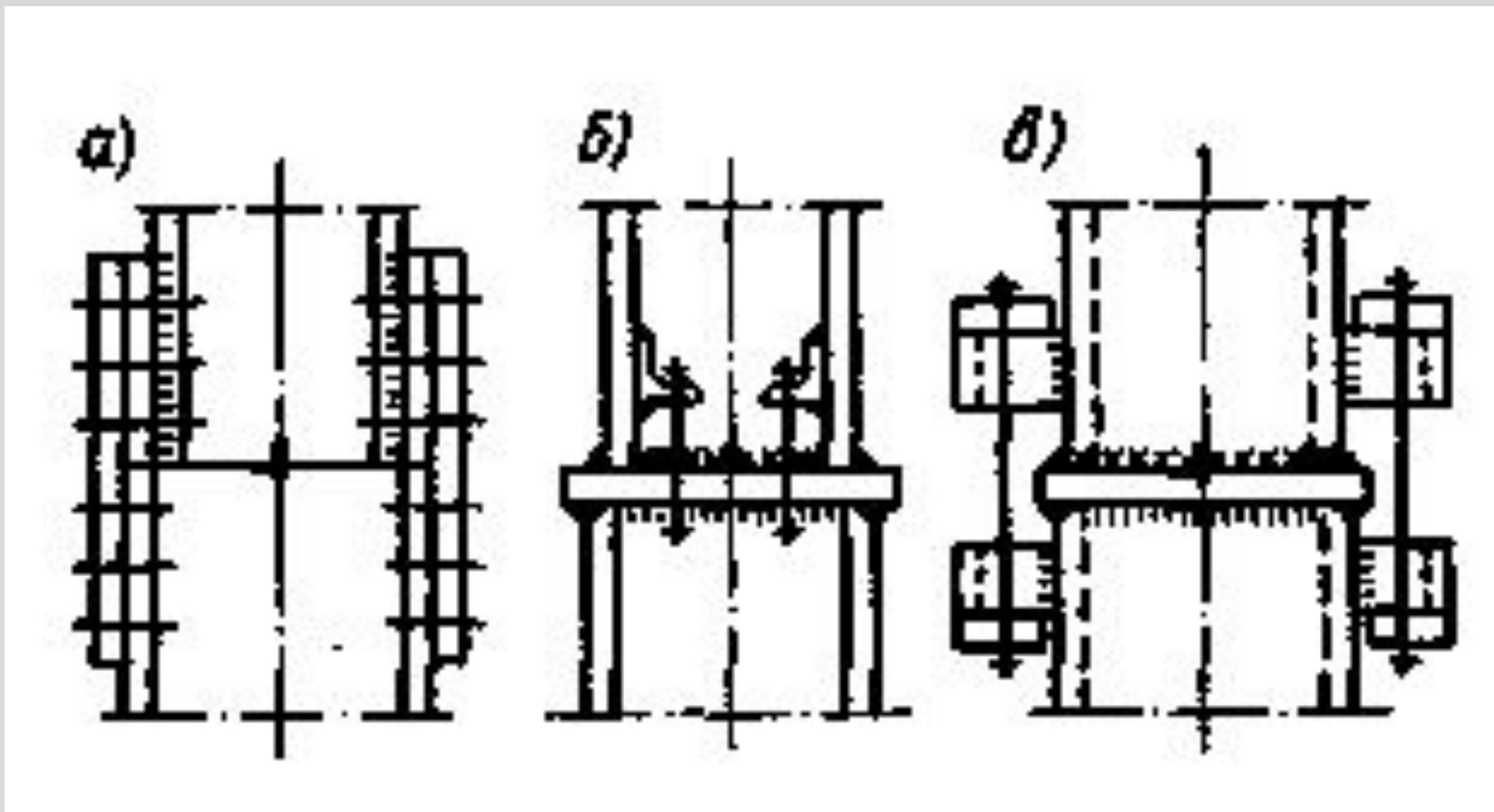


Рис. 5.10. Стыки колонн в месте изменения сечения

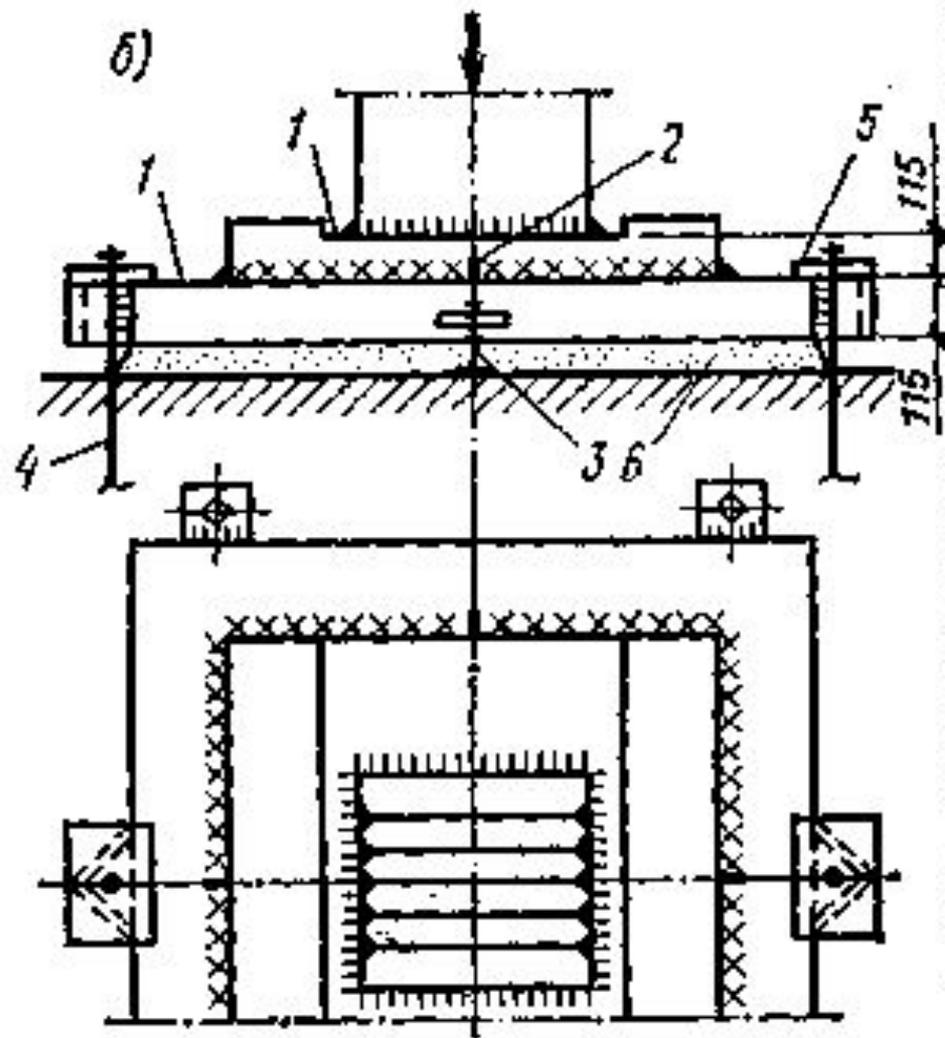
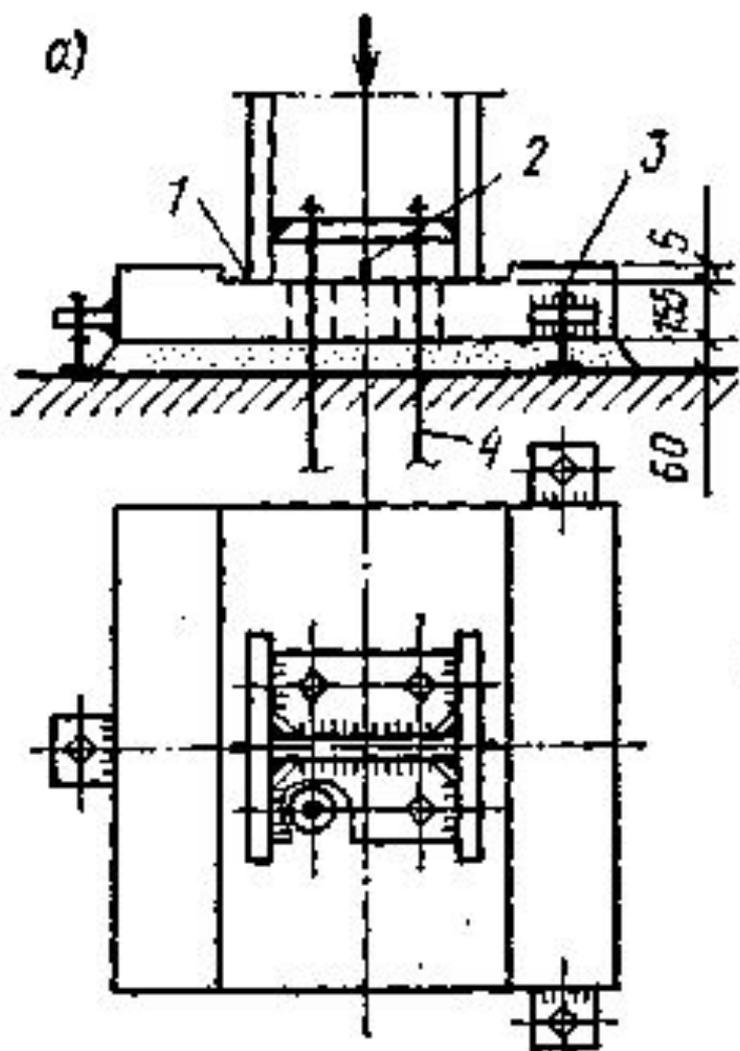


Рис. 5.11. Базы колонн с конструктивными болтами (безвыверочный монтаж колонн)

- 1 - плоскость фрезерования, строжки; 2 - установочная риска; 3 - установочный болт;
 4 - анкерный болт; 5 - шайба с отверстием на 2 мм больше диаметра болта; 6 - подливка

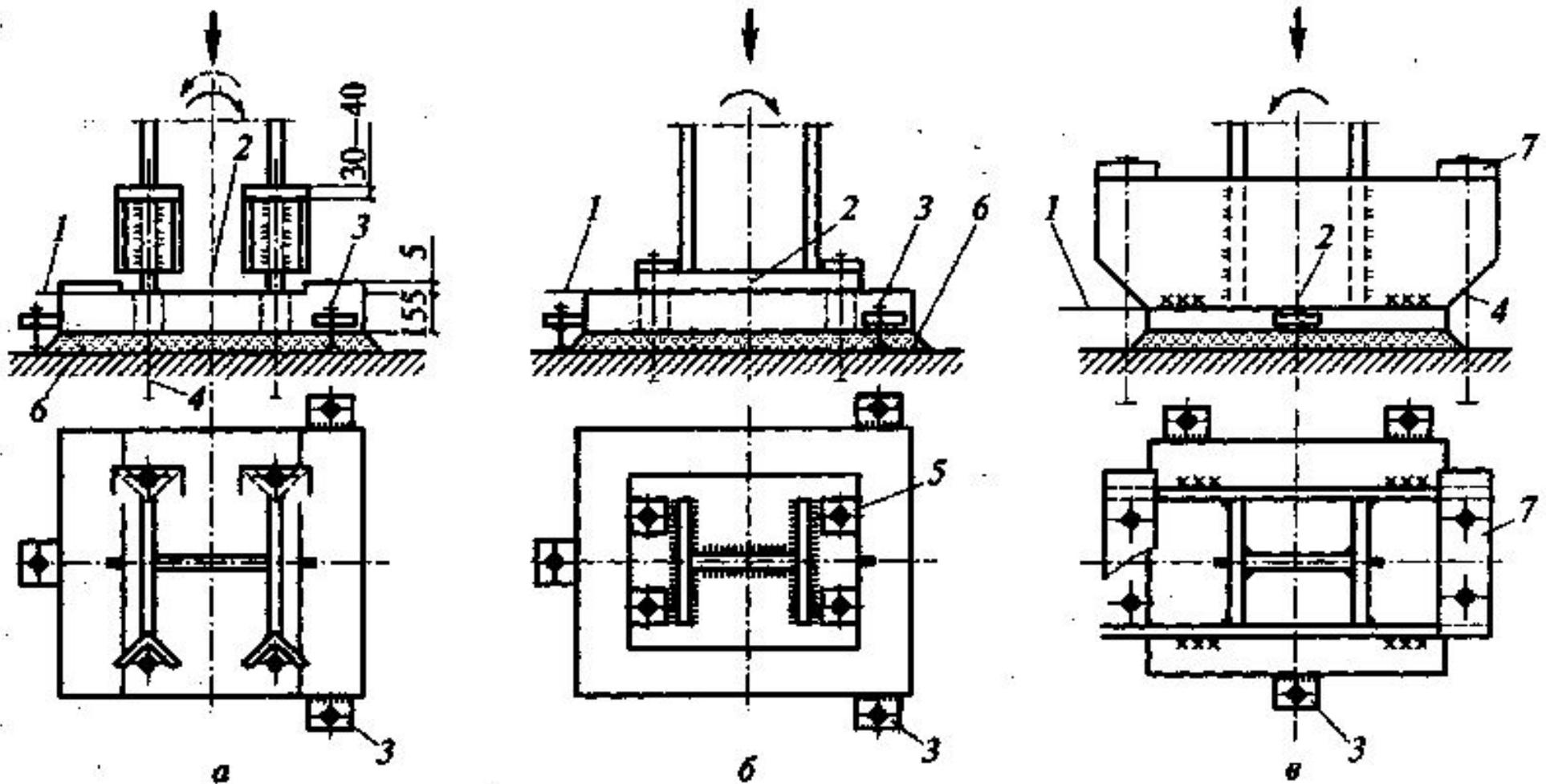


Рис. 5.12. Базы колонн с расчетными анкерными болтами:

а и б – колонны с фрезерованным торцом; в – с применением диафрагм; 1 – плоскость фрезерования; 2 – установочная риска; 3 – установочный болт; 4 – анкерный болт; 5 – шайба с отверстием на 2 мм больше диаметра болта; 6 – подливка; 7 – анкерная плитка

Типы узлов сопряжения ригелей с колоннами:

- 1) свободное (шарнирное) сопряжение – связевые схемы;
- 2) жесткое прикрепление – рамные системы;
- 3) гибкое (полужесткое) прикрепление – связевые системы с учетом особенностей монтажа

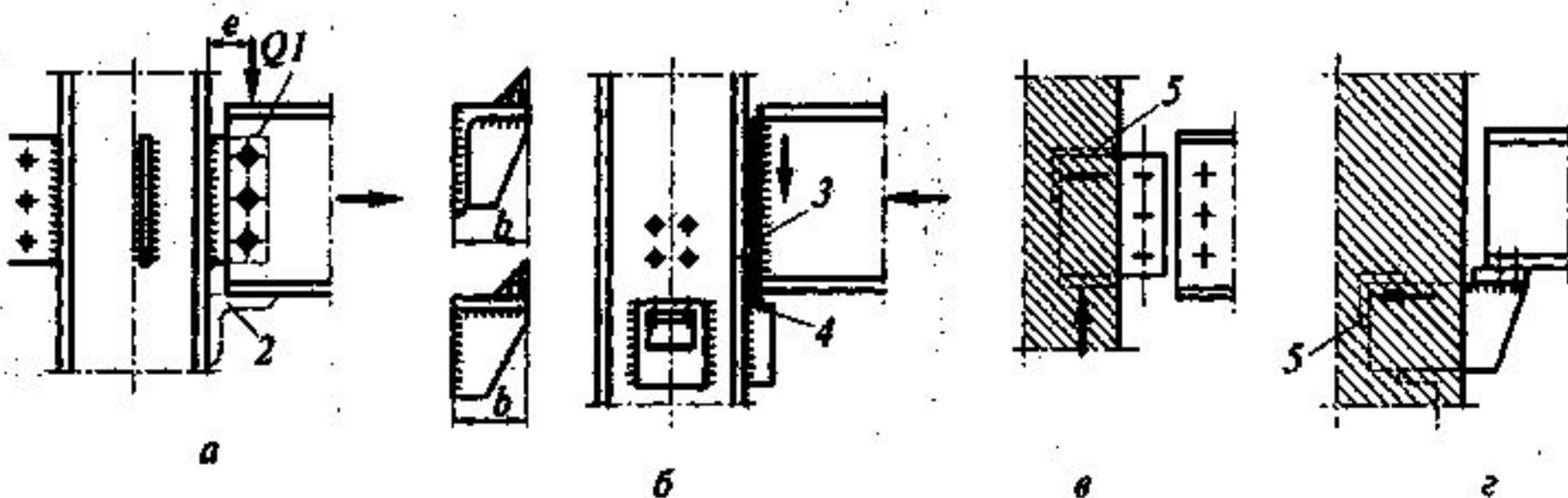


Рис. 5.13. Свободное прикрепление балок (схемы):

а и б - к колоннам; в и г - к железобетонным диафрагмам и стволам жесткости;

1- вертикальное ребро; 2 - монтажный столик; 3- прокладка; 4 - торец опорного ребра (строгать, фрезеровать); 5 - анкер

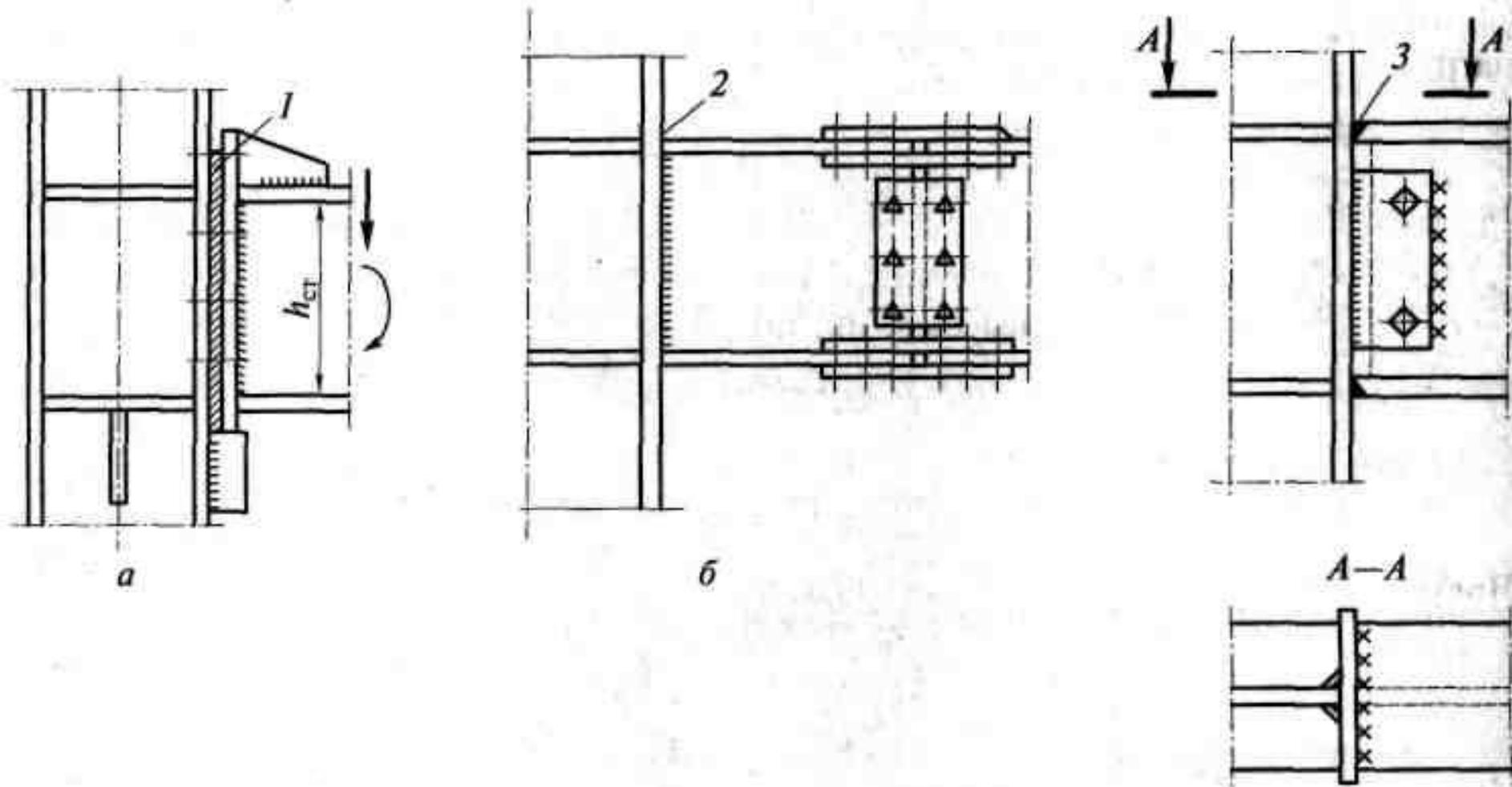


Рис. 5.14. Жесткое прикрепление балки к колонне (схемы):

а и б – на болтах; в – на монтажной сварке; 1 – прокладка; 2 – заводской сварной шов

3 – монтажный шов

Полужесткое (гибкое) сопряжение балок-ригелей с колонной обычно применяется для рамно-связевых систем.

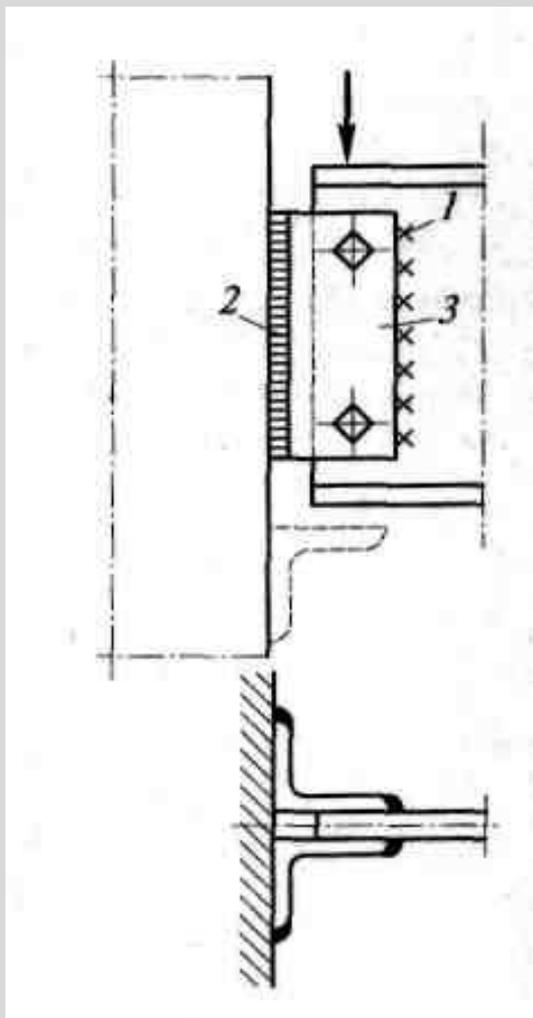


Рис. 5.15. Гибкое (полужесткое) прикрепление балки к колонне (схема):

1 – монтажный сварной шов; 2 – заводской сварной шов;
3 – уголки

Балки многоэтажных зданий поддерживают элементы перекрытий и передают их вертикальные нагрузки на колонны. Сечения балок – наиболее широко применяются горячекатаные обычные или широкополочные двутавры с высотой профиля в интервале 80–600 мм с отношением высота/пролет $1/15...1/30$.



Максимальный прогиб ограничивается $1/400...1/500$ пролета.

Рис. 5.17. Балки перекрытий

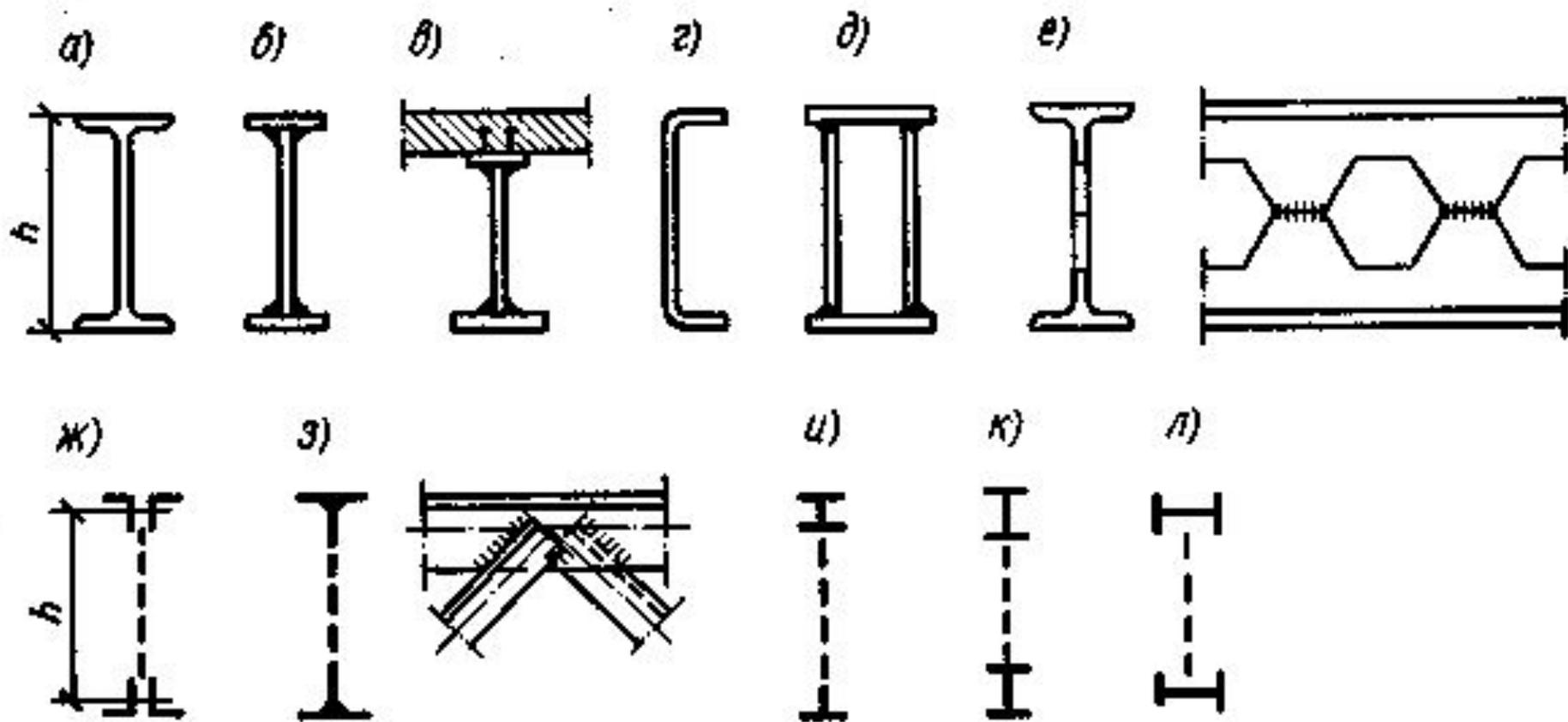


Рис. 5.18. Сечения ригелей, балок и ферм перекрытий

Перекрытия многоэтажных зданий требуются для восприятия действующих непосредственно на них вертикальных нагрузок. Они обычно состоят из плит, опирающихся на второстепенные балки.

Конструктивные решения перекрытия:

- из монолитного железобетона с использованием временной опалубки;
- из тонких сборных ж.б. плит (толщиной 40–50 мм) с покрывным слоем из монолитного бетона;
- из толстых сборных ж.б. плит без покрытия монолитным бетоном;
- со стальным настилом, используемым только в качестве постоянной опалубки для монолитного железобетона;
- со стальным настилом, имеющим соответствующий рельеф и работающий совместно с бетонной плитой – композитное перекрытие.

Для композитных плит применяется листы профнастила различного вида. Они разделяются на три категории в зависимости от несущей способности:

- профили трапецеидальной формы без ребер жесткости с высотой до 80 мм – пролет 2...4 м;
- профили трапецеидальной формы с продольными ребрами жесткости с высотой до 100 мм – пролет 3...5 м;
- профили с продольными и поперечными ребрами жесткости с высотой до 220 мм – пролет 5...7 м, в это случае можно обойтись без второстепенных балок.

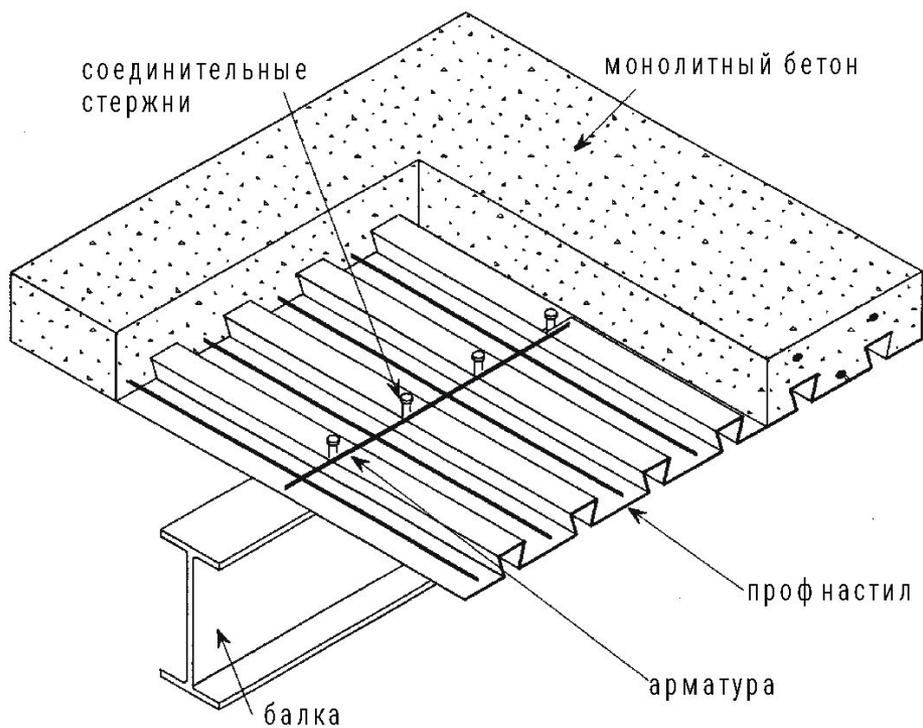


Рис. 5.19. Сталебетонное и сборное плоское перекрытие

Связевая система используется для восприятия горизонтальных сил от ветра, сейсмических нагрузок и передачи их на фундаменты. Она состоит из вертикальных и горизонтальных связей и должна обеспечивать необходимую жесткость при кручении.



Рис. 5.20. Вертикальные и горизонтальные связи



Рис. 5.21. Сечения раскосов связевых ферм

Схема передачи нагрузок:

1. Горизонтальная сосредоточенная сила, приложенная в любой точке фасада, передается через ограждение на два соседних перекрытия.
2. С перекрытия сила передается на вертикальные связи, расположенные в наиболее ответственных местах, посредством горизонтальных несущих элементов перекрытия. Горизонтальные несущие элементы, или горизонтальные связи, должны быть в уровне каждого перекрытия.

Вертикальные связи передают усилия на фундаменты.

Функции горизонтальных связей обычно выполняет монолитная плита перекрытия.

Вертикальные связи могут быть выполнены:

- из металлических стержневых элементов, образующих ферму;

- в виде монолитной железобетонной стены (диафрагма жесткости) или ствола (ядро жесткости). В таких системах металлический каркас воспринимает только вертикальные усилия. Железобетонный ствол устанавливается обычно вокруг лестниц и лифтов.

5.3. Конструктивные системы многоэтажных зданий

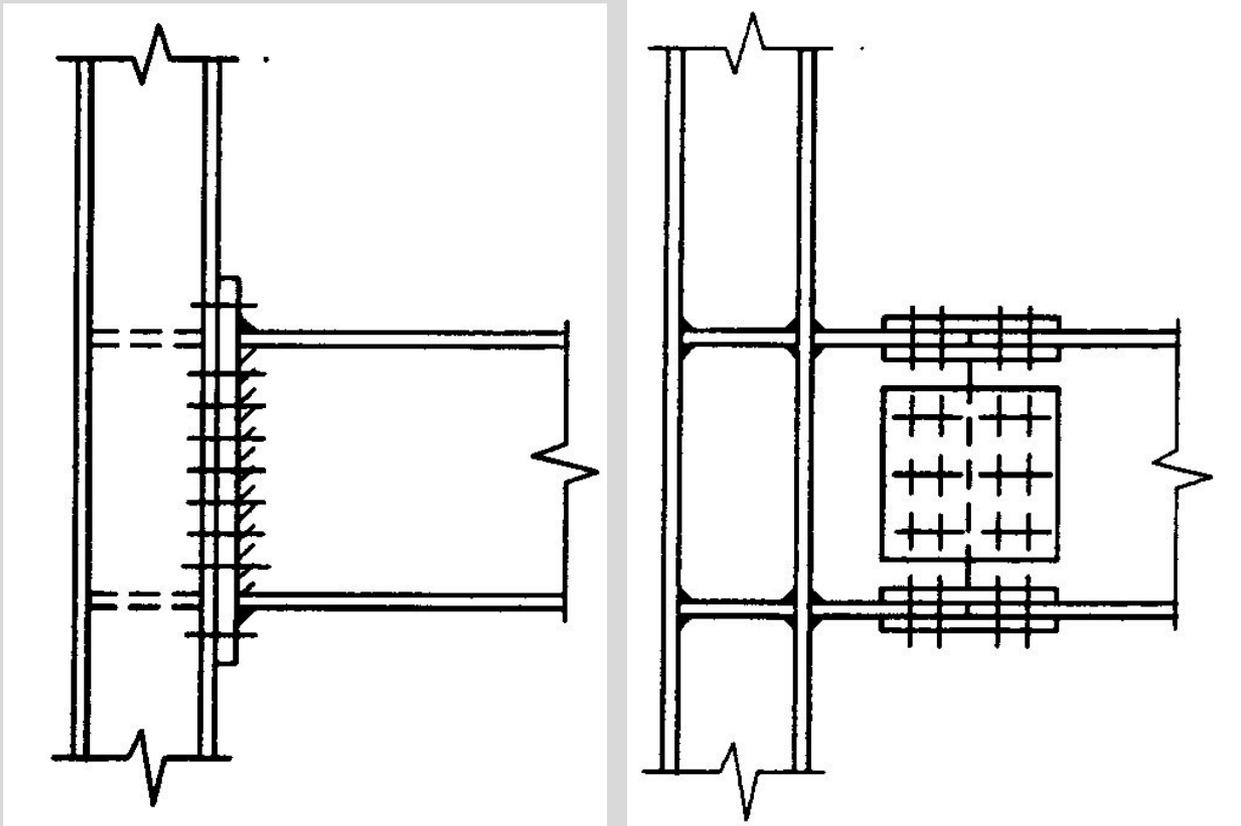


Рис. 5.22. Узлы рамной системы

Недостатки рамной системы:

- соединения или узлы между элементами значительно усложняются;
- колонны являются сжато изгибаемыми;
- горизонтальные деформации конструкции очень велики, так как зависят только от момента инерции сечения колонн.

Связевая система состоит из двух подсистем:

1-я: шарнирная рама из балок и колонн, способная передавать вертикальные нагрузки на фундамент. Балки изгибаются в вертикальной плоскости, колонны – центрально сжатые, узлы соединения балок с колоннами воспринимают только поперечную силу.

2-я: консоль, защемленная в основании, которая воспринимает горизонтальные силы и передает их на фундамент. Роль связевой консоли могут выполнять стальные фермы или железобетонные стены. Эти связевые системы работают на поперечный изгиб и их деформативность должна быть проверена расчетом.

Основные конструктивные требования:

1. Необходимо обеспечить, чтобы каждое перекрытие работало как плоская система с опорами из вертикальных связей.
2. Связи, как внешняя опора для перекрытий, должны обеспечивать их закрепление в трех направлениях
3. Перекрытия должны иметь достаточную несущую способность для восприятия горизонтальных сил.

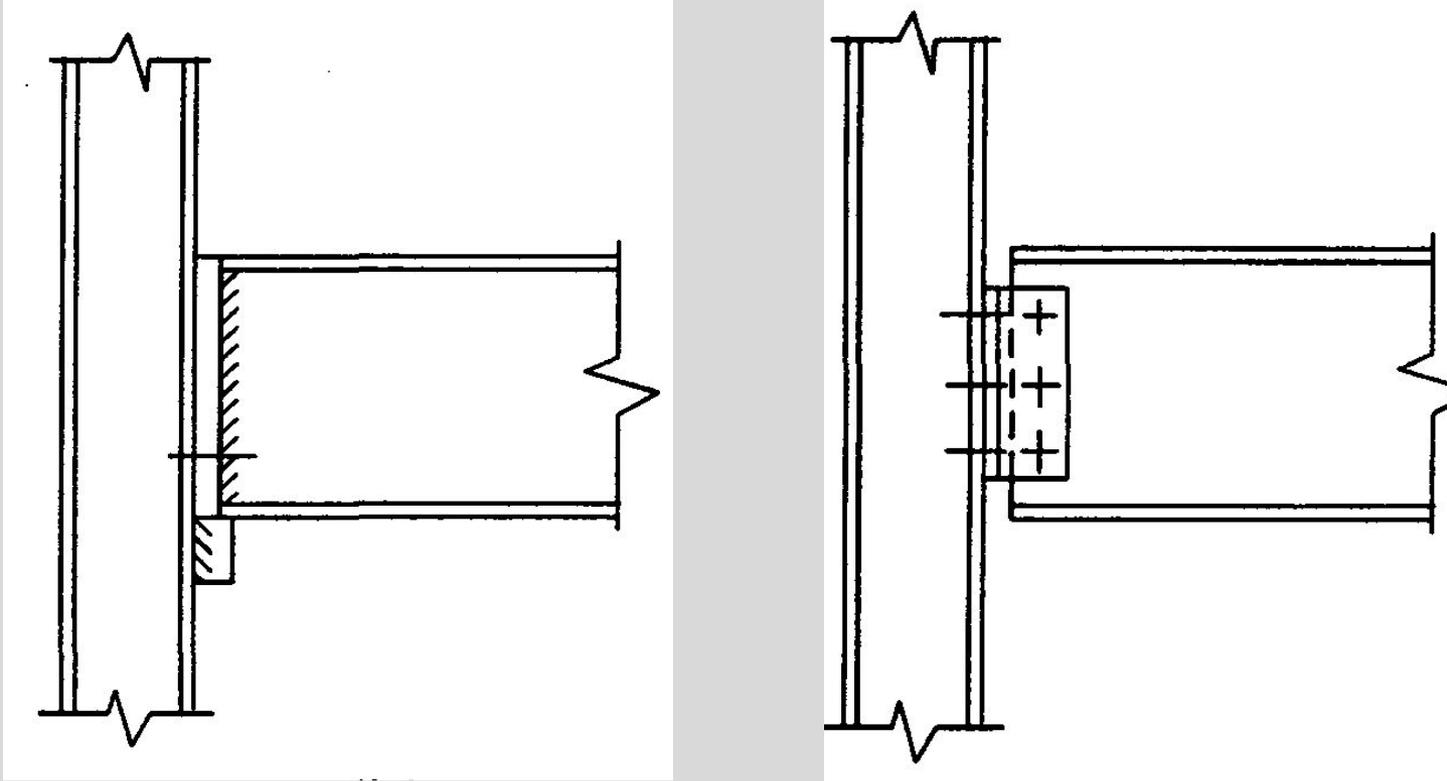
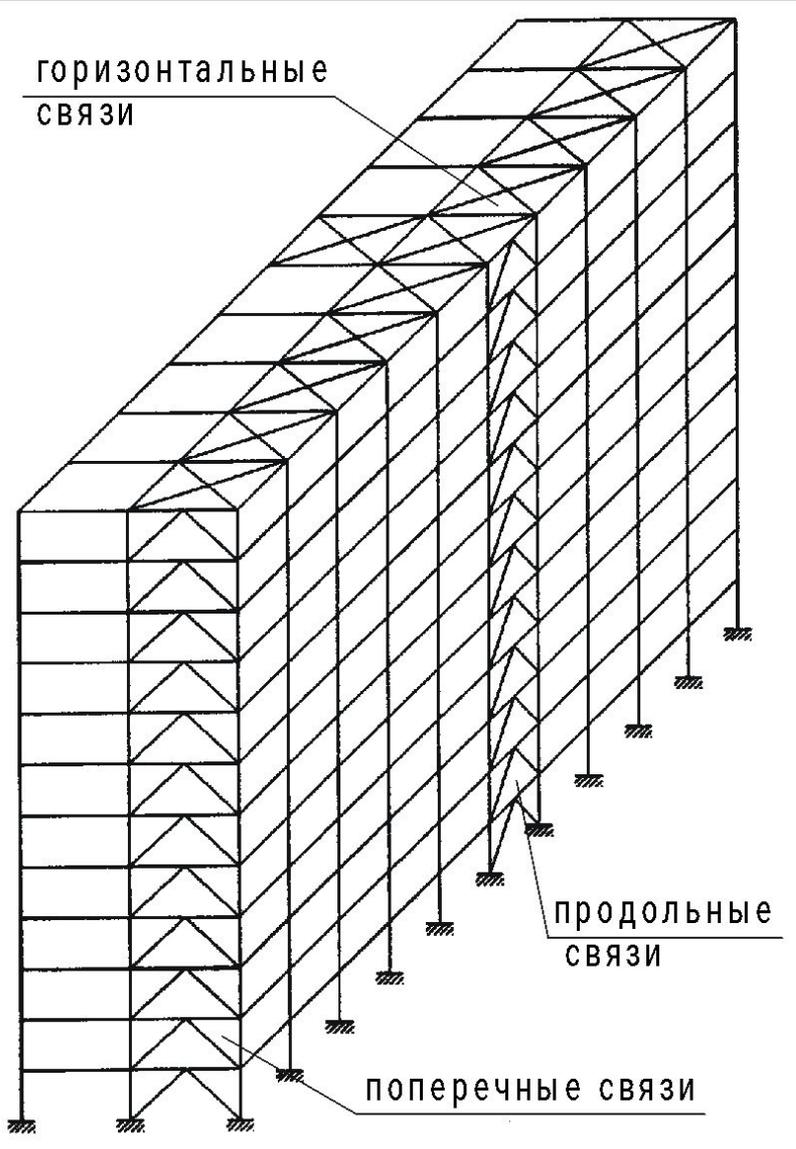


Рис. 5.23. Узлы шарнирной рамы

Основные преимущества связевой системы:

- конструкция шарнирных узлов достаточно простая, позволяет удешевить конструкцию и ускорить монтаж;
- горизонтальные деформации малы из-за наличия связевой системы;
- колонны испытывают практически только центральное сжатие.

5.4. Схемы малоэтажных зданий



Три основные схемы:

1. Жесткая рама с перекрытиями, ориентированными в продольном или поперечном направлении.
2. Связевая схема, состоящая из двух систем: шарнирной рамы и вертикальных связей в виде решетчатых ферм или железобетонных диафрагм.
3. Рамно-связевая схема, когда в одном из направлений (чаще поперечном) реализована рамная схема, а в другом (продольном) – связевая.

Рис. 5.24. Связевая система

5.5. Конструктивные системы высотных зданий

Типы первичных конструктивных систем:

1. Несущая стена – жесткая диафрагма, образованная плоскими вертикальными элементами, которые формируют наружные и (или) внутренние стены. Они воспринимают вертикальные и горизонтальные нагрузки и выполняются преимущественно из железобетона.

2. Ядро жесткости – железобетонный ствол, который составлен из несущих стен, образующих замкнутую форму. Внутри ствола обычно размещаются транспортные системы.

3. Рама обычно состоит из колонн, балок и жестких плит перекрытий, размещенных так, чтобы воспринимать вертикальные и горизонтальные нагрузки.

4. Ствольная конструкция характеризуется размещением несущих элементов по периметру на небольшом расстоянии друг от друга, так что они воспринимают горизонтальные нагрузки как единое целое. Вариантами могут быть: стволы со связями; стволы с рамами; «труба в трубе».

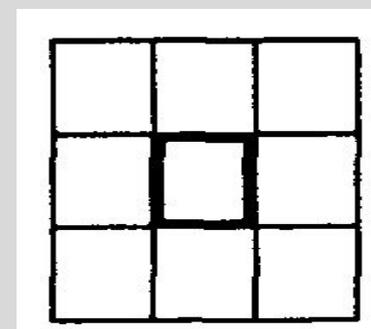
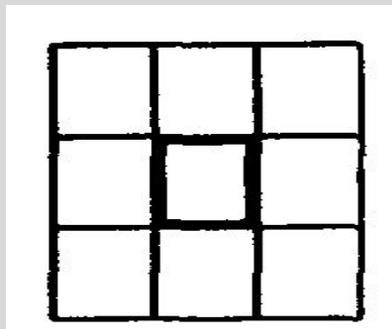
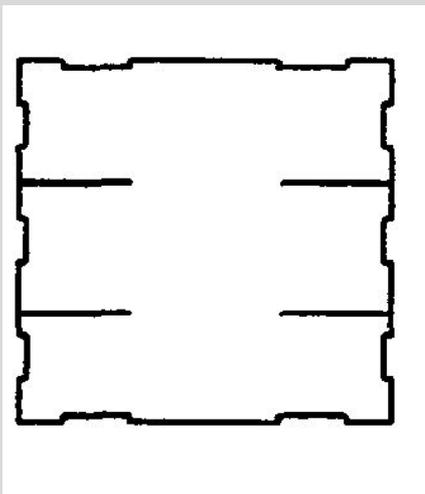
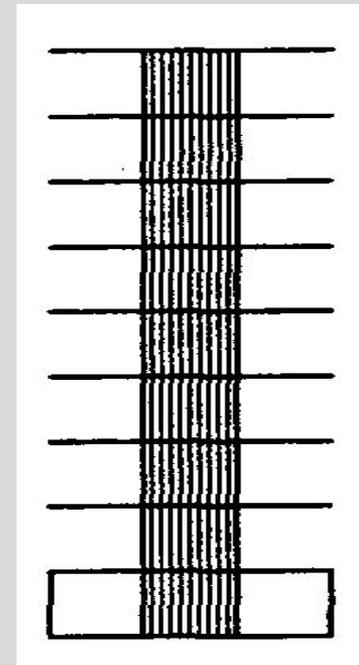
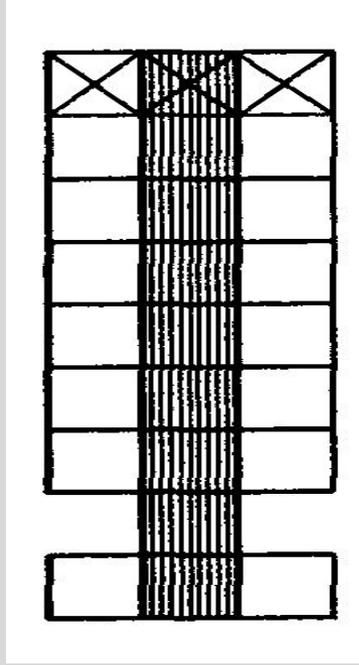
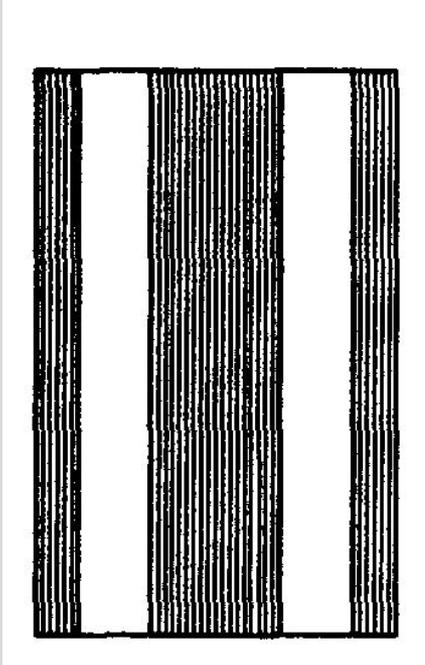


Рис. 5.25. Системы зданий с железобетонными связевыми элементами:

а) с несущими стенами; б) со стволом, этажи подвешены к верхней ферме;

в) со стволом, консольные этажи

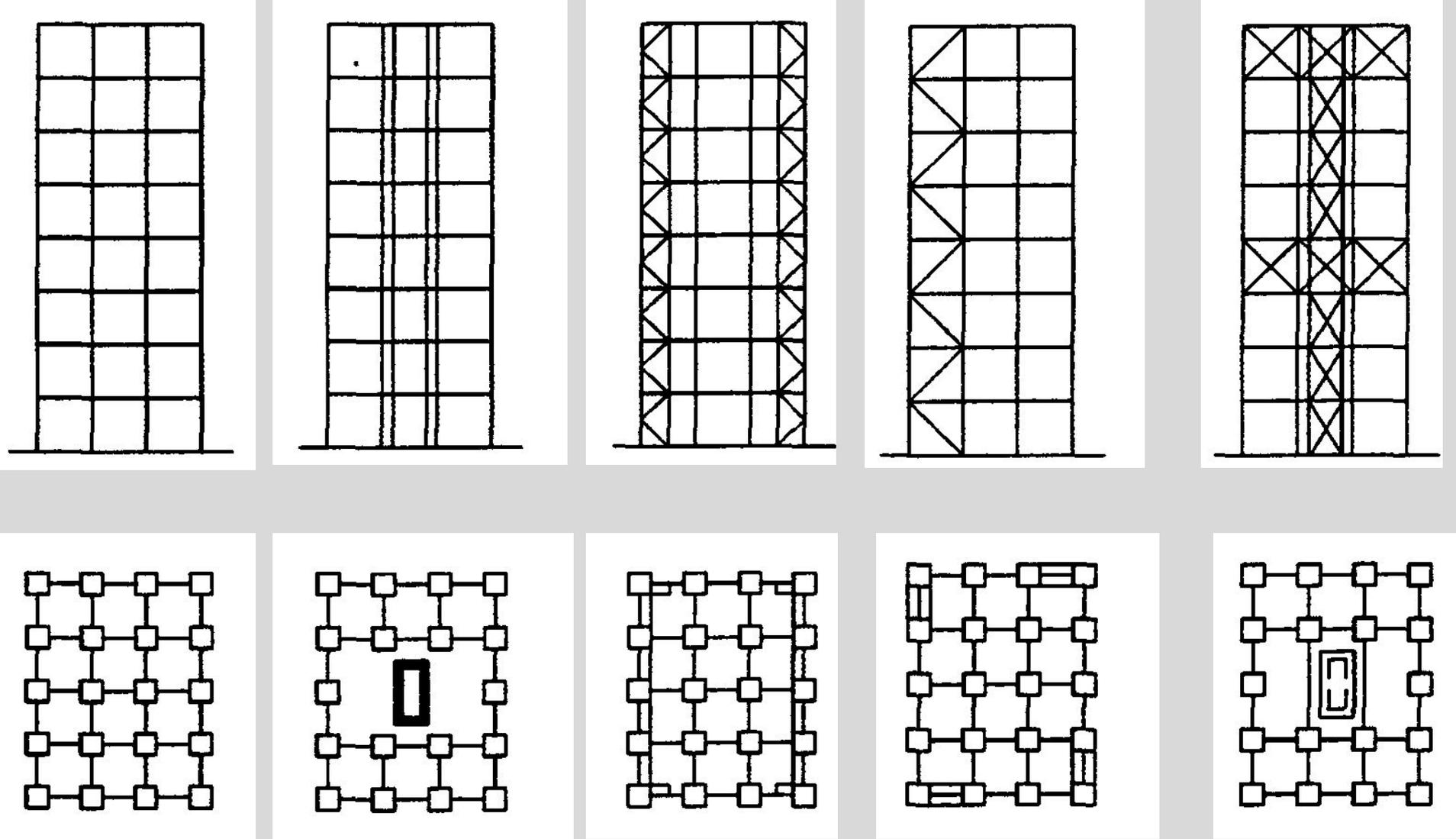


Рис. 5.26. Рамные системы:

- а) рама; б) рама и ж.б. ствол; в) рама с фермами; г) рама с вертикальными связями;
 д) горизонтальные фермы и ствол

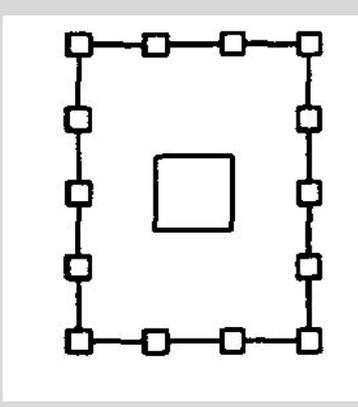
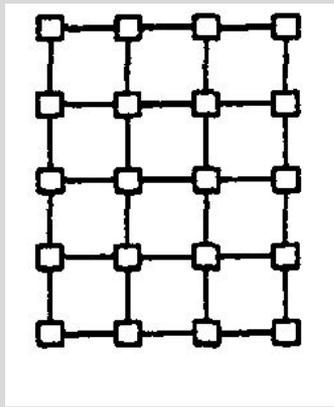
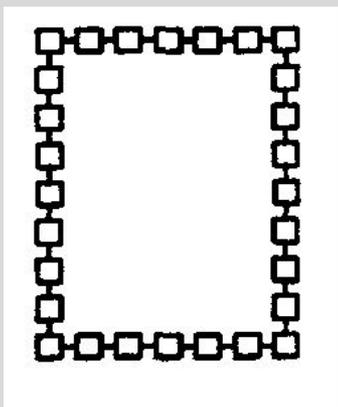
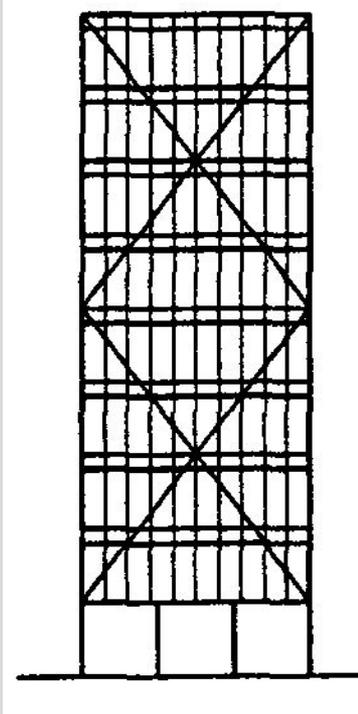
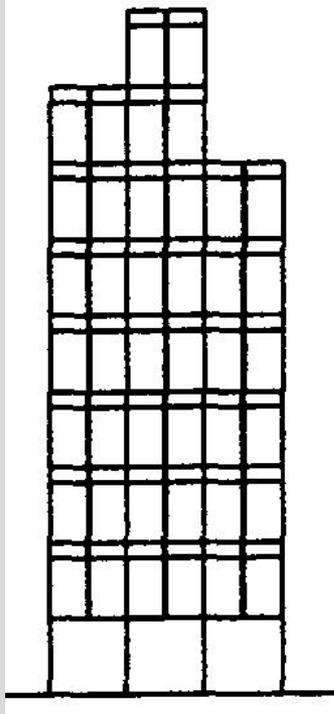
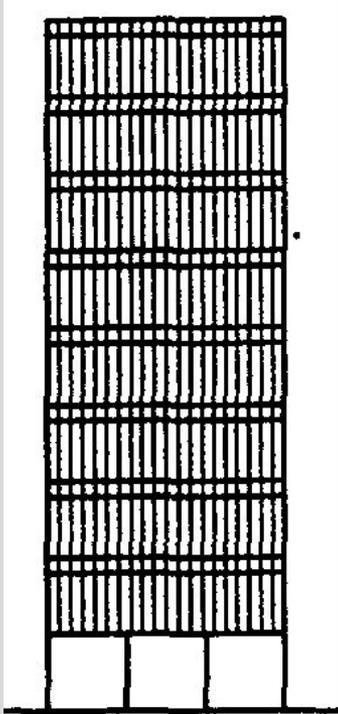


Рис. 5.27. Схемы высотных зданий:

а) рамный ствол; б) «пучок труб»; в) «труба в трубе» с фермой

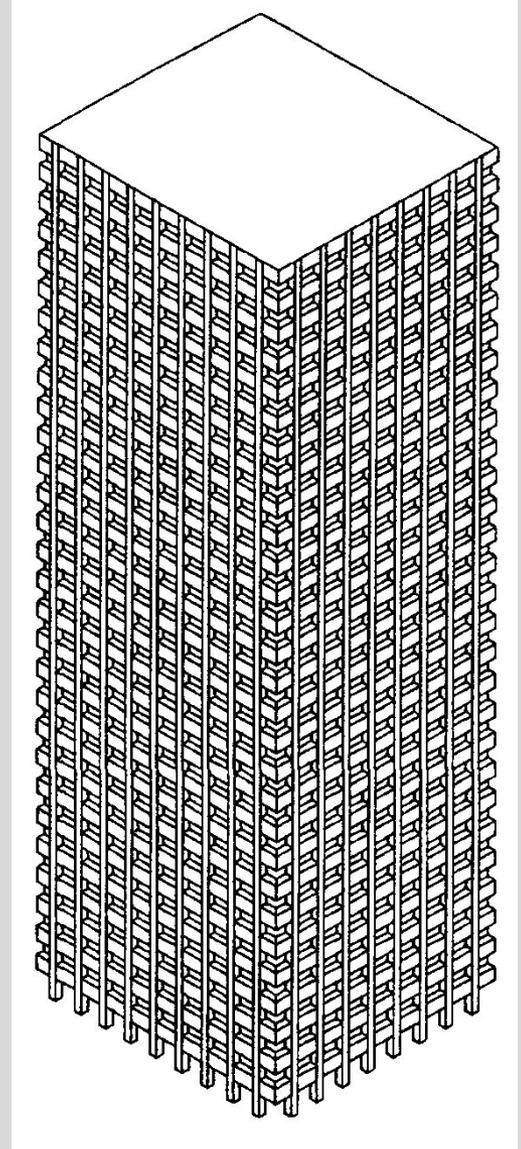


Рис. 5.28. Здание с рамным стволom

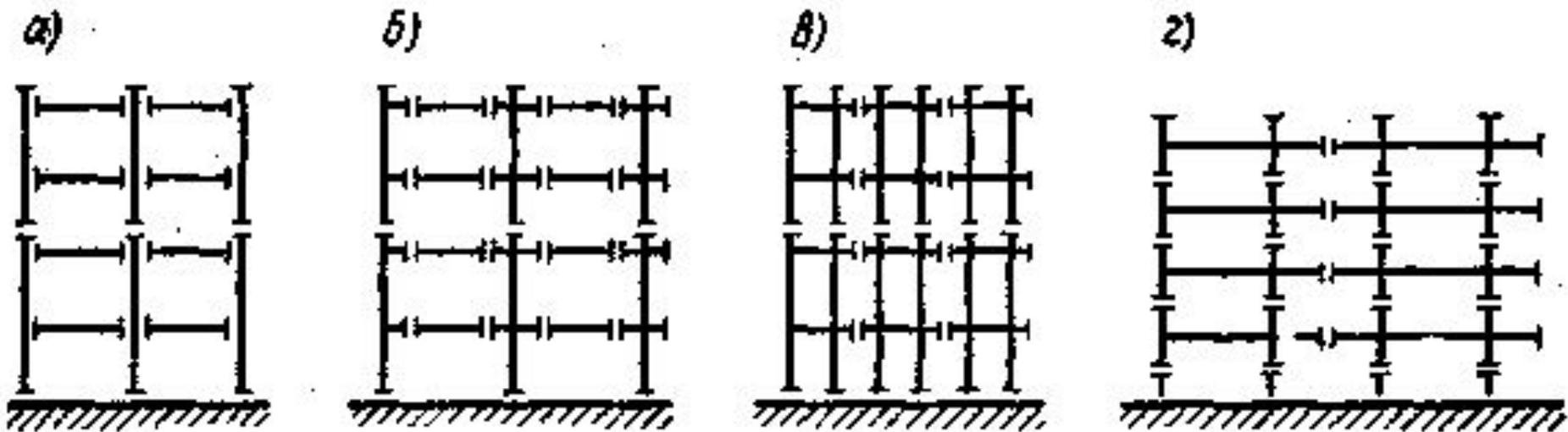


Рис. 5.29. Членение конструкций на отправочные элементы

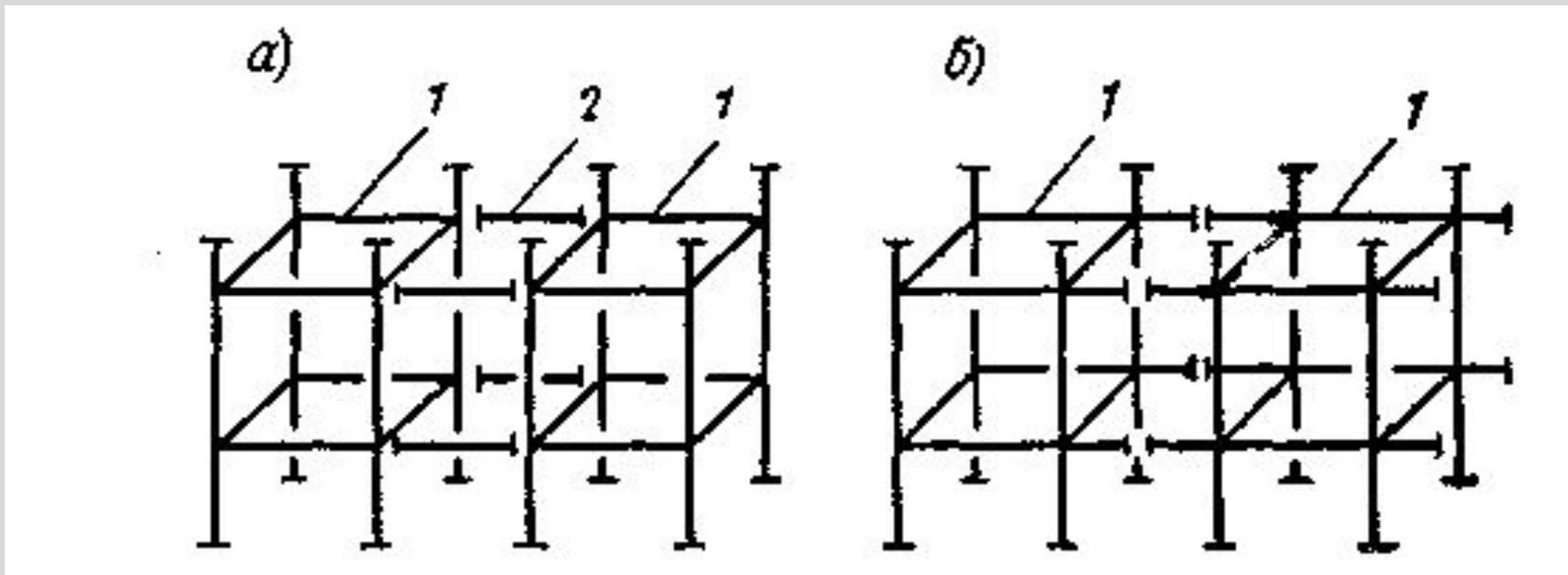


Рис. 5.30. Членение конструкций на монтажные элементы и блоки:
1 – монтажные пространственный блок; 2 – монтажный элемент ригеля