

Стальные каркасы многоэтажных и  
высотных зданий

# Общие соображения

## Основные предпосылки строительства многоэтажных промышленных зданий

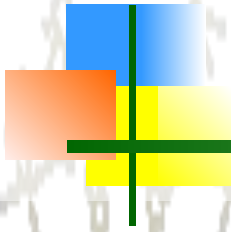
1. Вертикальная организация технологического процесса (перемещение материалов за счёт собственного веса);
2. Невысокие технологические нагрузки;
3. Отсутствие взрыво- и пожароопасных производств, требующих быстрой эвакуации;
4. Требования архитектурной выразительности в городской застройке;
5. Необходимость сокращения площади застройки из-за высокой стоимости земли в городах.

## Сталь или железобетон (?)

- По сравнению с железобетоном сталь обладает **большей** несущей способностью при **меньшей** собственной массе.
- С повышением этажности здания целесообразность применения **стального каркаса** увеличивается.
- В **смешанных каркасах** колонны нижних этажей выполняют из стали, а верхних – из железобетона.

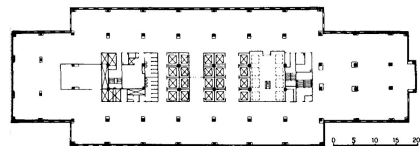


# Высотные здания

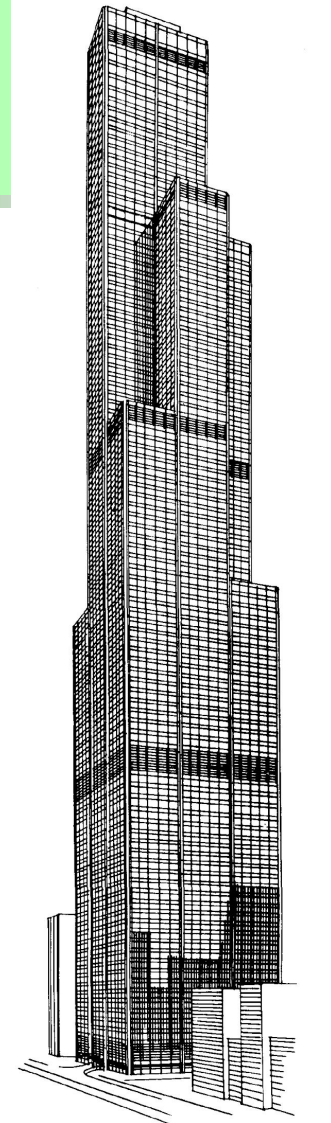


Нью-Йорк, Рокфеллер-центр, здание «Радио-Сити», 1931–1932 гг.

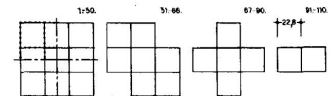
**Нью-Йорк, Рокфеллер-центр, 70-ти этажное здание «Радио-Сити» (1931-1932 г.)**



**Чикаго, «Сирс-билдинг» (1972-1974 г.) 109 этажей, высота 445 м.**



Чикаго, «Сирс-билдинг», 1972–1974 гг.



# Высотные здания

## **ВТЦ в Нью-Йорк-Сити**

Время строительства:

**1966-1973**

Число этажей – **110**

Высота – **411 м**

Размеры в плане:

**63,5 x 63,5 м**

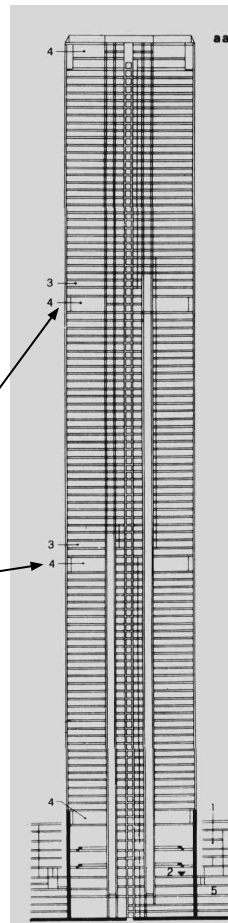


# Высотные здания

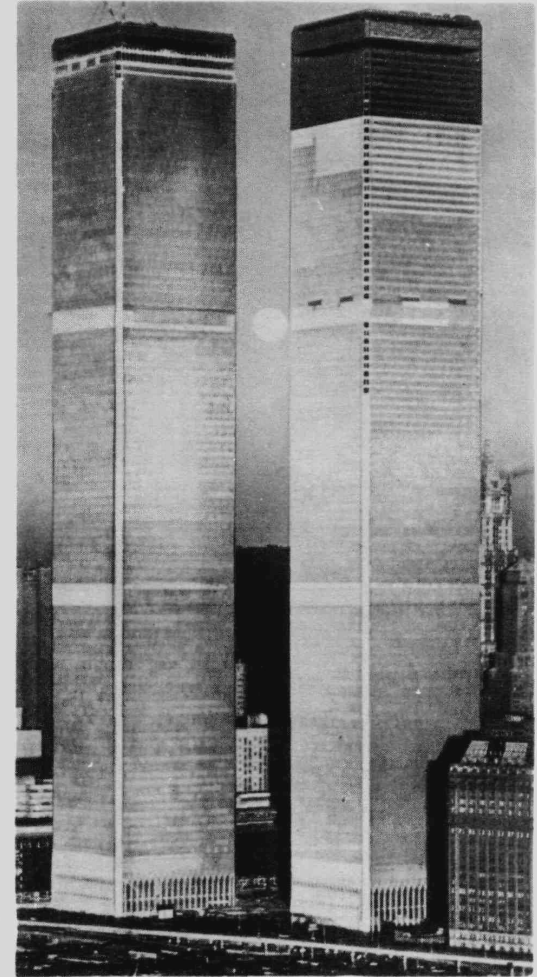
Снаружи здания устроена жёсткая пространственная решётка из колонн и ригелей, воспринимающая все горизонтальные нагрузки.

Внутренние колонны воспринимают только вертикальные нагрузки

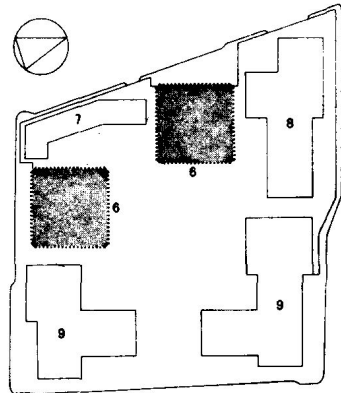
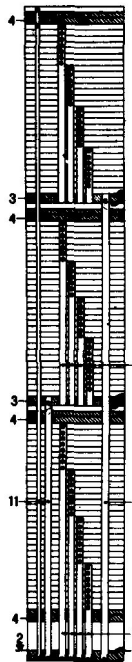
## Технические этажи



Вертикальный разрез башни  
1 вспомогательные здания  
2 уровень земной поверхности  
3 «лодочные» холлы  
4 технические этажи  
5 подземный гараж

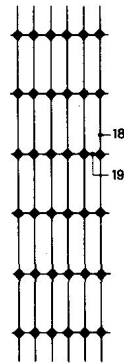


Вид на башни с р. Гудзон



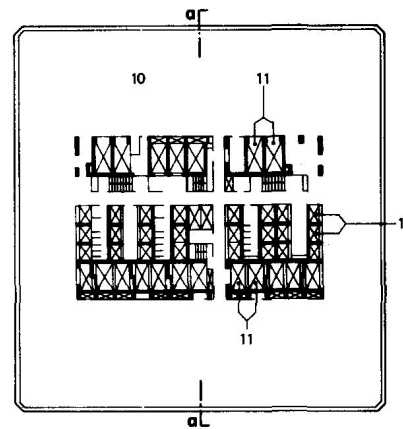
План комплекса зданий

Схема размещения лифтов

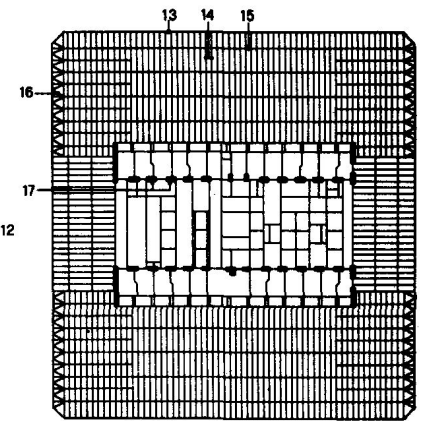


Конструктивная схема. Наружная стена шахтной конструкции

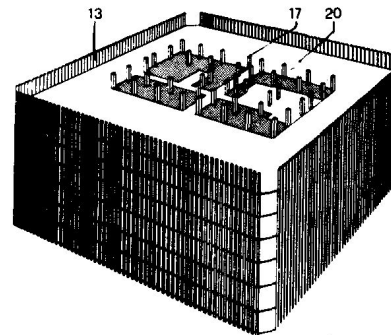
Элемент наружной стены



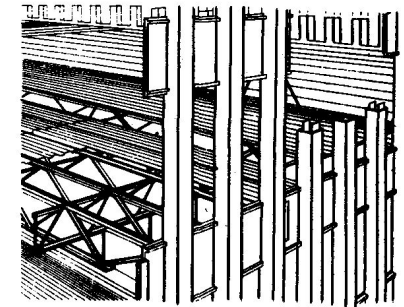
План типового этажа М 1:1300



Несущая конструкция перекрытия типового этажа



Шахтная конструкция, обеспечение жесткости несущих конструкций наружных стен с помощью дисков перекрытия



Монтаж сборных элементов наружных стен, смещенных по высоте на один этаж, и сборных элементов перекрытия

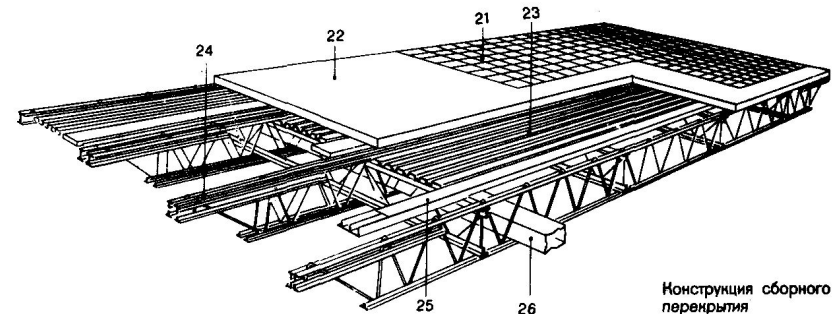
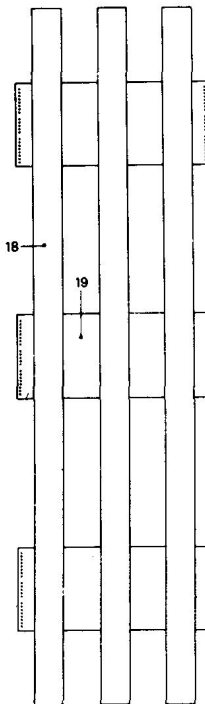
**Колонны** – пустотелого сечения 450x450 мм

**Ригели** высотой 1320 мм из стального листа, жёстко соединён с колоннами


**Перекрытия** – сборно-монолитные по стальным фермам высотой 900 мм.

Опираемые фермы на колонну - **шарнирное**

- 6 башня
- 7 гостиница
- 8 здание пошлны США
- 9 вспомогательные здания
- 10 служебная площадь
- 11 скоростной лифт
- 12 местный лифт
- 13 несущая наружная стена
- 14 ферма высотой 900 мм
- 15 второстепенная балка
- 16 горизонтальная связь
- 17 колонны ядра жесткости коробчатого профиля
- 18 колонны коробчатого профиля 450x450 мм
- 19 ригель с отверстиями для крепления к соседним элементам
- 20 диск перекрытия
- 21 настил пола
- 22 монолитный бетон
- 23 профилированные листы
- 24 фермы
- 25 канал электропроводки
- 26 канал кондиционирования



Конструкция сборного перекрытия

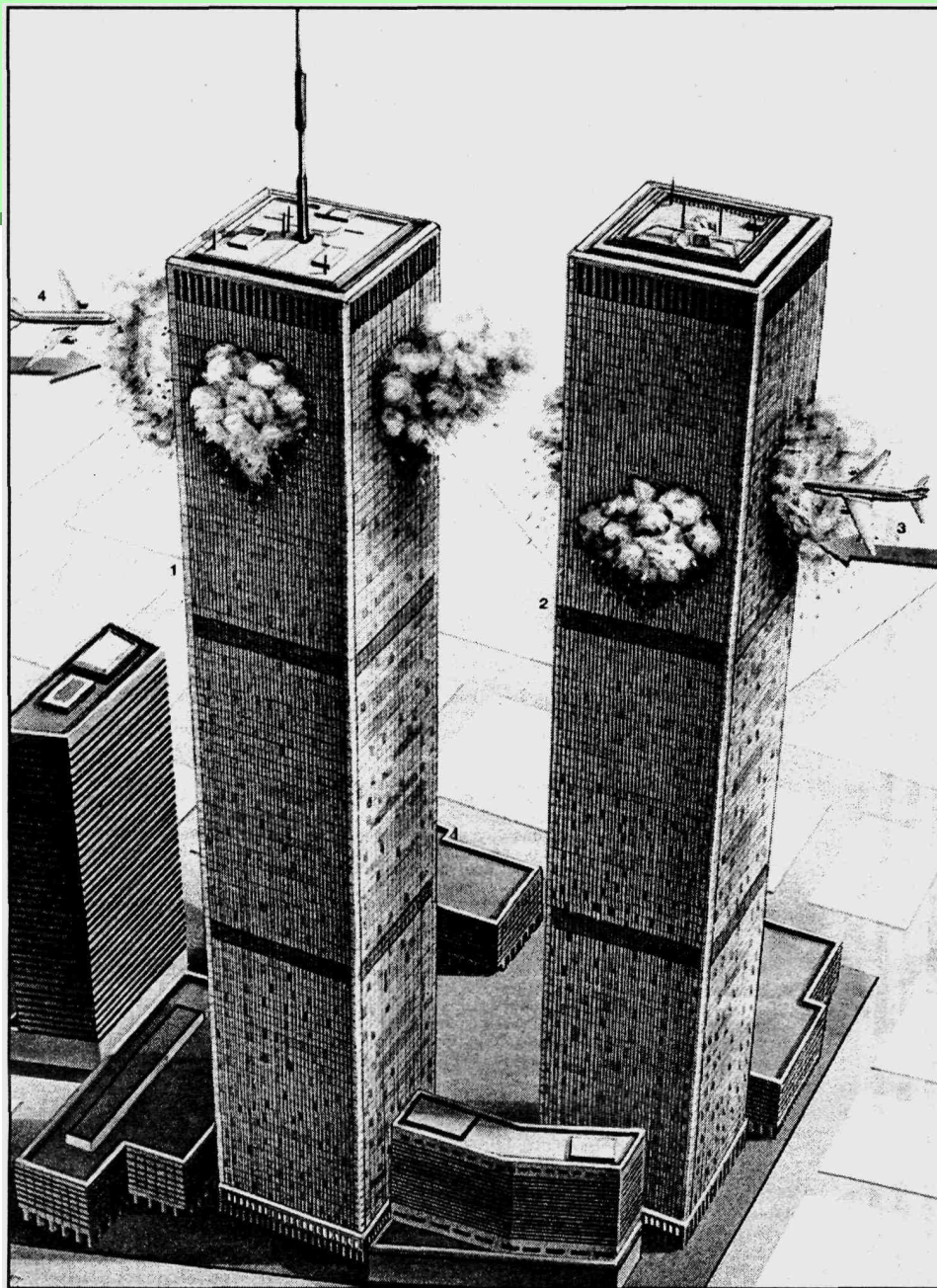


При проектировании был проведён расчёт на прочность от удара самолёта (Боинг-707, вес 150 т).

Каждая башня выдержала удар самолёта Боинг-767, который весил примерно на 30 т больше.

Пожар начался от взрыва топлива в баках самолётов, которые были заполнены на 70 %.

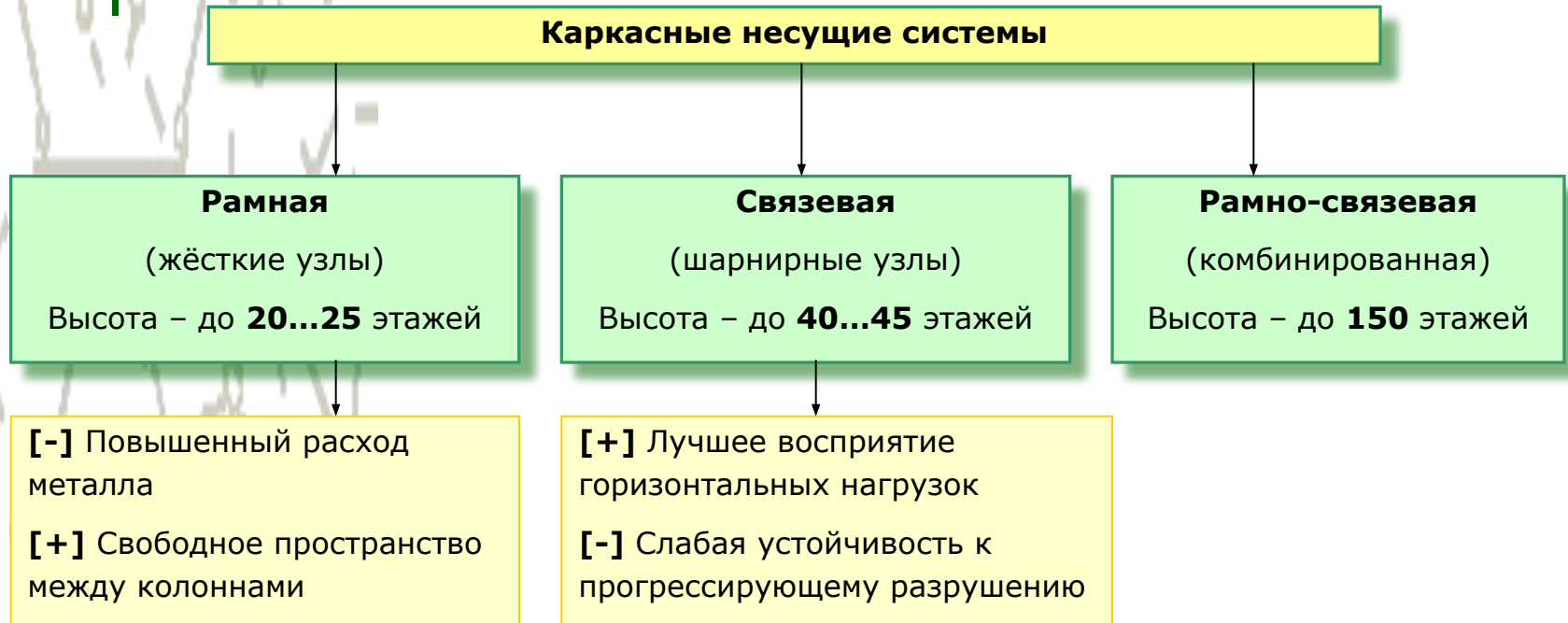
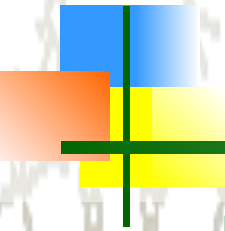
Температура 1000...1200°C вызвала быстрый нагрев стальных колонн и ригелей, из-за которого они потеряли свою прочность и произошло лавинообразное разрушение башен (соответственно через **103** и **62** минуты после удара)







# Каркасные несущие системы многоэтажных зданий



**Геометрическая неизменяемость и восприятие горизонтальных нагрузок в рамной системе обеспечивается жёсткостью узлов, а в связевой – установкой системы связей.**

# Рамная и связевая несущие системы

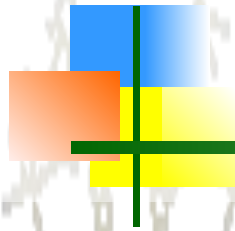
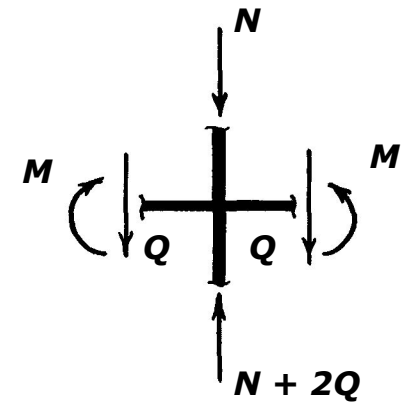
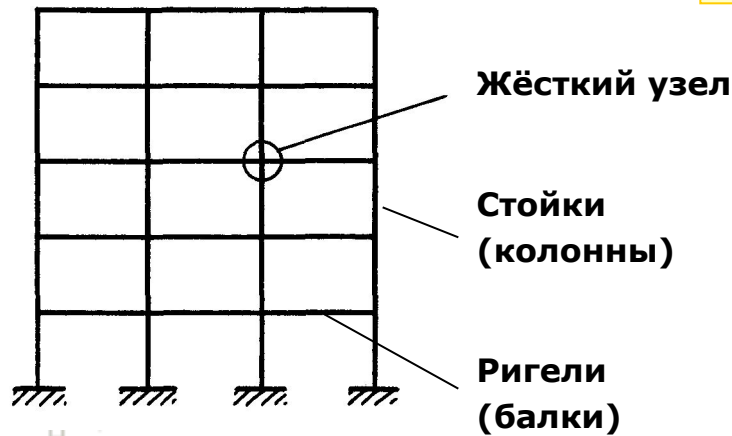
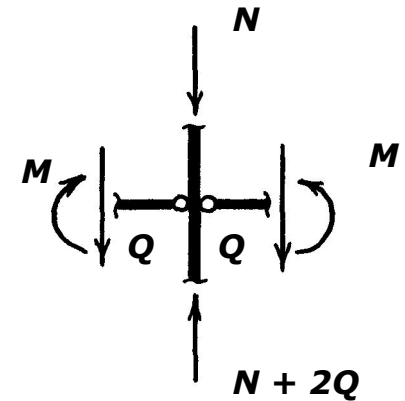
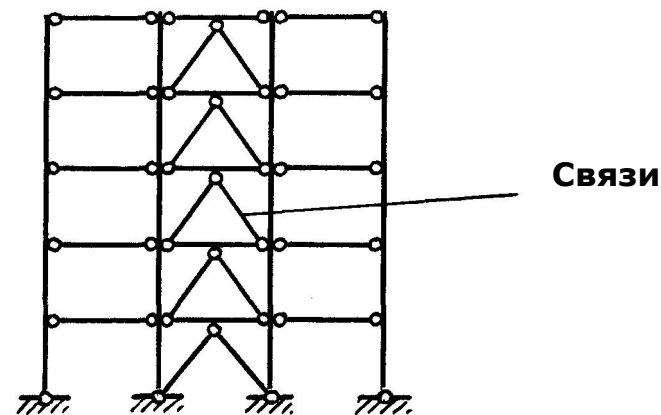


Схема усилий в узле при расчёте на вертикальную нагрузку

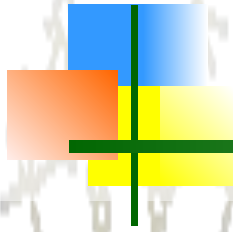
Рамная



Связевая

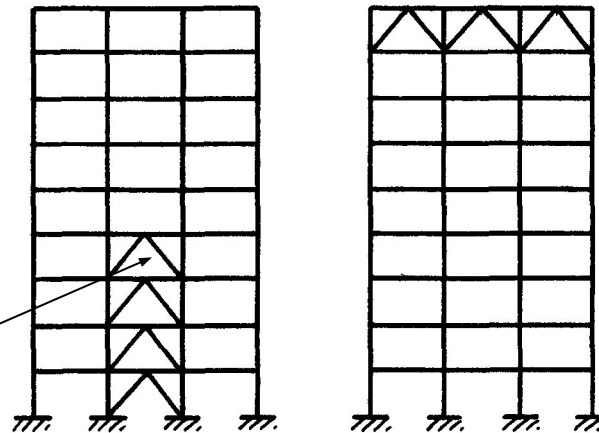


# Рамно-связевая несущая система

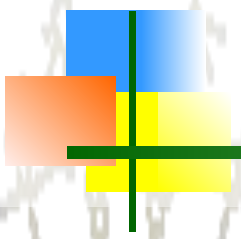


- В продольном направлении – рамная, в поперечном – связевая (или наоборот);
- На нижних этажах связевая, на верхних – рамная.

**Вертикальная связь (ростверк) способствует более полному включению вертикальных элементов каркаса в работу по восприятию горизонтальных нагрузок**



**Связевая часть воспринимает 70...90 % горизонтальных нагрузок**

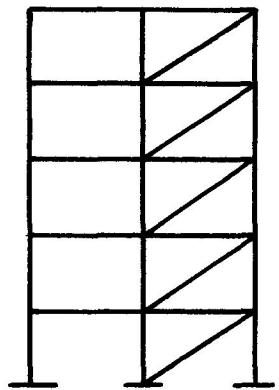


# Виды решёток связей

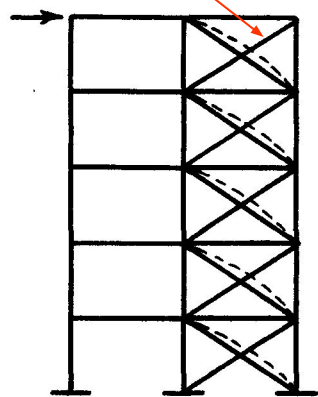
Работает только на растяжение

Позволяет устраивать проёмы

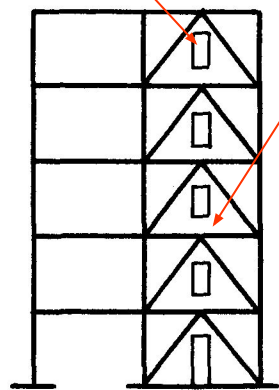
Уменьшает пролёт балки



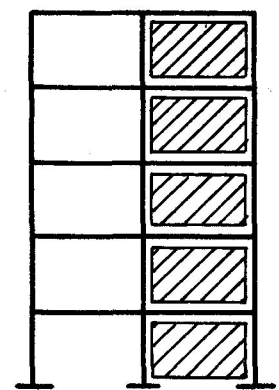
**Раскосная**



**Крестовая**

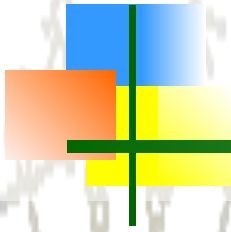


**Полураскосная  
[+]**



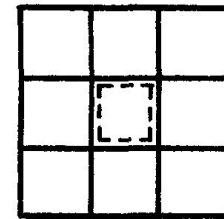
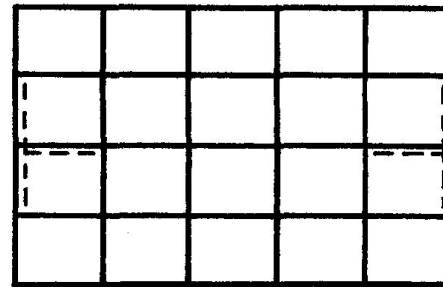
**Железобетонные  
диафрагмы  
жёсткости**

# Размещение связей в плане



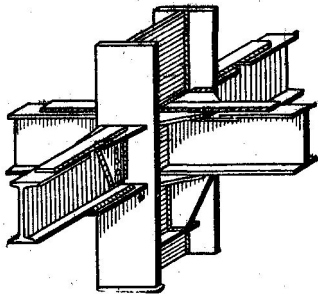
Связи следует располагать:

- **симметрично** относительно главных осей здания, чтобы не возникало его закручивание;
- не обязательно на всю ширину здания, но обязательно **на всю его высоту**.

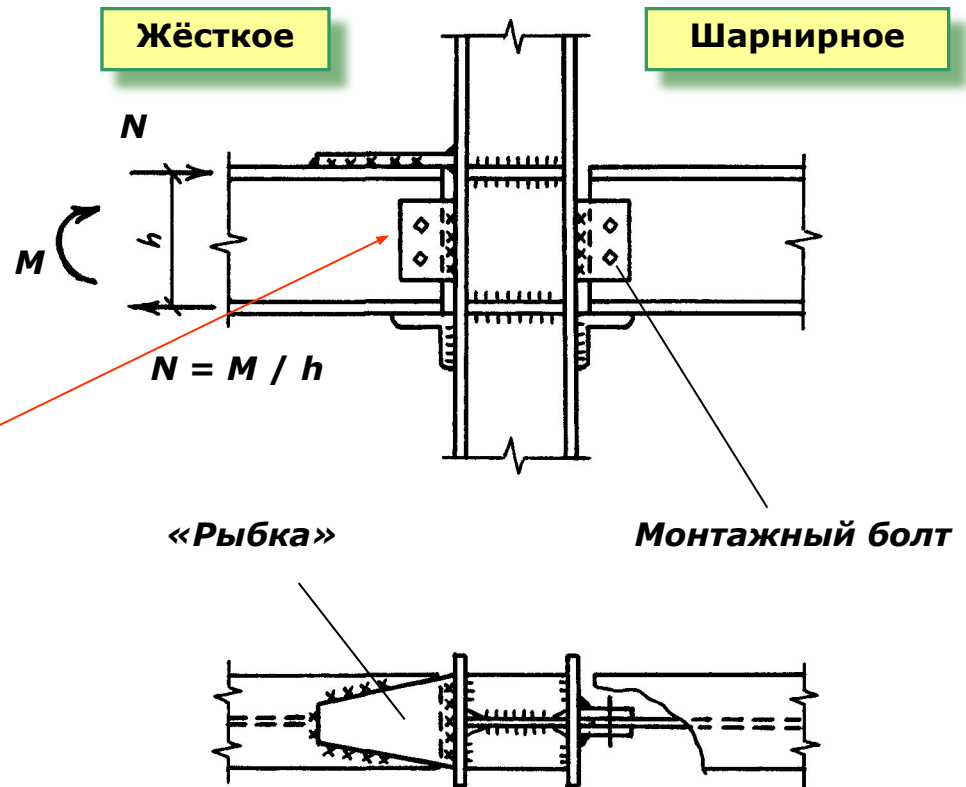


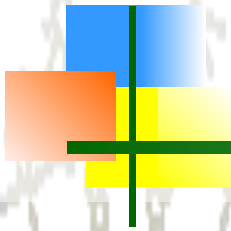
**Жёсткий диск** перекрытия распределяет горизонтальную нагрузку между связевыми элементами, поэтому их можно устанавливать не в каждом ряду, а через 2-3 ряда.

# Конструктивное решение узла соединения ригеля и колонны

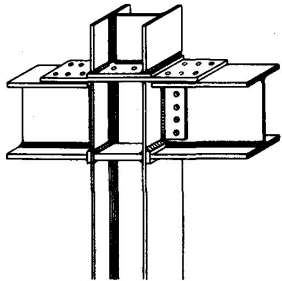


Соединительную планку **недопустимо** приваривать и к ригелю, и к колонне. В шве могут возникнуть перенапряжения.

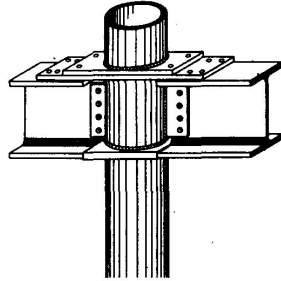




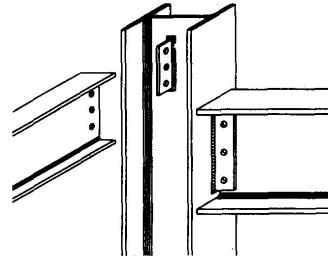
# Конструктивное решение узлов



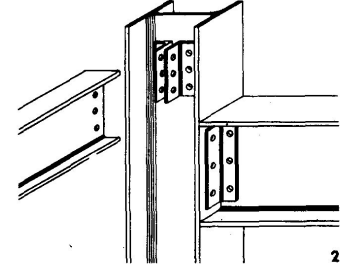
1



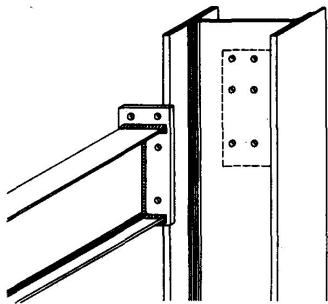
2



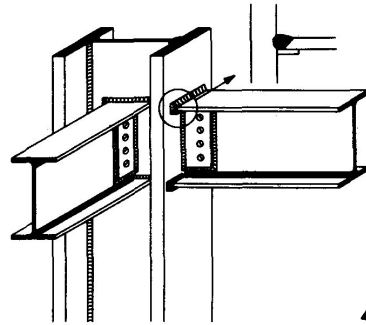
1



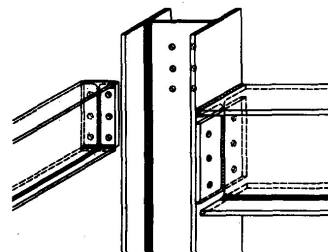
2



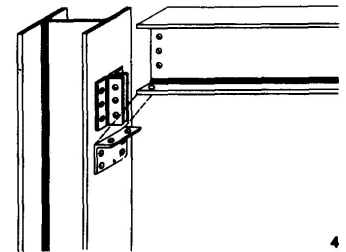
3



4



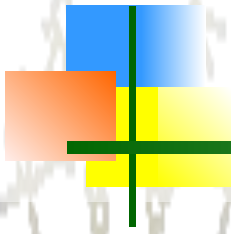
3



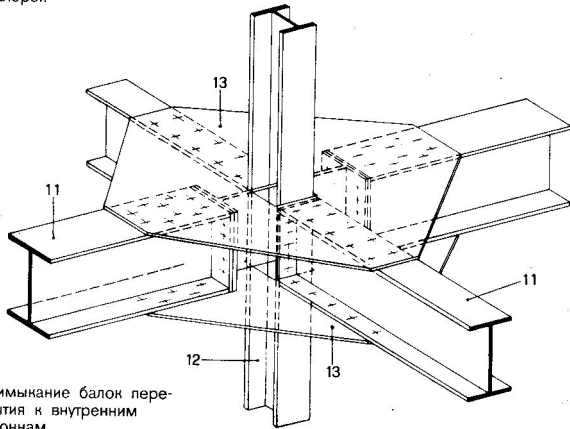
4



# Конструктивное решение узлов



галереи



Примыкание балок перекрытия к внутренним колоннам

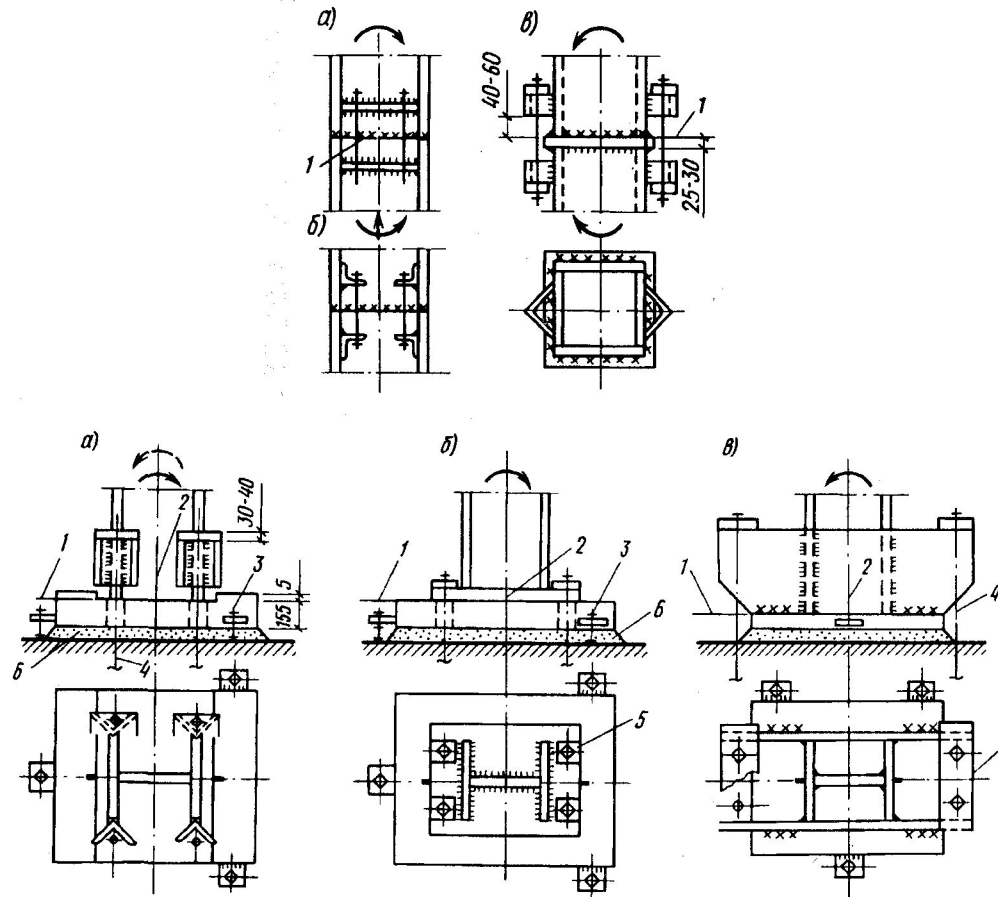
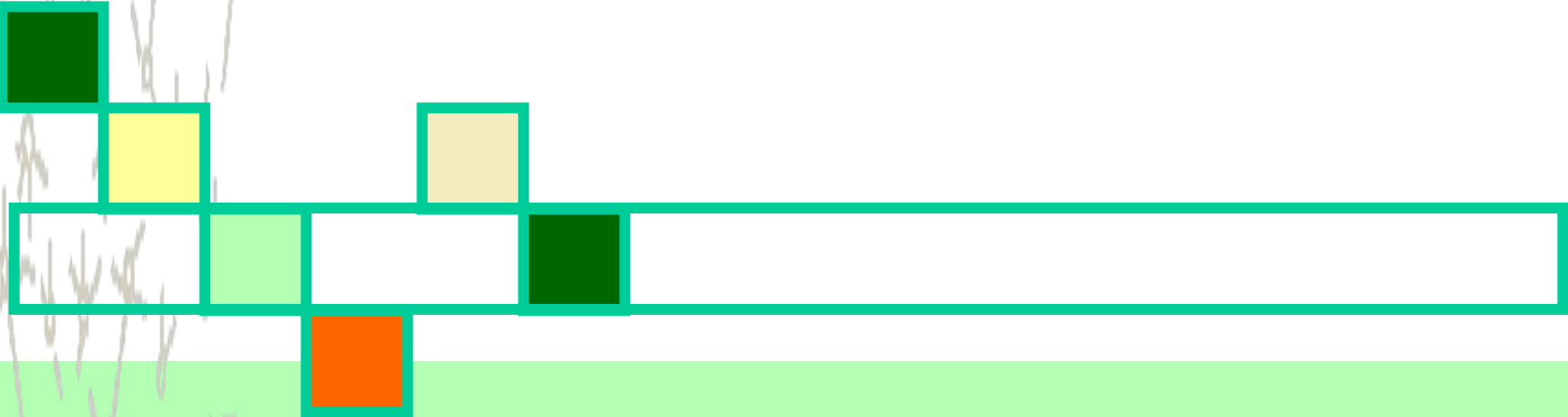
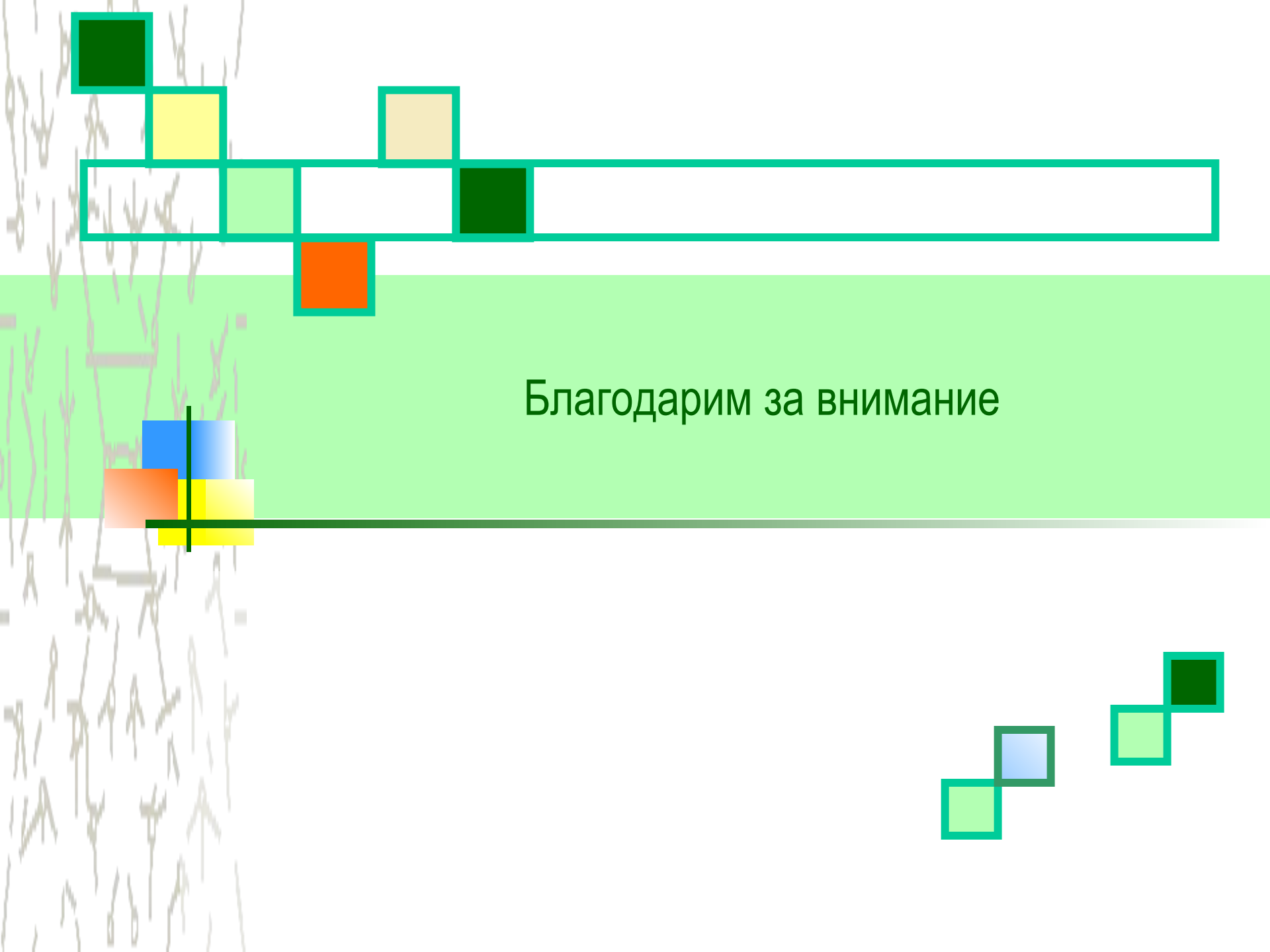


Рис. 21.14. Базы колонн с расчетными анкерными болтами

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



Благодарим за внимание

