

## Тема 2. Несущие остовы зданий.

Рассматриваемые вопросы:

Типы несущих остовов.

Виды конструктивных систем.

Понятие о пространственной жесткости и устойчивости зданий.

### 2.1 Типы несущих остовов.

**Несущим остовом** здания называется его конструктивная основа – пространственная система, состоящая из совокупности вертикальных и горизонтальных стержневых, плоскостных или объемных элементов – несущих конструкций и связей, соединяющих эти конструкции.

Важнейшее назначение несущего остова состоит в восприятии нагрузок, действующих на здание, «работе» на усилия от этих нагрузок с обеспечением конструкциям необходимых эксплуатационных качеств в течение всего срока их службы.

**Типы несущих остовов.** Горизонтальные несущие элементы перекрытий (покрытий) предназначены, прежде всего, для работы при действии на них разного рода вертикальных нагрузок, которые в виде опорных реакций передаются на вертикальные опоры. Кроме того, эти же перекрытия являются горизонтальными диафрагмами, воспринимающими в своей плоскости изгибающие и сдвигающие усилия от горизонтальных нагрузок, обеспечивая геометрическую неизменяемость здания в каждом из горизонтальных уровней, совместную работу вертикальных опор при таких нагрузках, перераспределение усилий между ними и т.п.

Вертикальные несущие конструкции воспринимают все виды воздействия нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации здания, и через фундаменты передают их на грунт. Вертикальные опоры являются определяющим признаком для классификации несущих остовов по типам. Известны два типа вертикальных опор:

*стержневые* (элемент, у которого один генеральный размер – длина – неизмеримо больше двух других – ширины и толщины) – колонны или стойки каркаса;

*плоскостные* – стены.

Так, стена, не зависимо от того, сложена ли она из бревен, выполнена ли из кирпича или из сборных панелей, всегда рассматривается как плоскостной элемент, один размер которого (толщина) значительно меньше других генеральных размеров.

Исходя из такого определения, различают два основных типа несущего остова зданий: каркасный и стеновой (бескаркасный). Третий – комбинированный (или смешанный) – состоит из различных сочетаний стержневых и плоскостных вертикальных элементов (стоек каркаса и стен).

Вся совокупность конструктивных элементов несущего остова многоэтажных зданий в каждом отдельном случае объединена между собой вполне определенным образом, образуя в пространстве единство закономерно расположенных частей, т.е. систему, которую называют конструктивной. По существу, это способ размещения несущих горизонтальных и вертикальных конструкций в пространстве, их взаимное расположение, способ передачи усилий и т.п.

## 2.2 Виды конструктивных систем

**Стеновой несущий остов** (бескаркасный с несущими стенами), который представляет собой жесткую и устойчивую коробку из взаимосвязанных стен и перекрытий (см. схемы ниже). Наружные и внутренние стены здания воспринимают нагрузки от междуэтажных перекрытий и покрытия. Этот конструктивный тип зданий широко распространен при возведении жилых домов, школ и других общественных зданий.

Различают следующие основные конструктивные системы стенового несущего остова:

- системы с продольно расположенными несущими стенами или, как принято говорить, с продольными несущими стенами (расположенными вдоль длинной, фасадной стороны здания и параллельно ей). Таких, параллельно расположенных стен, может быть две, три, четыре. Соответственно, бытуют упрощенные названия таких *стеновых остовов*: «двухстенка», «трехстенка» и т.п;

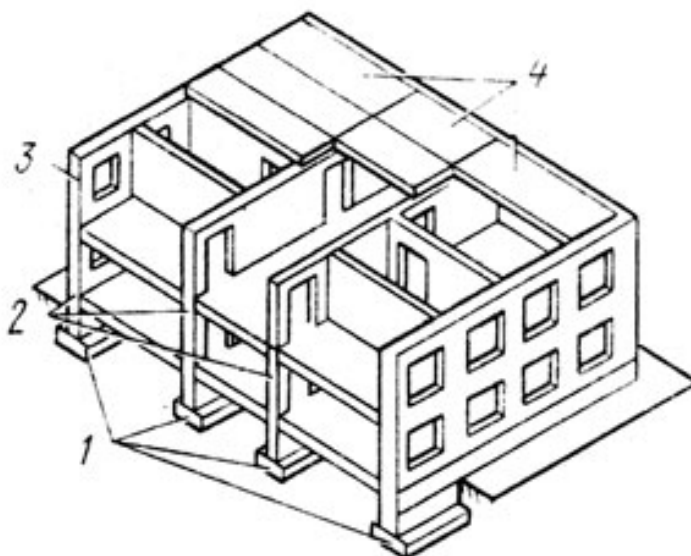


Рисунок 2.1 – Система с продольным расположением стен

1 – фундаменты; 2 – внутренние несущие стены; 3 – то же, наружные; 4 – панели междуэтажного перекрытия;

- системы с поперечно расположенными (с поперечными) несущими стенами.

Разновидности: с широким шагом (более 4,8 м); узким шагом (менее 4,2...4,8 м); со смешанными шагами;

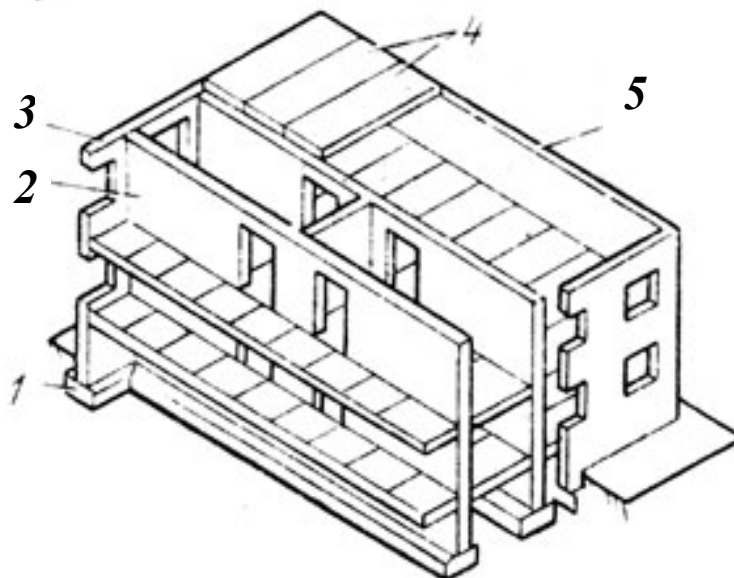


Рисунок 2.2 – Система с поперечным расположением стен

1 – фундаменты; 2 – внутренняя несущая стена; 3 – наружная самонесущая стена; 4 – панели междуэтажного перекрытия; 5 – торцовая наружная стена.

- системы с перекрестным расположением несущих стен (перекрестно-стенная система).

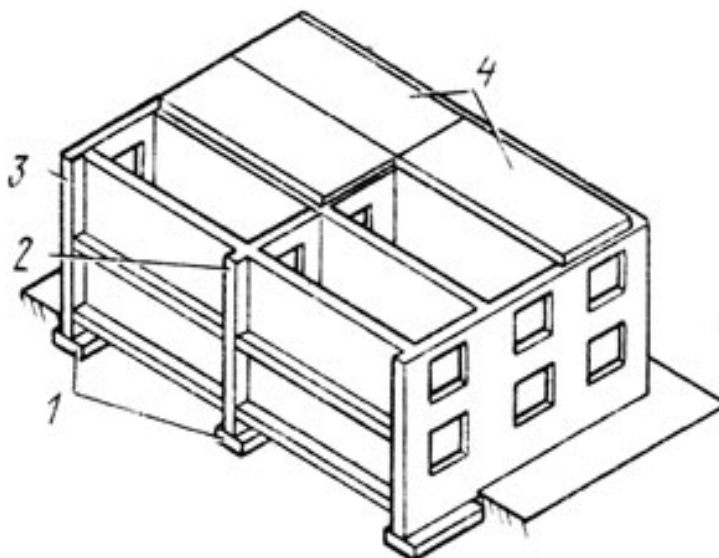


Рисунок 2.3 – Перекрестно-стенная система

1 – фундаменты; 2 – внутренние несущие стены; 3 – то же, наружные; 4 – панели междуэтажного перекрытия;

**Каркасный несущий остов** представляет собой пространственную систему (каркас; см. схему ниже), образованную: (для производственных зданий) колоннами, подкрановыми балками, стропильными и подстропильными

фермами или же (для гражданских зданий) колоннами, ригелями и плитами междуэтажных перекрытий и покрытий, которая воспринимает все нагрузки, действующие на здание. Для зданий каркасного типа характерно четкое разделение конструкций по особенностям их работы (на несущие и ограждающие).

Определяющим признаком в каркасном несущем остове является *расположение ригелей* каркаса. Ригелем называется стержневой горизонтальный элемент несущего остова (главная балка, ферма и т.п.), передающий нагрузки от перекрытий непосредственно на стойки каркаса. Различают четыре типа конструктивных каркасных систем:

– с поперечным расположением ригелей;

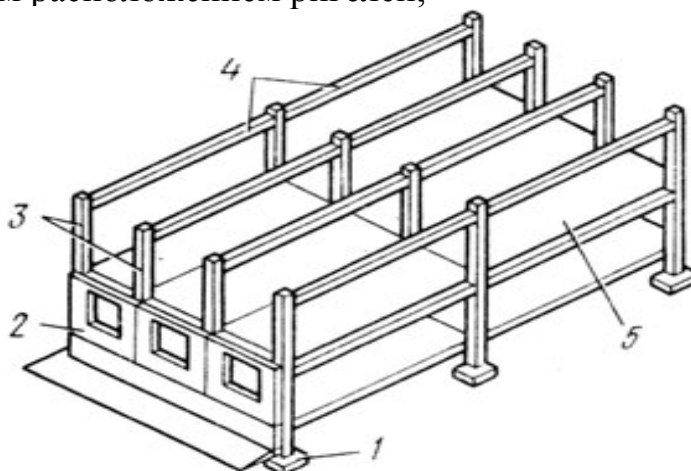


Рисунок 2.3 – Конструктивная система с поперечным расположением ригелей

1 – столбчатый фундамент; 2 – наружная самонесущая стена; 3 – колонны; 4 – ригели; 5 – панели перекрытия.

– с продольным расположением ригелей;

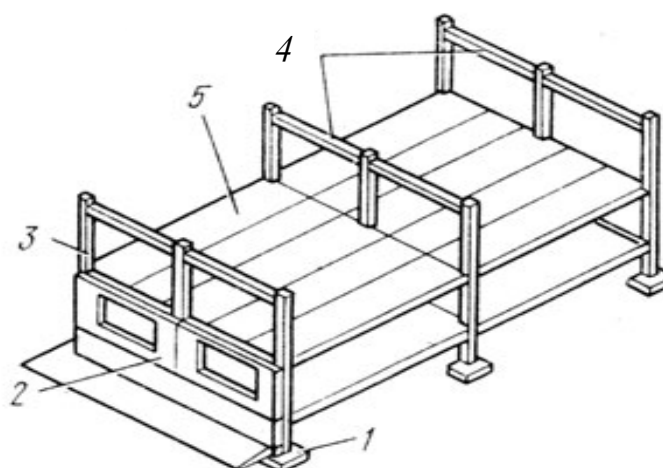


Рисунок 2.4 – Конструктивная система с продольным расположением ригелей

1 – столбчатый фундамент; 2 – наружная самонесущая стена; 3 – колонны; 4 – ригели; 5 – панели перекрытия.

– с перекрестным расположением ригелей;

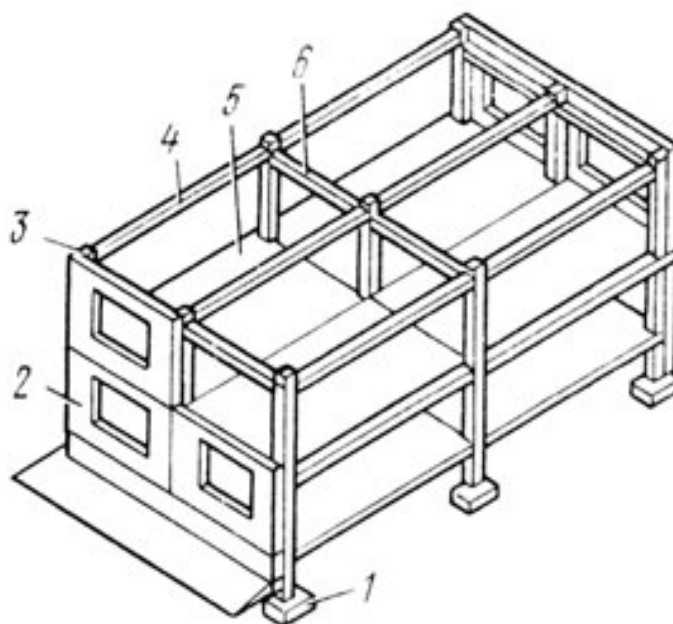


Рисунок 2.5 – Конструктивная система с перекрестным расположением ригелей

1 – столбчатый фундамент; 2 – наружная самонесущая стена; 3 – колонны; 4, 6 – ригели; 5 – панели перекрытия.

– с безригельным каркасом, при котором ригели отсутствуют, а гладкие или кессонированные плиты перекрытий (так называемые безбалочные) опираются или на капители колонн, или непосредственно на колонны.

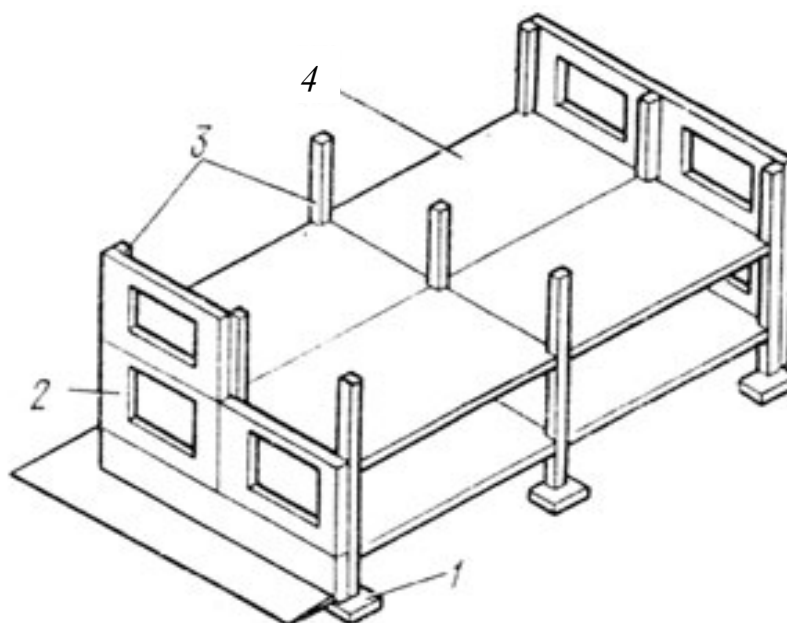


Рисунок 2.6 – Конструктивная система с безригельным решением

1 – столбчатый фундамент; 2 – наружная самонесущая стена; 3 – колонны; 4 – панели перекрытия.

### **Комбинированный несущий остов.**

Среди большого разнообразия сочетаний стержневых и плоскостных вертикальных опор наиболее часто встречаются:

- системы расположения стен по периферии, а стоек каркаса – внутри здания («неполный каркас»); эту систему, учитывая осадку кладки при «неосадочных» столбах, не рекомендуется применять выше 9-ти этажей (рисунок 2.7, а);
- системы, в которых каркас расположен в пределах нижних 1...3 этажей, а выше находится бескаркасный несущий остов;
- системы со стеновым остовом – в одном или в нескольких центрально расположенных стволах, которые обстроены по периферии стойками каркаса в один или несколько рядов и т.д.

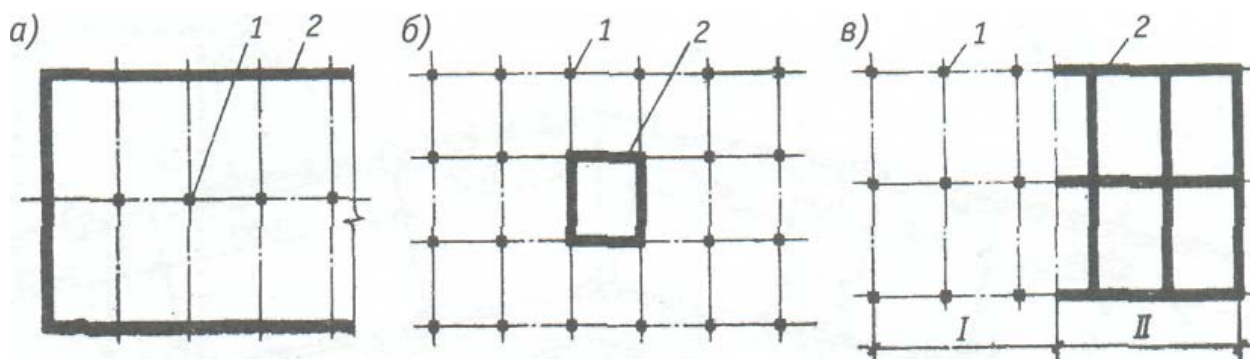


Рисунок 2.7 – Конструктивные системы комбинированного остова:  
 а – неполный каркас; б – с ядром жесткости; в – с каркасным остовом в первых этажах (I) и со стеновым в вышележащих этажах (II);  
 1 – колонна; 2 – несущая стена

Выбор конструктивных систем – один из основных вопросов, решаемых при проектировании зданий.

*Стеновой* (бескаркасный) несущий остов – самый распространенный в жилищном строительстве. Размеры жилых ячеек, необходимость членений стенами и перегородками с обеспечением звукоизоляции квартир и другие особенности обуславливают техническую целесообразность и экономическую оправданность применения бескаркасных зданий при строительстве жилища, а также тех гражданских зданий, в которых преобладает многоячеековая планировочная структура (гостиницы, санатории, больницы и т.п.).

В зависимости от принятой строительной системы, высота зданий со стеновым остовом обычно ограничивается 25...30 этажами. Предпочтительными *строительными системами* в этих случаях являются: стены из камней ручной кладки, из крупных блоков или панелей, стены из монолитного железобетона. При этом крупнопанельные системы возводят, главным образом, с поперечными несущими стенами, тогда как применение наружных панелей с продольными несущими стенами рекомендуется ограничить 5...6 этажами.

При кирпичных несущих стенах и крупных блоках невыгодна высота здания выше 10... 14 этажей.

В производственных, общественных и жилых зданиях – особенно повышенной этажности (более 30 этажей) – предпочтительным типом несущего остова является *каркасный*.

*Комбинированный* несущий остов чаще применяется при строительстве гражданских многоэтажных зданий; в промышленном же строительстве он используется значительно реже. Системы, в которых первые два–три этажа каркасные, а остальные – бескаркасные, характерны для строительства многоэтажных жилых зданий на магистральных улицах, а также гостиниц, санаториев и т.п., т.е. зданий, в которых функционально используют первые этажи.

Широкое распространение в последнее время получают системы с *безригельным* каркасом и монолитными безбалочными перекрытиями. Расположение ригелей в двух направлениях характерно для многоэтажных каркасных зданий при строительстве в сейсмических районах. *Безригельный* каркас применяется обычно в многоэтажных производственных зданиях со значительными нагрузками на перекрытия, а также в многоэтажных гражданских зданиях.

### 2.3 Понятие о пространственной жесткости и устойчивости зданий.

Устойчивость обеспечивается целесообразным взаимным сочетанием и расположением составных элементов конструкций зданий в соответствии с величиной и направлением внешних усилий; она зависит также от надежности основания.

*Устойчивостью* здания называют его способность противодействовать усилиям, стремящимся вывести здание из исходного состояния статического или динамического равновесия. Например, при действии ветра равнодействующая сил должна находиться в пределах подошвы фундамента (рисунок 2.8).

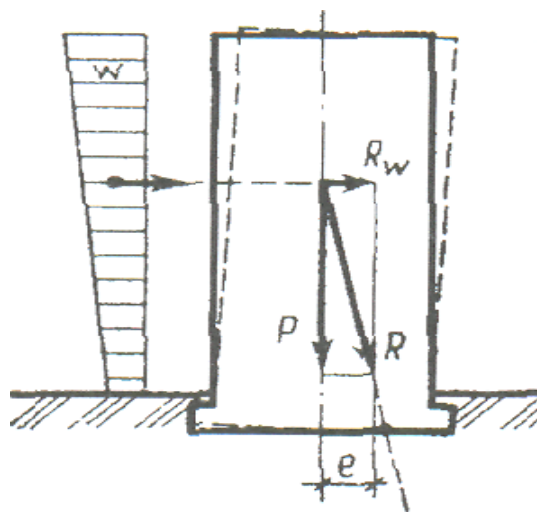
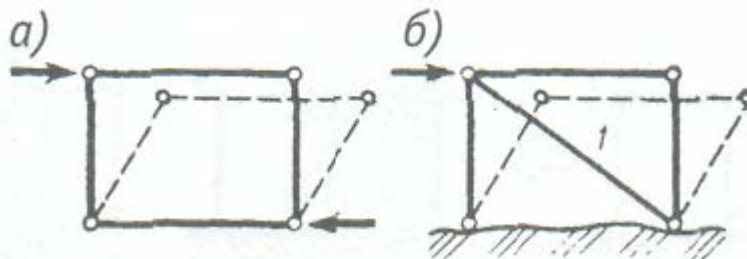


Рисунок 2.8 – Схема устойчивой работы здания на ветровую нагрузку:

$W$ ,  $R_w$  – давление ветра;  $P$  – суммарная вертикальная нагрузка;  $R$  – равнодействующая;  $e$  – эксцентриситет

*Пространственная жесткость* несущего остова – это характеристика системы, отражающая ее способность сопротивляться деформациям или, что то же, способность сохранять *геометрическую неизменяемость формы*.

В строительной механике сооружение называется геометрически изменяемым в пространстве, если оно теряет форму при действии нагрузки; например, шарнирный четырехугольник (рисунок 2.9, а), к которому приложена небольшая горизонтальная сила; и, наоборот, шарнирный треугольник (рисунок 2.10, б) – геометрически неизменяемая система.



а – изменяемая; б - неизменяемая; 1 – диагональный стержень

Рисунок 2.9 – Геометрически изменяемые и неизменяемые стержневые системы

Превращение четырехугольника в геометрически неизменяемую систему можно осуществить двумя способами:

- ввести один диагональный стержень 1 (рисунок 2.10, б)
- или заменить узел шарнирного соединения стержней на «жесткий», неизменяемый, способный воспринимать узловые моменты (так называемый *рамный*, (рисунок 2.11).

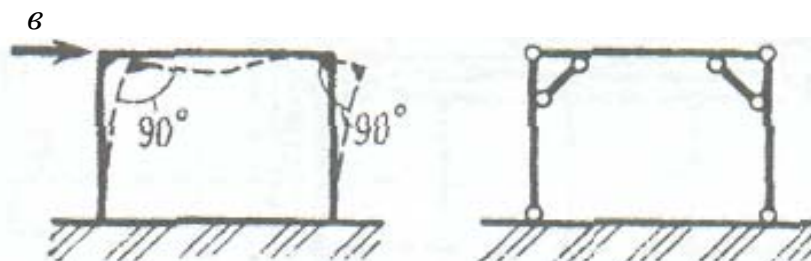


Рисунок 2.10 – Рамные конструкции;

Систему (схему), полученную первым способом, называют *связевой* – по наименованию диагонального стержня, именуемого *связью*. Вторую – *рамной*.

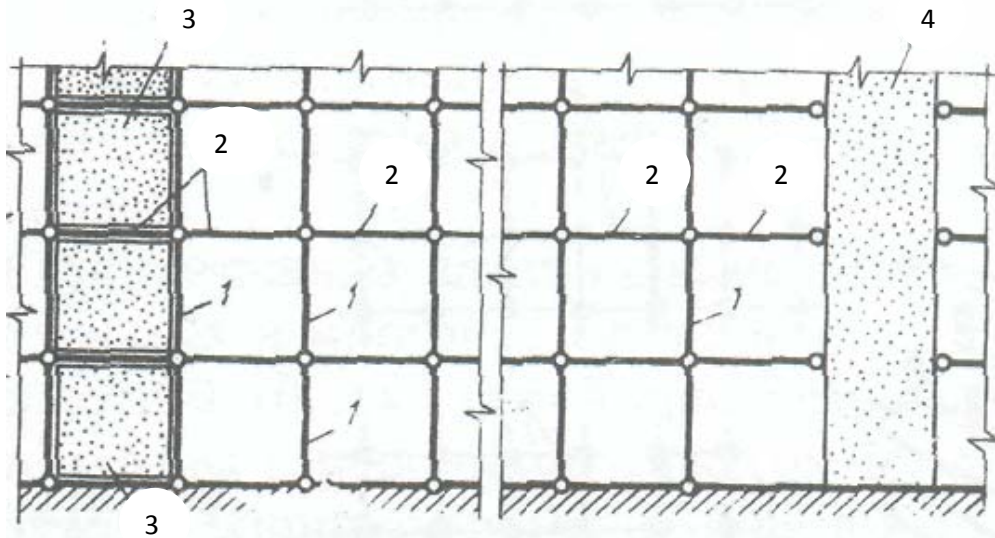
Понятие же «геометрическая неизменяемость» тождественно понятию «пространственная жесткость», принятому в строительной практике. Соответственно, связи именуют «*связями жесткости*».

Помимо диагонального стержня, геометрическая неизменяемость систем обеспечивается и другими способами: введением *диафрагмы жесткости*, *ядер жесткости* (рисунок 2.11, б) и т.п. Например, если в шарнирный четырехугольник вставить без зазоров панель – диафрагму – так, что она будет способна воспринимать сдвиговые усилия и моменты в своей плоскости, т.е. «исполнять обязанности» жесткого диска, то ее роль равносильна роли диагонального



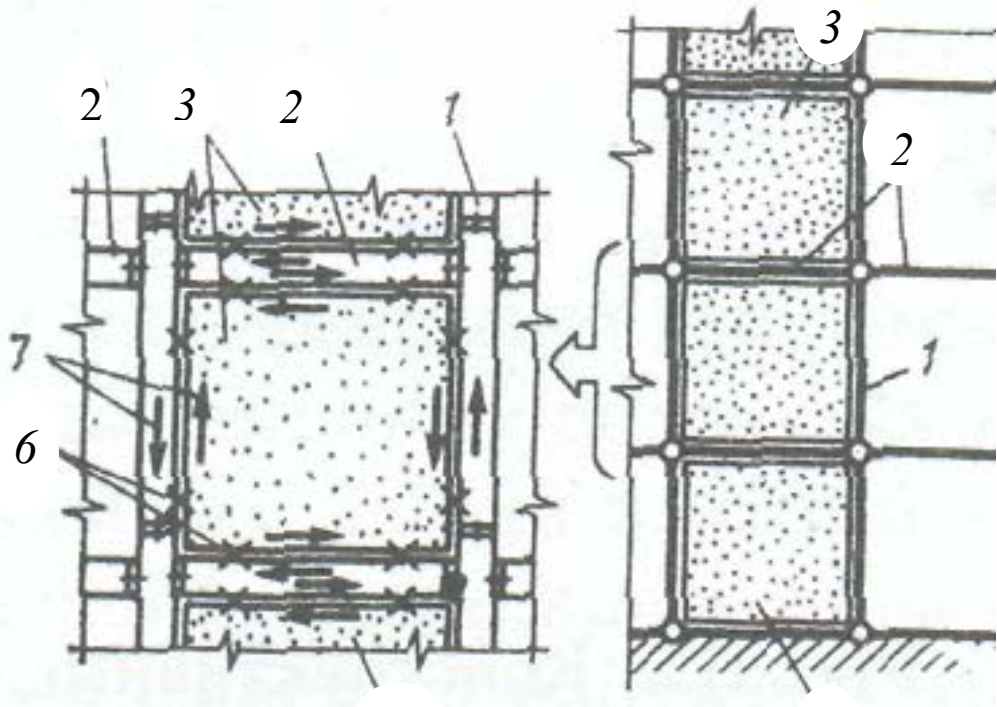
стержня; диафрагму жесткости относят к варианту «связей жесткости» (рисунок 2.11).

Такой же эффект получается, если шарнирная система соединена с плоской стенкой пилоном и т.п. Вместе с тем, когда говорят «связи», то в первую очередь имеют в виду связи *стержневые* или *решетчатые*.



1 – стойка; 2 – ригель (плита) перекрытия; 3 – панель жесткости (диафрагма); 4 – стена жесткости;

Рисунок 2.11. а – Вертикальные элементы жесткости (связи) – диафрагмы (панели жесткости)



1 – стойка; 2 – ригель (плита) перекрытия; 3 – панель жесткости (диафрагма); 4 – стена жесткости; 6 – места сварки панелей жесткости с элементами каркаса; 7 – скалывающие усилия

Рисунок 2.11. б – Работа диафрагмы (панели жесткости)

Таким образом, существуют два способа обеспечения жесткости плоских систем – по *рамной* и по *связевой* схемам.

Если все горизонтальные и вертикальные нагрузки воспринимаются только каркасом, узлы которого выполняют как узлы жестких рам, каркас называется *рамным*.

Когда же горизонтальные нагрузки воспринимаются вертикальными диафрагмами или ядрами жесткости (стволами), то каркасы такого типа именуют *связевыми*.

Сочетанием связевого и рамного каркасов является *рамно-связевый*, в котором горизонтальные и вертикальные нагрузки воспринимаются совместно рамами каркаса и стенками или ядрами жесткости.

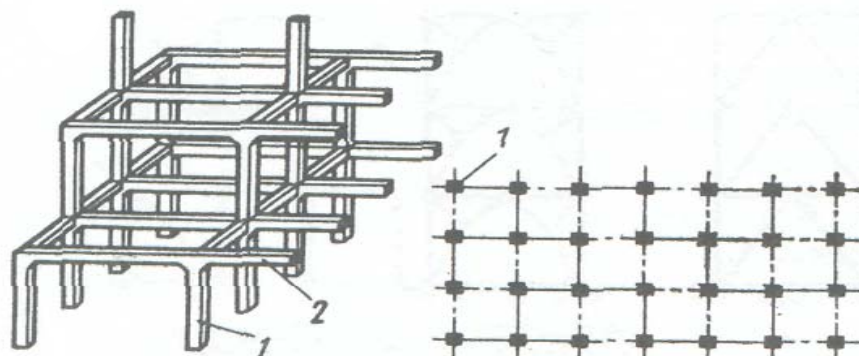
В третьем направлении – горизонтальном – перекрытия обычно рассматриваются как жесткие диафрагмы.

Все эти варианты встречаются при проектировании каркасного несущего остова (рисунок 2.13, 2.14).

Рамная схема наиболее целесообразна для проектирования неординарных зданий, отличающихся от рядовых.

*Рамная* схема представляет собой систему плоских рам (одно- и многопролетных; одно- и многоэтажных), расположенных в двух взаимно перпендикулярных (или под другим углом) направлениях – систему стоек и ригелей, соединенных жесткими узлами при их сопряжениях в любом из направлений (рисунок 2.13).

Рамная схема применяется сравнительно редко.



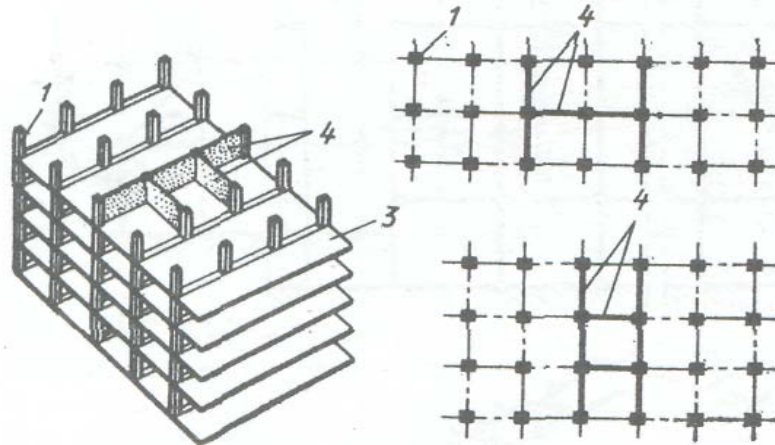
1 — колонна; 2 — ригель

Рисунок 2.12 – Рамная схема каркаса

Из перечисленных выше конструктивных схем каркасного несущего остова наиболее простой в массовом применении для гражданских зданий является *связевая*.

*Связевая* схема решения каркаса здания наиболее проста в осуществлении. Решетчатые связи, или диафрагмы жесткости, вставляемые между колоннами, устанавливаются через 24...30 м, но не более 48 м, и в продольном, и в поперечном направлениях; обычно эти места совпадают со стенами лестничных клеток (рисунок 2.13).

**Связевая** схема оправдывает свое широкое применение большей простотой построечных работ, меньшими затратами труда и материалов и т.п.

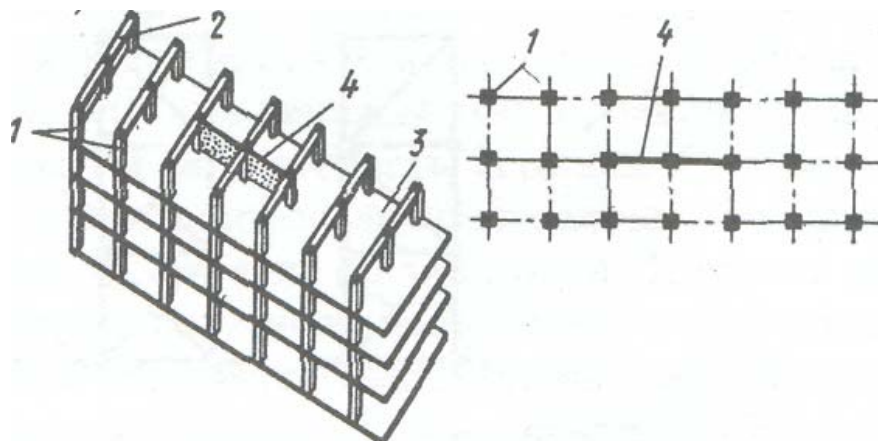


1 – колонна; 2 – диафрагма жесткости; 3 – жесткий диск перекрытия;

Рисунок 2.13 – Связевая схема каркаса

При стеновом несущем остове и при различных системах остовов с неполным каркасом обычно применяют связевую схему; при этом наружные или внутренние стены выполняют функции диафрагмы или ядер жесткости, т.е. в этом случае не требуется установка дополнительных стен

Рамно-связевая целесообразнее для производственных зданий с большими нагрузками и со свободными от связей пролетами в направлениях вдоль здания. *Рамно-связевая схема* решается в виде системы плоских рам, шарнирно соединенных в другом направлении элементами междуэтажных перекрытий.



1 – колонна; 2 – ригель; 3 – жесткий диск перекрытия; 4 – диафрагма жесткости

Рисунок 2.14 – Рамно-связевая схема каркаса

Для обеспечения жесткости в этом направлении ставятся решетчатые связи или стенки (диафрагмы) жесткости. Плоские рамы удобнее устанавливать поперек здания (рисунок 2.14).

Здание любого типа должно быть не только достаточно прочным: не разрушаться от действия нагрузок, но и обладать способностью сопротивляться опрокидыванию при действии горизонтальных нагрузок, и иметь пространственную жесткость, т. е. способность как в целом, так и в отдельных его частях сохранять первоначальную форму при действии проложенных сил.

Пространственная жесткость бескаркасных зданий (рисунок 2.15) обеспечивается несущими наружными и внутренними поперечными стенами, в том числе стенами лестничных клеток, связанными с наружными продольными стенами, а также междуэтажными перекрытиями, связывающими стены и разделяющими их по высоте здания на отдельные ярусы.

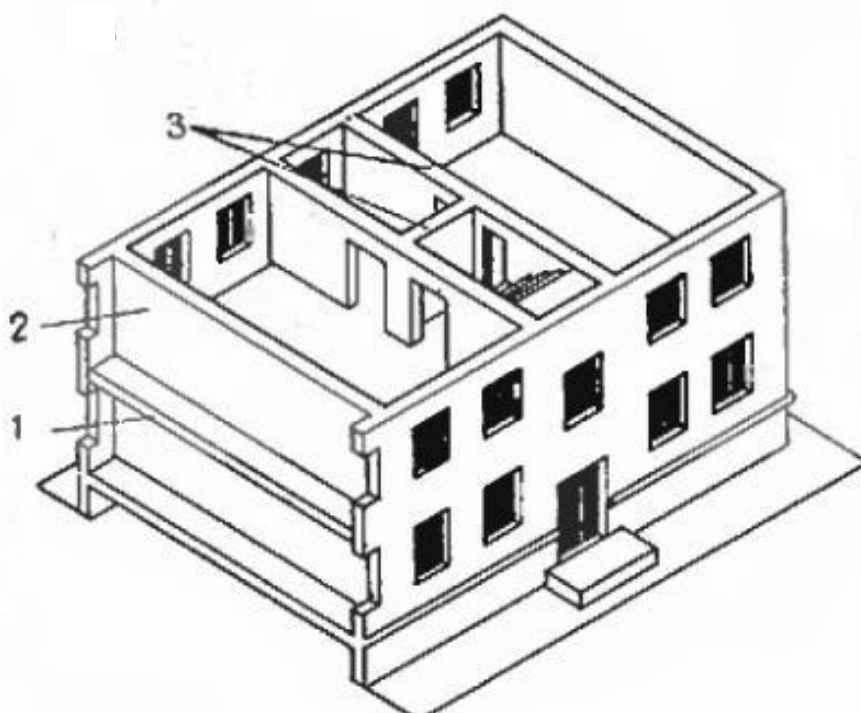


Рисунок 2.15 – Элементы, обеспечивающие пространственную жесткость бескаркасных зданий

1-междуэтажное перекрытие 2- внутренние стены: 3 - стены лестничных клеток

Пространственная жесткость каркасных зданий (рисунок 2.16) обеспечивается:

- совместной работой колонн, связанных между собой ригелями и перекрытиями и образующих геометрически не изменяемую систему;
- установкой между колоннами стенок жесткости 1 или стальных вертикальных связей;
- сопряжением стен лестничных клеток с конструкциями каркаса;
- укладкой в междуэтажных перекрытиях (между колоннами) панелей-распорок 3.

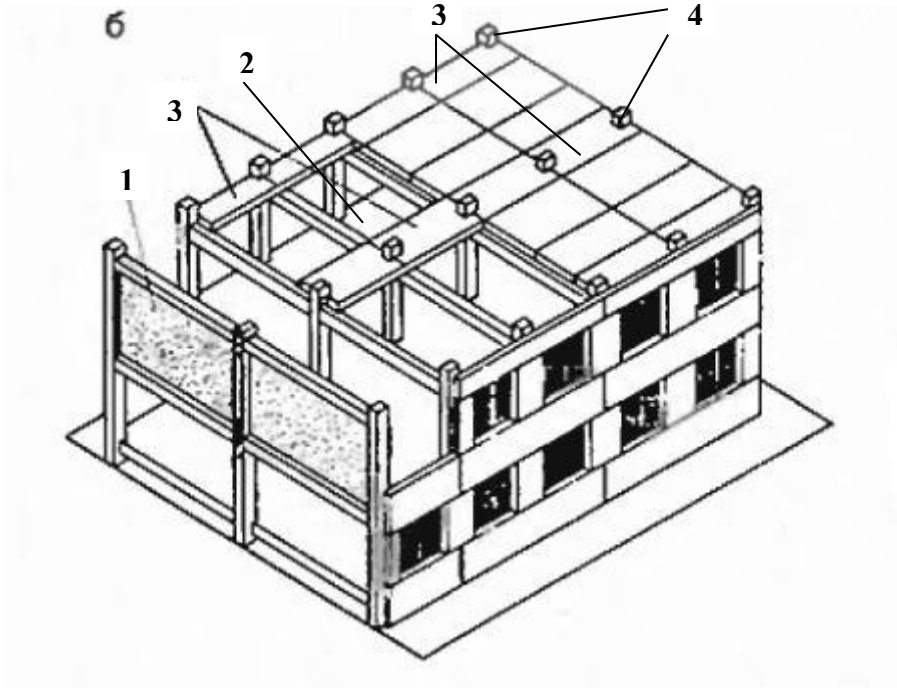


Рисунок 2.15 – Элементы, обеспечивающие пространственную жесткость каркас зданий

1 - стенки жесткости; 2 - ригели; 3 - панели-распорки; 4 - колонны.