

# ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНОВ

Выполнили:  
студентки

АРХБ-14П1

Дедова Дарья

Милютина Яна

Руководитель:

Максимова М.В.

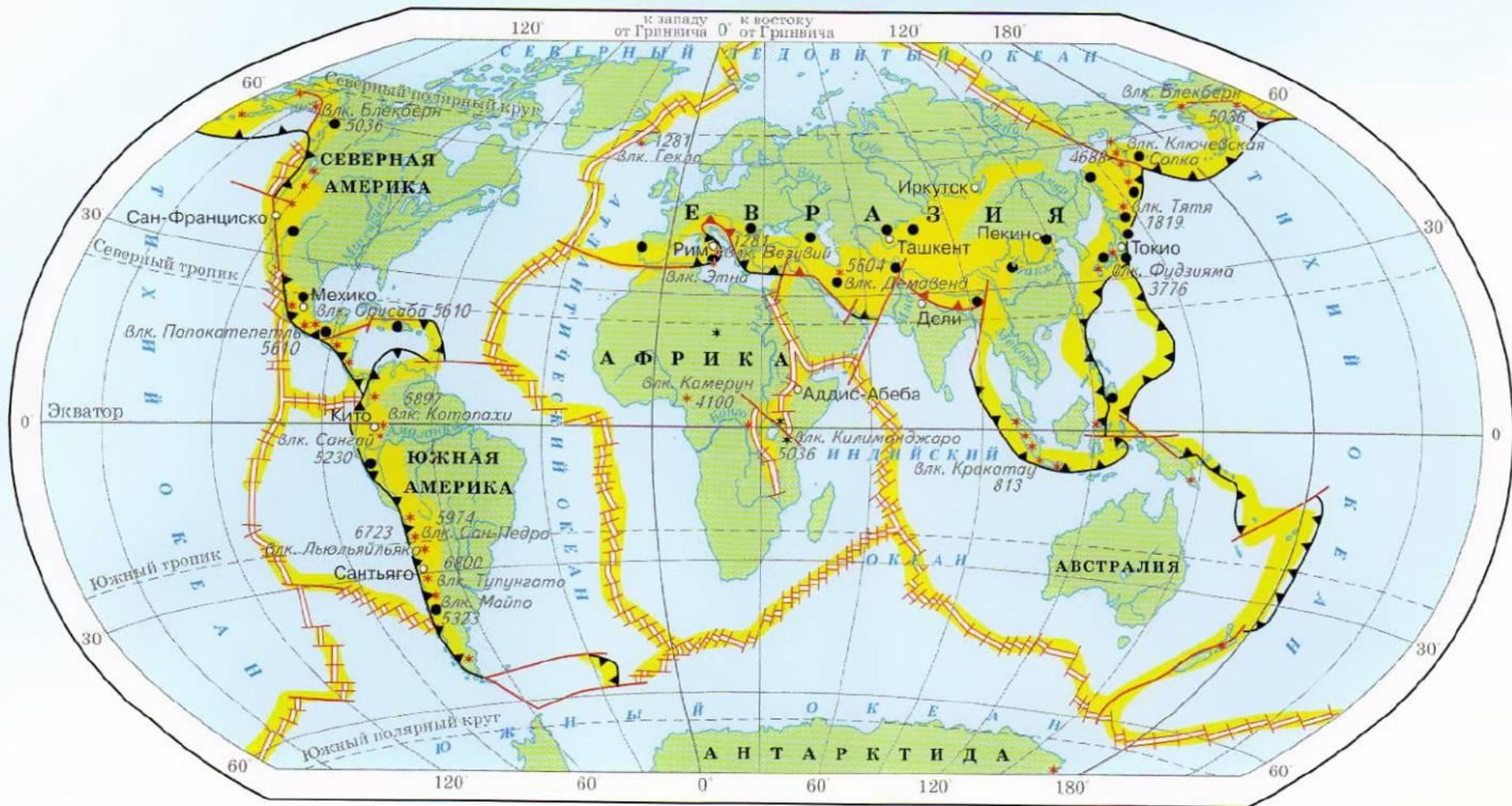
---

- Сейсмическими районами называют районы, в которых возможны землетрясения, т.е. колебания земной поверхности, вызванные различными, в основном тектоническими, внутриземными процессами, связанными с выделением огромной кинетической энергии.
-

# Общие положения

- Сейсмичность пункта строительства уточняется по картам сейсмического микрорайонирования. Сейсмическое микрорайонирование территорий строительства и населенных мест производится по материалам, характеризующим физико-механические свойства грунтов, геологические и гидрогеологические условия и рельеф местности.
  - Наиболее благоприятными в сейсмическом отношении грунтами являются невыветренные скальные и полускальные породы, а также плотные и маловлажные крупнообломочные грунты. Неблагоприятными грунтами являются насыщенные водой гравийные, песчаные и глинистые, а также пластичные, текучие глинистые грунты.
  - К неблагоприятным в сейсмическом отношении условиям строительной площадки относятся: сильно расчлененный рельеф местности (обрывистые берега, овраги, ущелья и др.); выветренность и сильная нарушенность пород физико-геологическими процессами; близкое расположение линий тектонических разрывов.
-

# СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПОЯСА



- |                                 |                  |                |                |                      |  |
|---------------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------------|--|
| <b>ГРАНИЦЫ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ</b> |                  | <b>ВУЛКАНЫ</b> |                | <b>ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ</b> |  |
|                                 | Зоны раздвижения |                | Зоны сближения |                      | Действующие                              |
|                                 | Разломы          |                | Зоны надвигов  |                      | Потухшие                                 |
|                                 |                  |                |                |                      | Сейсмические пояса                       |
|                                 |                  |                |                |                      | Эпицентры катастрофических землетрясений |

- Характер движения земной поверхности под зданием крайне сложен, и на здание действует не один толчок, а серия толчков. Сложность и многократность сейсмического воздействия на здание определяет так же то, что основному толчку в очаге землетрясения обычно сопутствует серия более слабых предшествующих толчков.
- Оценку и сравнение землетрясений производят по силе - количеству высвобожденной кинетической энергии в очаге или по интенсивности, т. е. по степени вызванных землетрясением локальных изменений.
- В зонах сейсмической активности возможная сила и интенсивность землетрясений для различных районов различна.
- *СНиП не допускает возведение зданий и сооружений на площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов. Сейсмичность ниже 6 баллов для зданий и сооружений не опасна, и ее обычно при проектировании не учитывают.*





- Мощный разрушительный эффект землетрясений не ограничивается только механическим разрушением конструкций зданий и сооружений в результате мгновенного сейсмического удара. После подземных толчков и в результате их воздействия начинают проявляться вторичные последствия землетрясений, представляющие сами по себе опасность и обладающие разрушительной силой, иногда не меньшей, чем само землетрясение: оползни, обвалы, сели, цунами и т. д. При проектировании зданий в сейсмических районах должны быть учтены эти последствия.
-

# Определение сейсмичности места строительства и сейсмостойкости здания

- Расчетная сейсмостойкость при размещении здания должна приниматься исходя не из его общих сведений сейсмического районирования, а на основе конкретных данных о сейсмичности участка строительства, т. к. даже в пределах небольшой территории балльность может отличаться от принятой для района, колеблясь в пределах 1-2 баллов.
- Для уточнения сейсмичности необходимо на основе подробных исследований проводить микрорайонирование.
- При невозможности получить такие данные сейсмичность может быть определена по специальной таблице СНиПа. Определив расчетную сейсмичность площадки строительства, можно перейти к основной задаче проектирования - определению требуемой сейсмостойкости проектируемого здания.
- Сейсмостойкость здания определяется исходя из условия, что при землетрясении обеспечивается, во-первых, сохранность конструкций и, во-вторых, возможность нормальной эксплуатации здания.
- Обеспечение сейсмостойкости в соответствии СНиПа влечет за собой подорожание стоимости сооружения примерно на 4% на каждый балл сейсмичности.
- Кроме сейсмичности учитывается: повторяемость землетрясений, срок службы здания, количество размещаемых в нем людей, его назначение, ценность оборудования или имущества.
- Здания, разрушение которых не связано с гибелью людей, повреждением ценного оборудования, имущества, не вызывает прекращения производственных процессов, а так же временные здания строят без учета сейсмических воздействий.

# УСЛОВИЯ ДОСТИЖЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

Сейсмостойкость здания может быть достигнута с учетом комплексных проектных, строительных и эксплуатационных мероприятий, выбором благоприятного с точки зрения сейсмических условий размещения объекта, его планировки, взаиморазмещения, соответствующими объемно-планировочными решениями зданий, применением соответствующих материалов и конструктивных решений, расчетом конструкций здания на сейсмические нагрузки, тщательным уходом и наблюдением за состоянием конструкций в ходе эксплуатации здания.

---

# НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ВТОРИЧНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТР

- Обрушения
- Обвалы
- Оползни
- Наводнения
- Подтопления
- Сели
- Цунами
- Повреждение водопроводов и канализации



© EPA

# МЕРЫ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ОТ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В зависимости от категории сейсмостойкости зданий принимают меры по ее обеспечению.

Выполнение требований сейсмостойкости зданий достигается комплексом проектных, строительных и эксплуатационных мероприятий. Они направлены на максимальное снижение сейсмических нагрузок и создания наиболее благоприятных условий для восприятия их зданием.

---

# ПЛАНИРОВОЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

## Выбор местоположения здания

Для снижения расчетных сейсмических нагрузок на здание предпочтение следует отдавать участкам:

- со спокойным, ровным рельефом;
  - с хорошо обеспеченным стоком атмосферных и глубоким залеганием грунтовых вод;
  - удаленным от тектонических разломов;
  - с горизонтальным напластованием пород;
  - на невыветрелых и слабыветрелых скальных и плотных маловлажных крупнообломочных грунтах.
-

## **Мероприятия, предусмотренные в процессе проектирования, включают:**

- выбор местоположения здания с учетом сейсмогеологических условий района и возможных последствий землетрясений;
  - проектирование соответствующих габаритов и объемно-планировочного решения здания;
  - определение материала и конструктивной системы здания с учетом воздействия сейсмических нагрузок;
  - осуществление конструктивных антисейсмических мероприятий;
  - выполнение расчетов конструкций зданий на сейсмические нагрузки.
-

## **Для снижения расчетных сейсмических нагрузок на здание предпочтение следует отдавать участкам:**

- со спокойным, ровным рельефом;
  - с хорошо обеспеченным стоком атмосферных и глубоким залеганием грунтовых вод;
  - удаленным от тектонических разломов;
  - с горизонтальным напластованием пород;
  - на невыветрелых и слабоветрелых скальных и плотных маловлажных крупнообломочных грунтах.
-

## Неблагоприятны для застройки в сейсмических условиях участка с:

- расчлененным рельефом;
  - крутизной склонов более  $15^\circ$ ;
  - близостью плоскостей сбросов;
  - сильной нарушенностью пород физико-геологическими процессами;
  - просадочностью грунтов;
  - грунтами III категории по сейсмическим свойствам (песками рыхлыми, независимо от влажности, а остальными песчаными грунтами – влажными и водонасыщенными);
  - осыпями;
  - карстами;
  - обвалами;
  - пывунами;
  - горными выработками;
  - селями.
-

# Объемно-планировочное решение

Для обеспечения равномерного распределения сейсмических нагрузок предпочтительно:

- форма зданий в плане простая и компактная (круглая, многоугольная, квадратная или приближающаяся к квадратной, без выступов, впадин и переломов стен).
  - внутренние стены должны быть сквозными на всю ширину или длину здания.
  - симметричное и равномерное в плане размещение масс и жесткостей.
  - общая протяженность здания и его высота не должны превышать установленных нормами для сейсмичности данной балльности.
-

В тех случаях, когда по функциональным требованиям здание должно быть протяженным или сложным по очертанию в плане, а также если перепады высот отдельных его частей достигают 5м и более, здание следует разделять на отдельные, простые по форме отсеки.

Разделяющие здание на отсеки антисейсмические швы устраивают в виде сдвоенных стен в бескаркасных зданиях или в виде спаренного ряда колонн – в каркасных. Антисейсмический шов делит здание по всей высоте до фундамента. Обычно его совмещают с температурным или осадочным швом.

Лоджии жилых зданий должны быть, как правило, встроенными, равными по длине расстоянию между соседними стенами.

Устройство эркеров не допускается. Лестничные клетки должны быть закрытыми и иметь в наружных стенах оконные проемы.

---

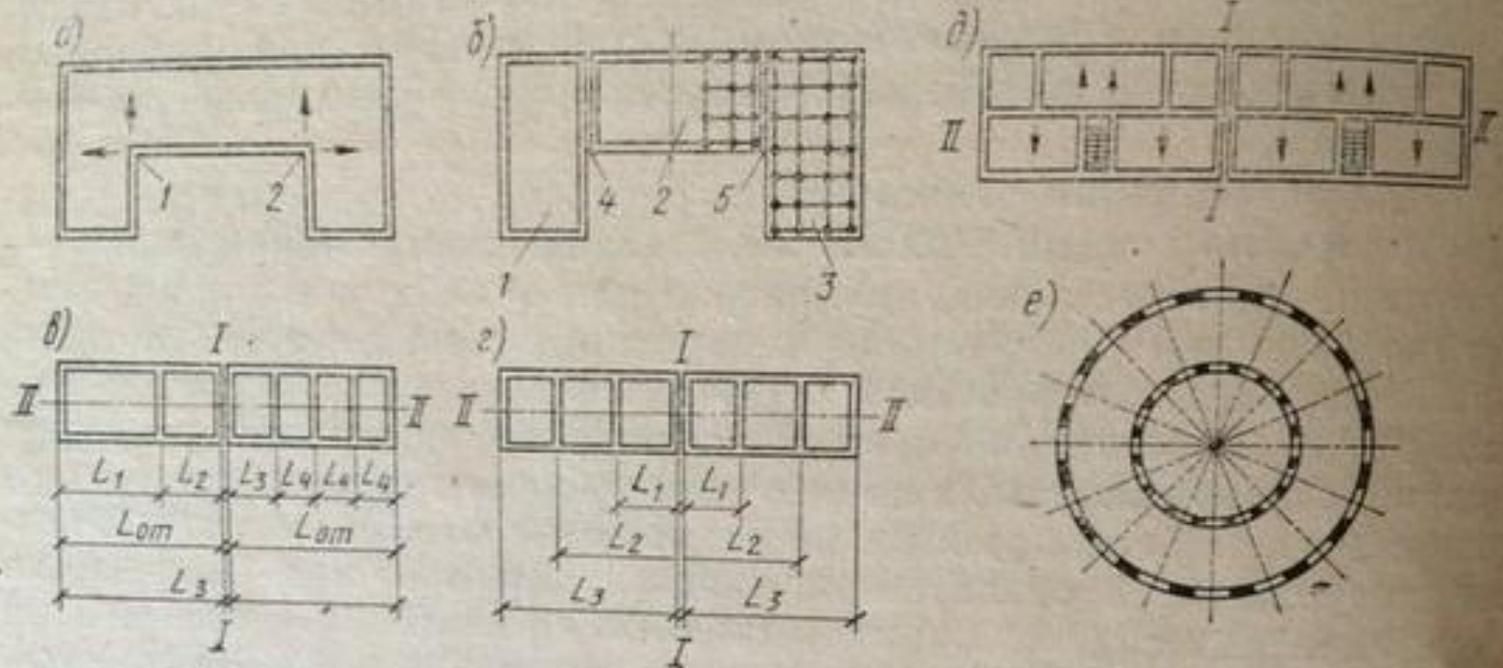
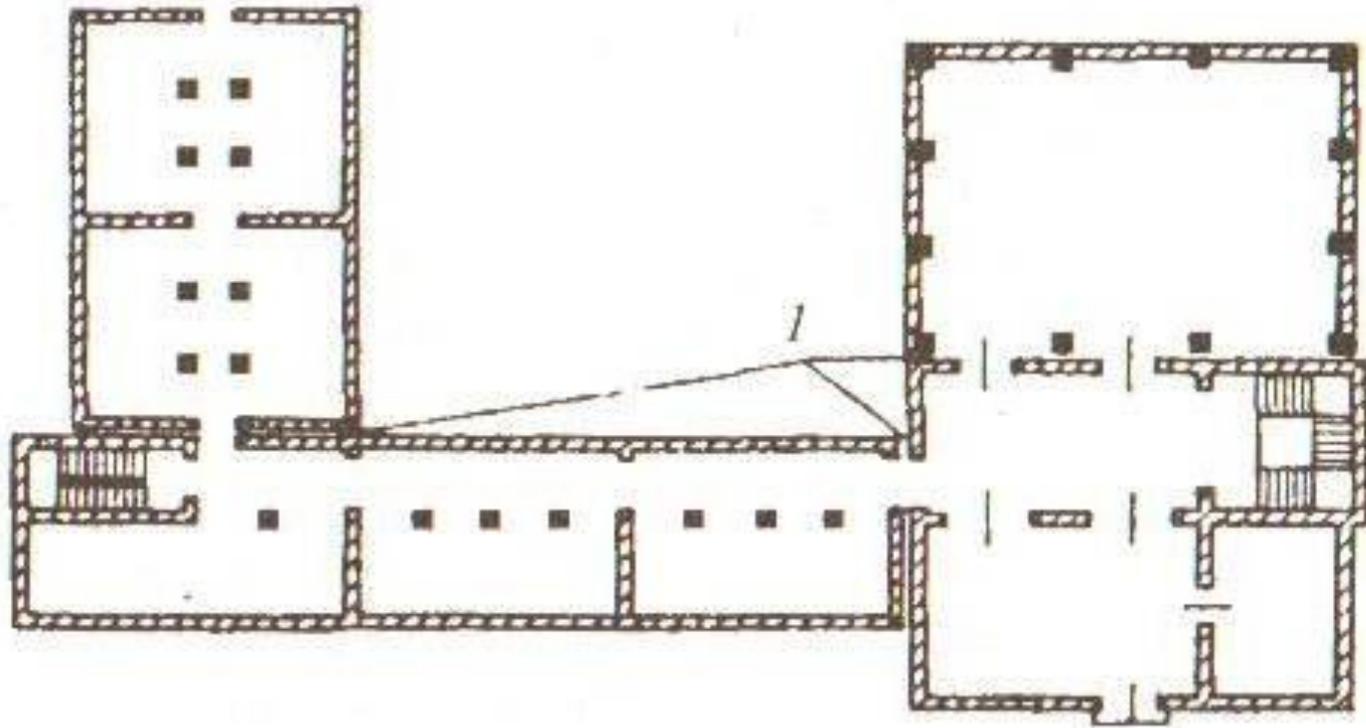


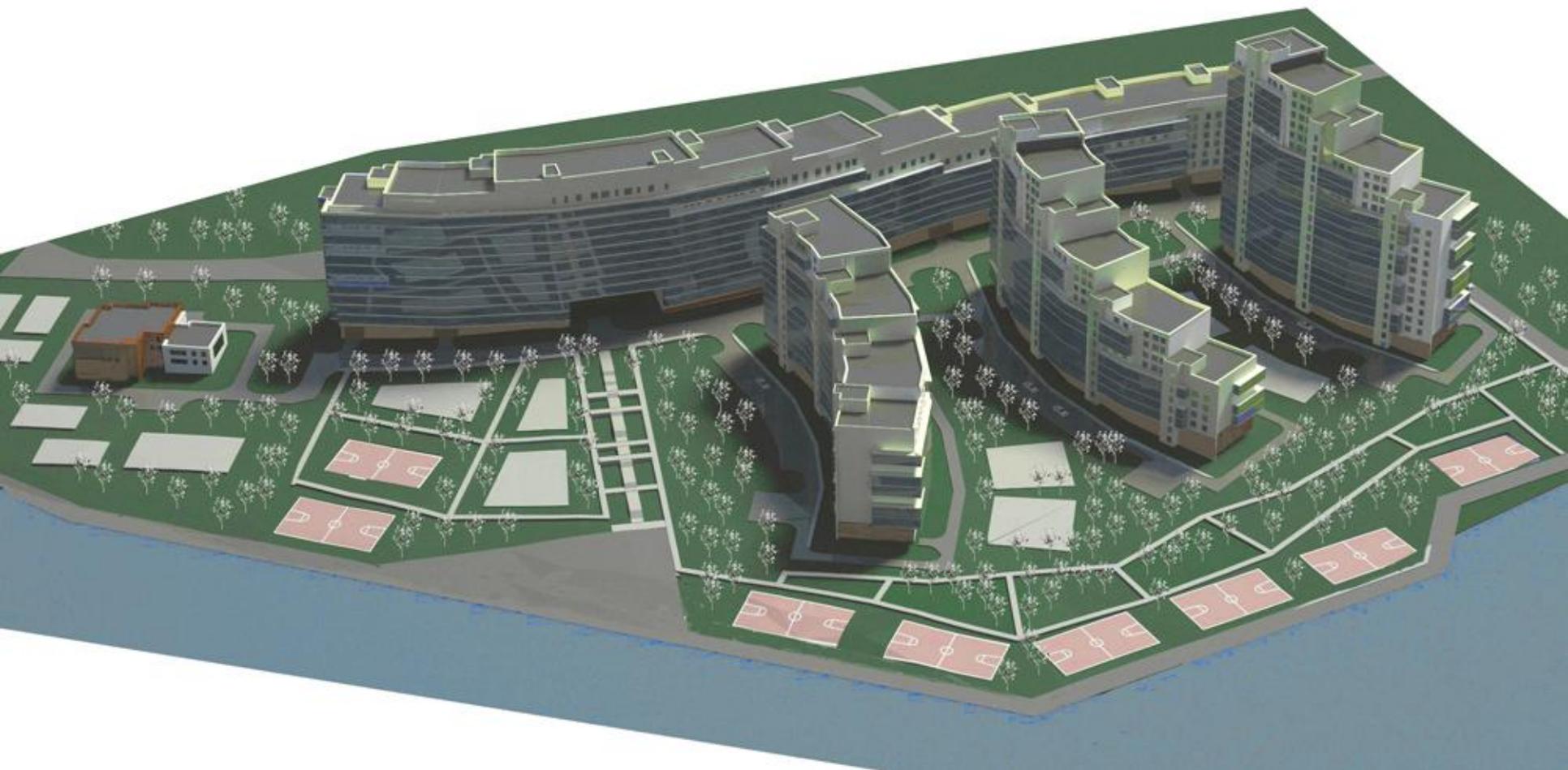
Рис. 8.1. Схема расположения несущих стен в зданиях, возводимых в сейсмических районах:

а — неправильное расположение — входящие углы 1 и 2 подвергаются разрушению; б — правильное расположение — стены образуют сейсмостойкие отсеки 1, 2, 3; между отсеками устроены антисейсмические швы 4 и 5; в — не рекомендуемое (несимметричное относительно оси I—I) расположение поперечных стен; г — рекомендуемое (симметричное относительно осей II—II и I—I) расположение поперечных стен; д — не рекомендуемое (несимметричное относительно оси II—II) расположение поперечных стен; е — симметричное, благоприятное для сейсмостойкости решение плана здания

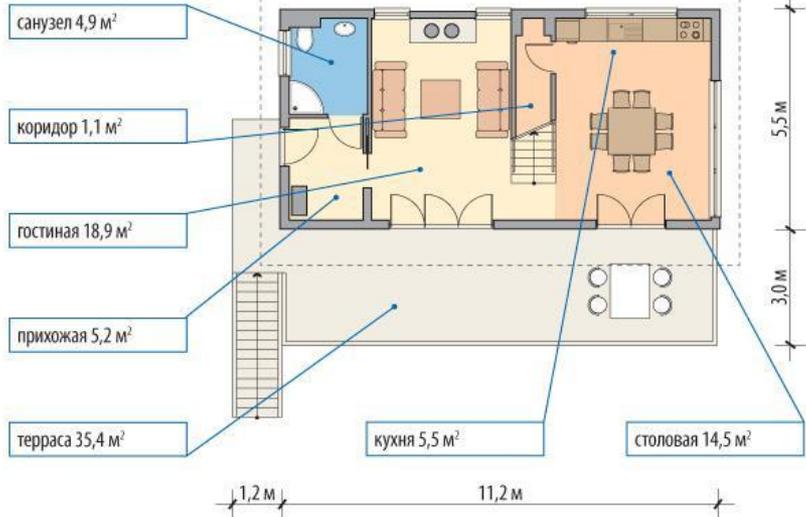


**Рис. 8.1.** Пример членения здания антисейсмическими швами:  
1 — антисейсмические швы

# Проект жилой зоны в сейсмическом районе



**Первый этаж 50,1 м<sup>2</sup>**



# ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ

Правильный выбор материалов для конструкций позволяет добиться максимального снижения массы всего здания, что чрезвычайно важно для уменьшения инерционных сил и вызываемых ими опрокидывающих моментов. Особенно важен выбор материалов для элементов верхней части зданий: крыш, карнизов, парапетов и т.д.

---

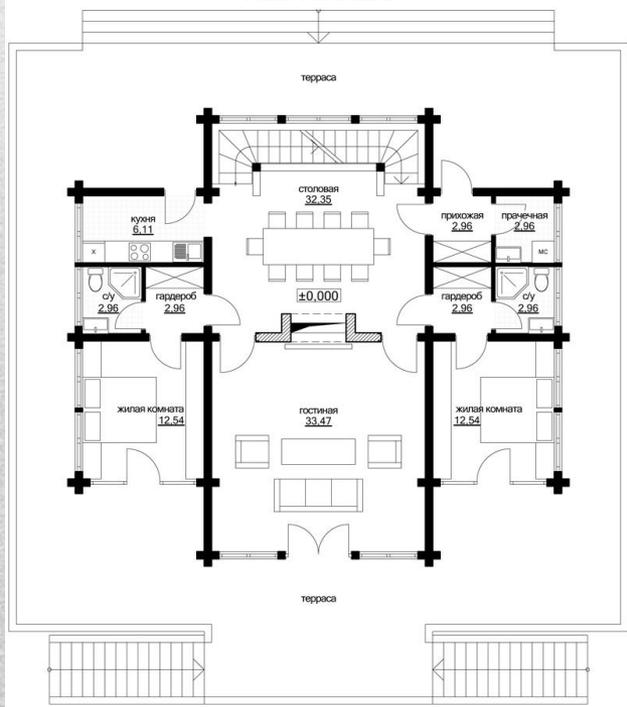
Традиционным материалом, обладающим достаточной прочностью и имеющим малую массу, является дерево.

Анализ деревянных зданий во время землетрясений показывает, что при соблюдении определенных требований планировочного и конструктивного характера дерево успешно может быть использовано для строительства в сейсмических условиях и здания из дерева выдерживают значительные сейсмические нагрузки (до 7 баллов). Следует лишь помнить, что древесина возгораема и ее прочностные показатели на скалывание низки. Деревянные здания находят свое широкое применение в сейсмических районах Сибири, Дальнего Востока и Восточного Казахстана.

---



План 1-го этажа



# Проект деревянного 3-х этажного дома в Новосибирске

Значительную часть зданий в сейсмических районах строят из кирпича. Новые строительные нормы для сейсмических районов запрещают строительство жилых домов со стенами из сырцового кирпича, самана и грунтоблоков.

На основе результатов исследования воздействия землетрясений на кирпичные здания можно утверждать, что при правильном расчете, рациональном конструировании и соблюдении правил производства работ эти здания могут противостоять сейсмическим воздействиям. Однако на практике идеальное выполнение всех требований затруднительно, поэтому кирпич в сейсмических районах целесообразно использовать в виде виброкирпичных панелей и блоков, изготовляемых в заводских условиях с применением вибрации. При ведении кладки растворы должны быть со специальными добавками, повышающими сцепление раствора с кирпичом или камнем.

---



**Проект  
таунхауса**

Использование в сейсмических районах бетонных, легкобетонных и железобетонных несущих конструкций в сочетании с ограждениями из эффективных материалов имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с конструкциями из дерева и кирпича (сейсмостойкость здания до 5 этажей до 9 баллов). Очень хорошо ведут себя в условиях сейсмичности здания, возведенные из монолитного железобетона, бескаркасные и каркасные. Их сейсмостойкость обеспечена в значительной мере самой монолитностью конструкций здания.



# ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ

Для сейсмических районов могут быть применены как жесткие, так и гибкие конструктивные системы.

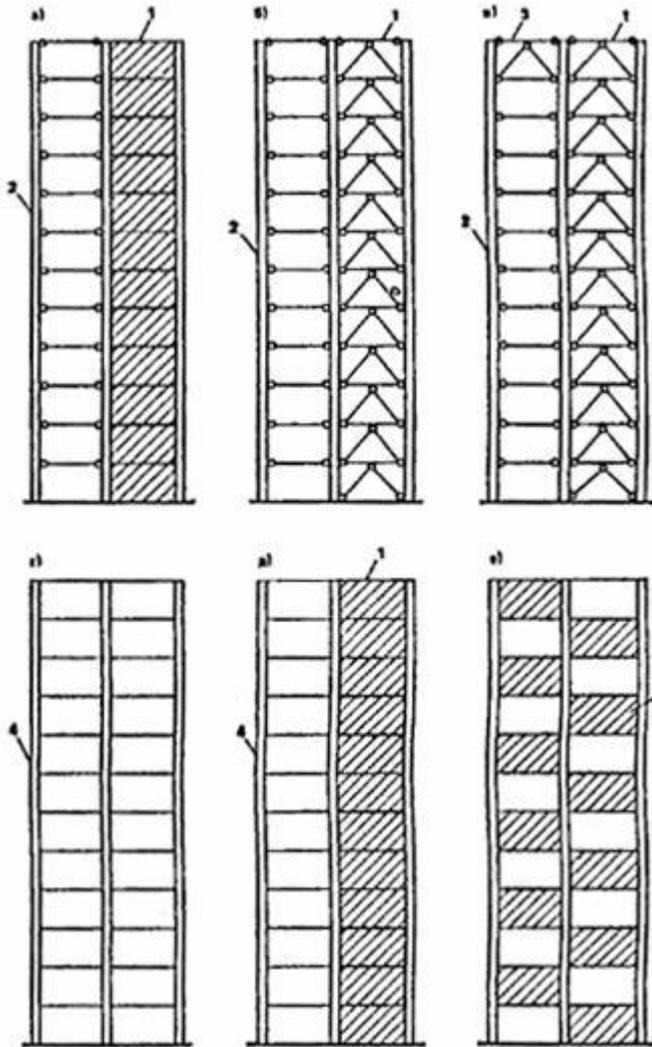
Жесткую конструктивную систему характеризует наличие частых вертикальных диафрагм в виде стен или перегородок, работающих при сейсмических активностях преимущественно на сдвиг. Снижение сейсмического воздействия может быть достигнуто главным образом путем снижения массы конструкций. Таковую возможность создает применение эффективных, легких сборных бескаркасных крупнопанельных конструкций или монолитных зданий из легкого бетона.

---

В гибких системах конструкции работают преимущественно на изгиб. Для сейсмических условий в зданиях до 4 этажей наиболее целесообразным можно считать рамный каркас. Совместная работа всех его элементов и возможность перераспределения усилий позволяют принять меньше жесткости как элементов, так и всего каркаса в целом, что снижает сейсмические нагрузки. Кроме того, рамный каркас дает большую свободу планировочных решений, в отличие от рамно-связевого, который применяют для 9-16 этажных зданий.

---

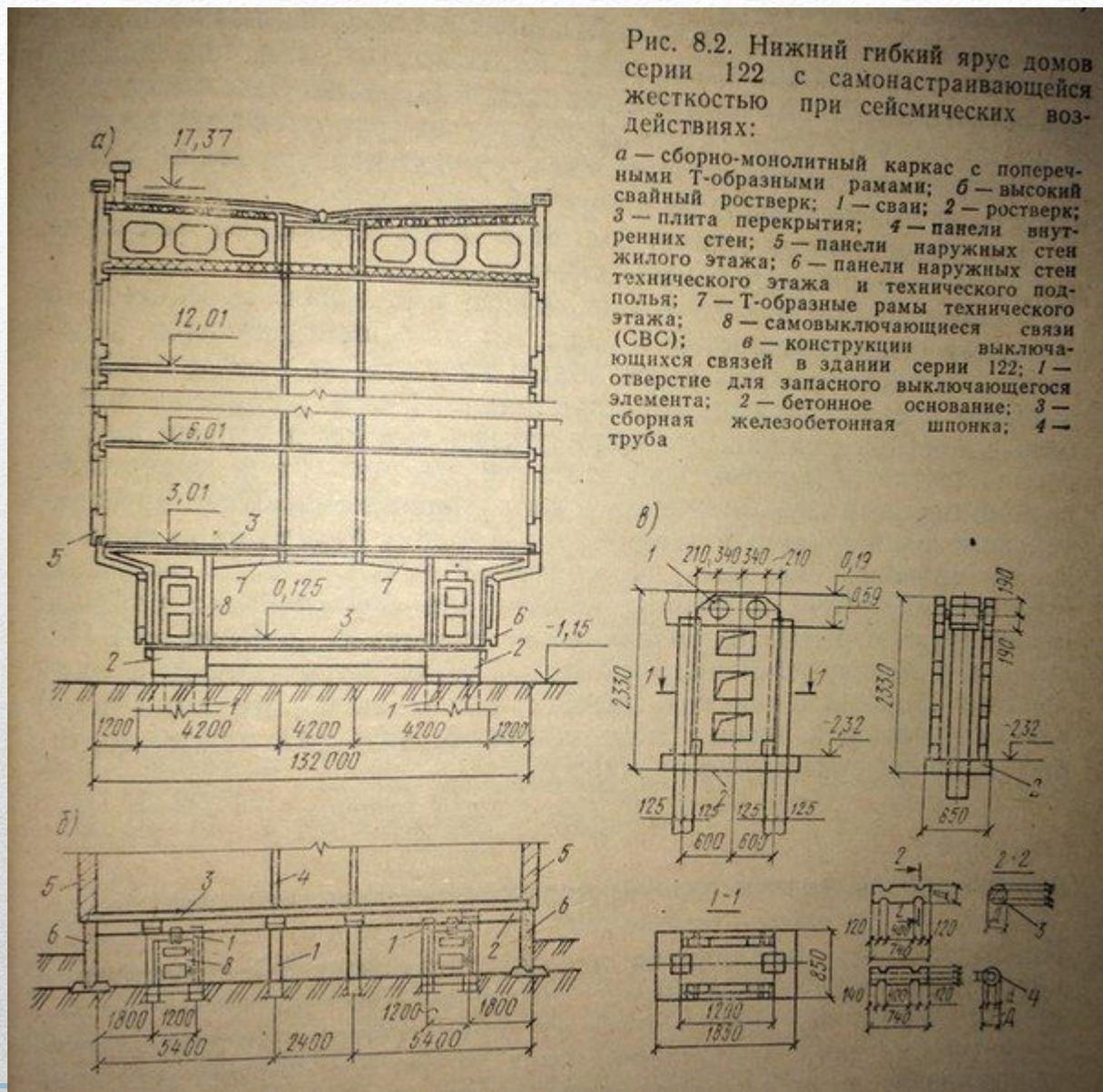
# Каркасные конструктив ные системы



а, б — связевые с вертикальными диафрагмами жесткости; в — то же, с распределительным ростверком в плоскости вертикальной диафрагмы жесткости; г — рамная; д — рамно-связевая с вертикальными диафрагмами жесткости; е — то же, с жесткими вставками

1 — вертикальная диафрагма жесткости; 2 — каркас с шарнирными узлами; 3 — распределительный ростверк; 4 — рамный каркас; 5 — жесткие вставки

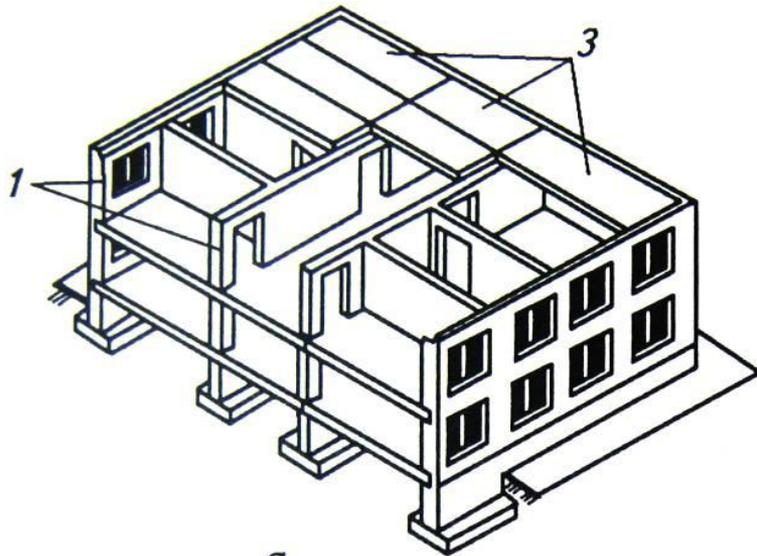
Могут быть применены и другие конструктивные системы, способствующие гашению части сейсмического воздействия, например здания на специальных амортизирующих устройствах типа рессор, демпферов, катков, качающихся опор или гибких подвесок.



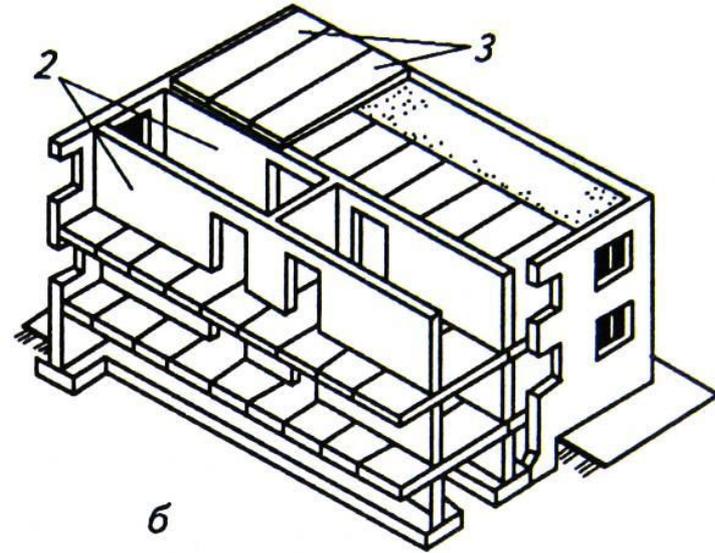
Для жилых зданий в сейсмических условиях наиболее часто применяемыми конструктивными системами являются бескаркасные с поперечными и продольными несущими стенами. Они обладают большой пространственной жесткостью, легко приспосабливаются к неравномерности осадок основания, поэтому хорошо показали себя в районах, где сейсмические условия осложнены просадочными или вечномёрзлыми грунтами.

Бескаркасные здания можно проектировать с выключающимися связями (с так называемым гибким этажом) при использовании для первого этажа или подвала каркасной системы. Выключающиеся связи в планах первого этажа служат амортизаторами, воспринимающими сейсмический удар. Конструкция первого этажа должна быть не только гибкой, но и упругой.

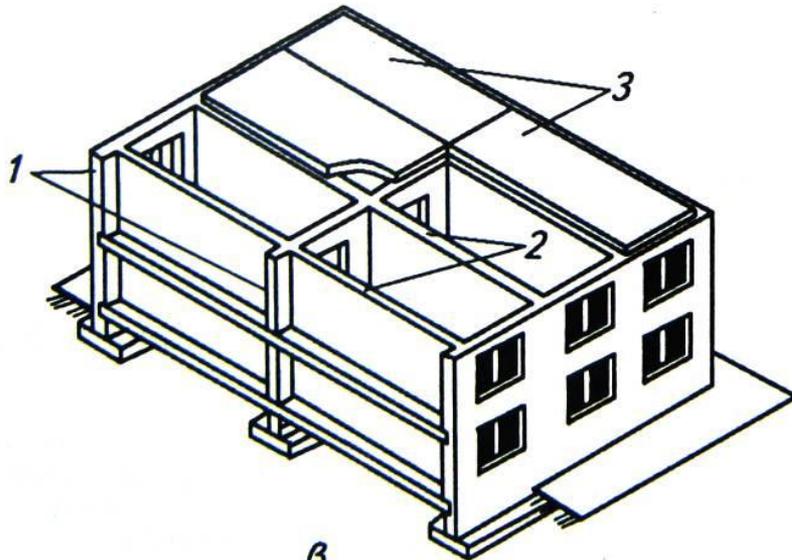
---



*a*



*б*



*в*

**Рис. 2.1. Конструктивные схемы бескаркасных зданий:**

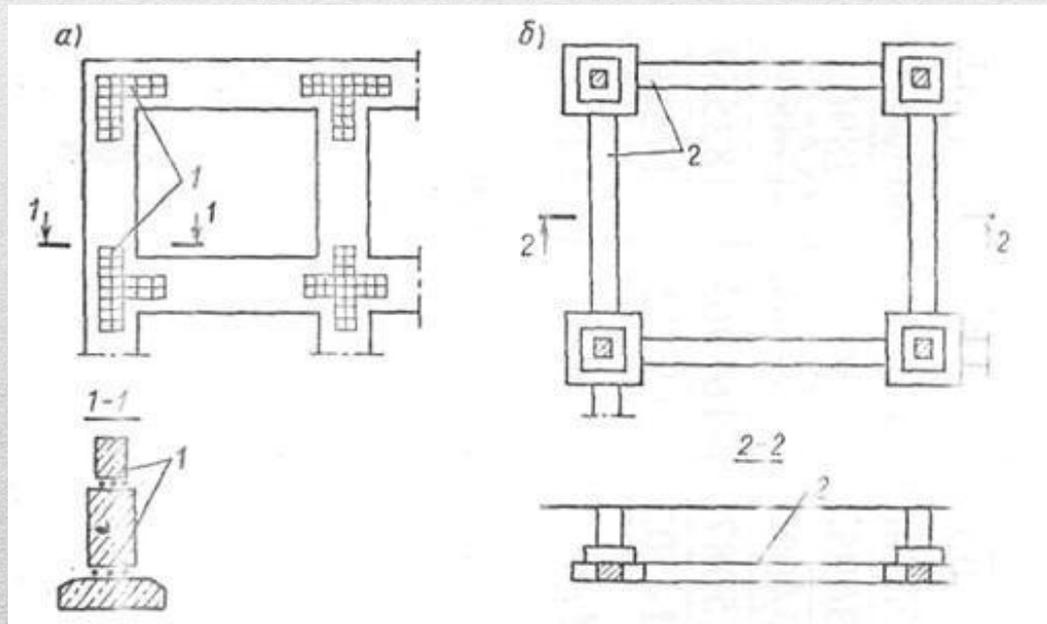
*a* — с продольным расположением несущих стен; *б* — с поперечным расположением несущих стен; *в* — перекрестная; 1 и 2 — продольные и поперечные несущие стены; 3 — плиты перекрытий

Промышленные здания рекомендуется проектировать со стальными несущим каркасом и облегченными ограждающими конструкциями. Многоэтажные промышленные здания для сейсмических районов проектируют с системой продольных и поперечных жестких рам. Покрытия и перекрытия сейсмостойких зданий проектируют в виде жестких диафрагм, обеспечивающих жесткость конструкции всего здания и распределяющих горизонтальные нагрузки между вертикальными несущими конструкциями.



# Фундамент

- Наиболее устойчивыми при сейсмических воздействиях являются ленточные и сплошные фундаменты. Поэтому, например, для зданий повышенной этажности рекомендуют устраивать фундаменты в виде перекрестных лент или сплошных плит. Более надежны монолитные фундаменты, но могут быть использованы и сборные.
- Для усиления сборных фундаментов обязательно устраиваются перевязка блоков в узлах и укладка дополнительных арматурных сеток. В каркасных зданиях допускается применение отдельных фундаментов, которые должны раскрепляться железобетонными вставками.

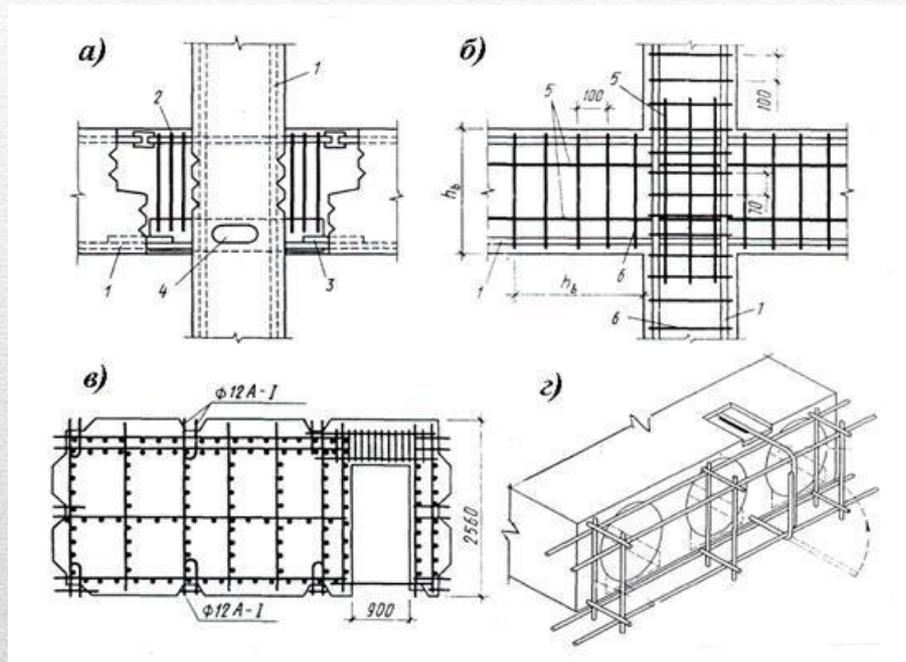


Конструкции фундаментов в сейсмически опасных районах а - из перекрестных лент; б - закрепление отдельно стоящих фундаментов железобетонными вставками; 1 - сварные сетки; 2 - связевые вставки.

# Фундамент

- При строительстве в сейсмических районах глубину заложения фундаментов назначают не менее 1 м, причем грунты III категории требуют искусственного улучшения. Фундаменты зданий и их отдельных отсеков следует закладывать на одной глубине, а в зданиях повышенной этажности нужно предусматривать дополнительное заглубление фундаментов.
  - Для зданий высотой более пяти этажей следует увеличивать глубину заложения фундаментов путем устройства по всем зданием подвалов. В отличие от несейсмических районов все фундаменты здания и его отсека заглубляют до одного уровня. При устройстве подвала его проектируют так же под всем зданием.
-

# Особенности конструирования каркасных зданий



- Наиболее хорошо сейсмические воздействия переносят здания с несущим каркасом из железобетона и особенно стали.
- Стальной каркас предпочтителен при строительстве промышленных и многоэтажных зданий.
- Для строительства в сейсмических районах разработан унифицированный железобетонный каркас.
- По способу изготовления и возведения железобетонные каркасы зданий могут быть сборными, сборно-монолитными и монолитными. Жесткие узлы железобетонных рам должны быть усилены применением сварных сеток и замкнутых хомутов.

Сейсмостроительство узлов. а, б - армирование узла сборной и монолитной железобетонной рамы; в - конструктивное решение стыковых соединений панелей внутренних стен крупнопанельных зданий; г - анкеровка панелей перекрытий 1 – продольная арматура; 2 - то же, поперечная; 3 - усиленный арматурный выпуск; 4 - опорный столик из уголков с отверстием; 5 - дополнительная продольная арматура; 6 — поперечная арматура

# Особенности конструирования каркасных зданий

- Ограждающие конструкции могут быть выполнены в виде заполнения, самонесущих стен и навесных панелей. Заполнение конструируется по требованиям к ведению кирпичной кладки. При сейсмичности 9 баллов оно должно быть связано с ригелями, верхними и нижними.
  - В уровне плит покрытия и верха оконных проемов самонесущие стены должны иметь антисейсмические пояса, соединенные с каркасом здания.
  - Предпочтение при выборе ограждающих конструкций каркасных зданий должно быть отдано легким навесным панелям. В навесных стенах помимо вертикальных предусматривают горизонтальные антисейсмические швы по всей длине стены на уровне низа каждого навесного участка. Крепят навесные панели с помощью стальных пластин и уголков к колоннам так, чтобы не препятствовать горизонтальным смещениям каркаса.
  - В строительстве для сейсмических районов находят широкое применение здания каркасно-ствольной системы, а также здания, возводимые методом подъема перекрытий и этажей. В каркасно-ствольных зданиях монолитный ствол обеспечивает дополнительную устойчивость и жесткость здания. В зданиях, возводимых методом подъема этажей и перекрытий, монолитные плиты перекрытий создают лучшие условия восприятия горизонтальных нагрузок, повышают устойчивость и жесткость каркаса здания
-

# Особенности конструирования бескаркасных зданий

- Крупнопанельные жилые здания для сейсмических районов следует проектировать в основном по бескаркасной конструктивной системе с несущими поперечными и продольными стенами, объединенными между собой и с перекрытиями в единую пространственную систему.
  - Ненесущие наружные стены должны участвовать в восприятии сейсмических нагрузок.
  - Панели ограждающих конструкций крупнопанельных бескаркасных зданий следует как можно больше укрупнять, армировать двойной арматурой в виде пространственных каркасов или сварных арматурных сеток, обеспечивать надежную связь между панелями стен и перекрытий путем сварки выпусков рабочей арматуры и последующим замоноличиванием. По граням замоноличивания панели должны иметь рифленную поверхность.
-

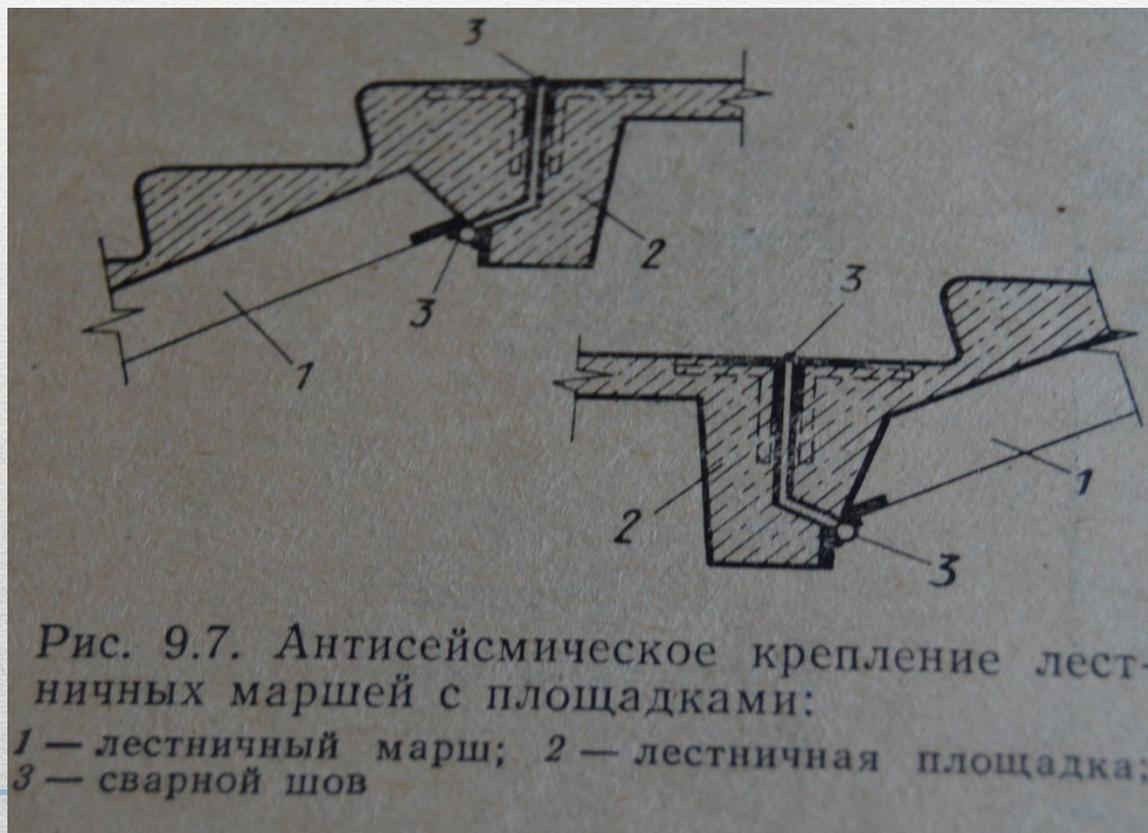
# Особенности конструирования бескаркасных зданий

- По сравнению с каркасными бескаркасные здания имеют меньше швов и узлов, что является достоинством с точки зрения сейсмостойкости.
  - Панели перекрытий следует максимально укрупнять. Сечение принимать сплошное. Панели с круглыми пустотами допускаются при условии передачи сжимающих усилий в стенах минуя пустоты.
  - Панели с овальными горизонтальными пустотами в сейсмических районах применять нельзя. Перекрытия зданий проектируют хорошо связанными вертикальными несущими конструкциями.
  - Опирание панелей на несущие конструкции должно быть обеспечено: не менее 12 см - при кладке стен вручную и 9 см - при вибрированных кирпичных панелях и блоках.
  - Покрытия следует всемерно облегчать. Как и перекрытия они должны быть замоноличенными жесткими в горизонтальной плоскости и соединенными с вертикальными несущими конструкциями. Замоноличивание осуществляется так же, как и покрытий - устройством связей, шпонок и заливкой швов цементным раствором.
  - В чердачных крышах следует обеспечить свободу температурных деформаций кровельных панелей.
-

# Особенности конструирования бескаркасных зданий

## бескаркасных зданий

В лестницах должно быть предусмотрено крепление всех элементов между собой. Балки лестничных площадок заанкеривают в стены.

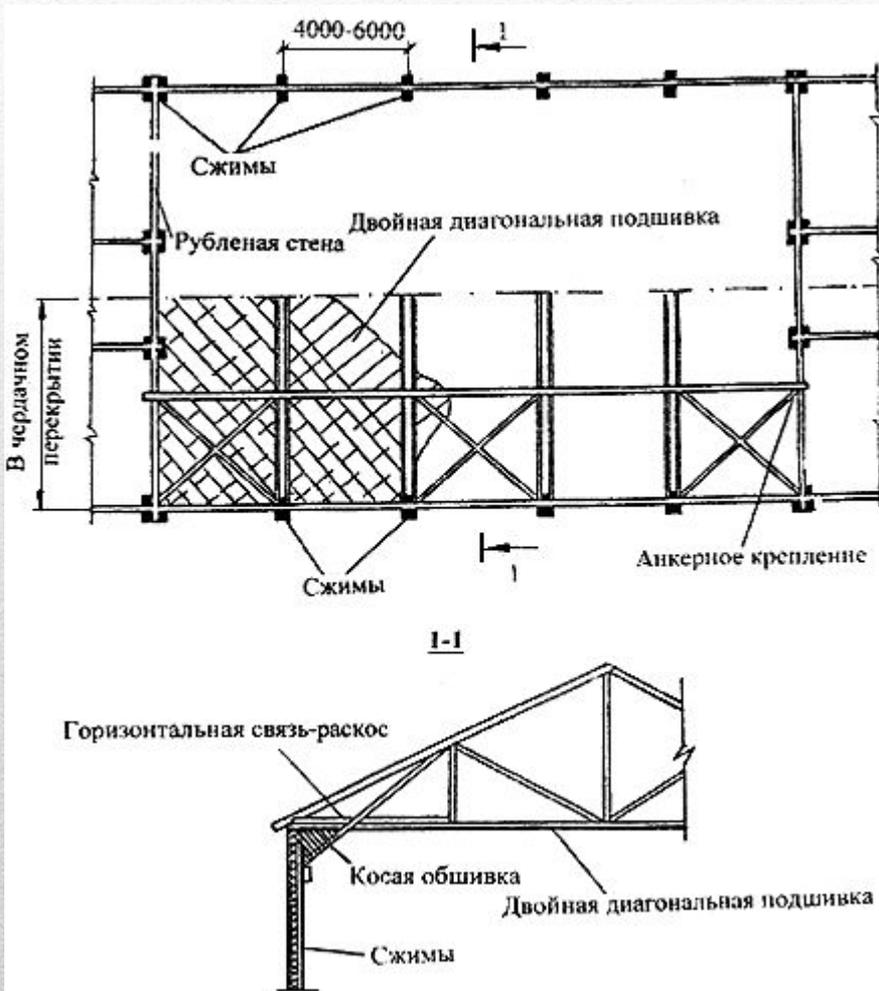


# Каменные

## здания

- Несущие кирпичные и каменные стены следует возводить, как правило, из кирпичных или каменных панелей или блоков заводского изготовления.
  - В том случае, когда все же ведется кладка, ее следует вести с применением растворов, специальных добавок, повышающих сцепление раствора с кирпичем или камнем.
  - При сейсмичности 7 баллов добавки можно не применять.
  - *Зимняя кладка при сейсмичности 9 баллов и более запрещена.*
-

# Деревянные



- Конструктивные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости деревянных зданий зависят от применяемой конструкции остова. Рубленные стены зданий конструируют так, чтобы была обеспечена совместность работы всех элементов сруба.
- Стены следует рубить "с остатком", так чтобы выпуски бревен были не менее 25 см.
- Каркасные деревянные здания усиливают раскосами и косой обшивкой. Каркас заанкеривают в фундамент, а его узлы конструируют из расчета восприятия знакопеременных нагрузок.
- Для большей надежности стенки и обвязки каркаса соединяют с помощью металлических накладок, хомутов, болтов.
- Балки перекрытий и стропильные конструкции лучше крепить непосредственно к стойкам каркаса.
- Несущую конструкцию перекрытия следует проектировать безраспорной. При высокой сейсмичности в 9 баллов по всему контуру стен устраивают непрерывную обвязку из полосовой стали.

# Особенности строительства сейсмоустойчивых зданий

Сейсмоустойчивость – способность построек и конструкций выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями

## Основные требования

к строительству зданий и сооружений в сейсмоопасных зонах



Симметричные конструктивные схемы

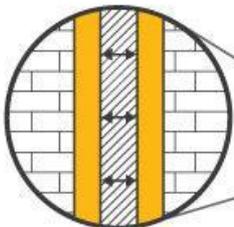


Равномерное распределение жесткости конструкции и масс



Однородность и монолитность конструкций за счет применения укрепленных сборных элементов

## Особенности строительства



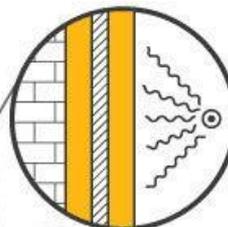
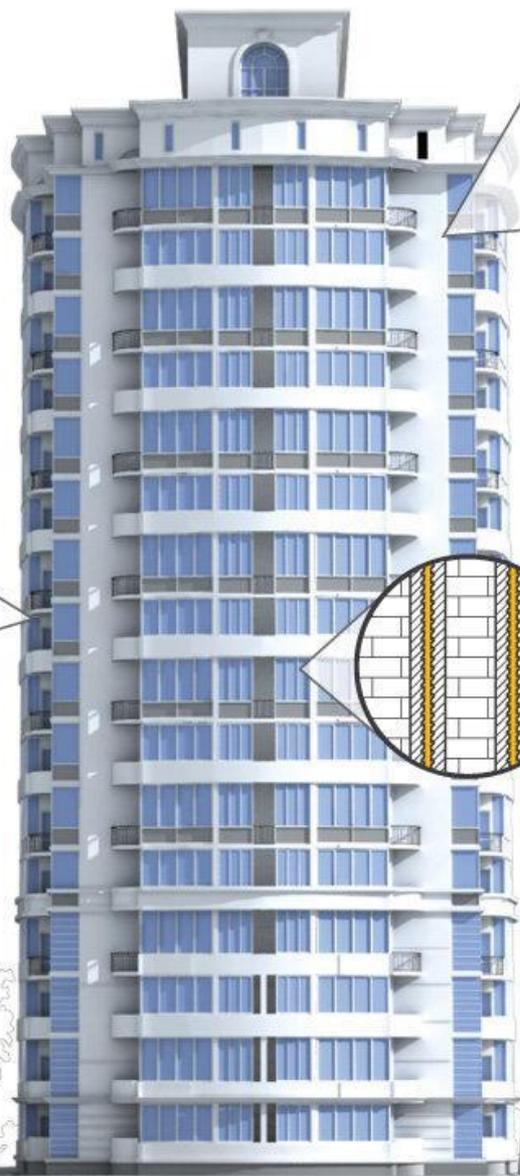
### Антисейсмические швы

Это двойные стены или двойные ряды несущих стоек. Они разрезают здание на самостоятельные, независимые друг от друга устойчивые отсеки



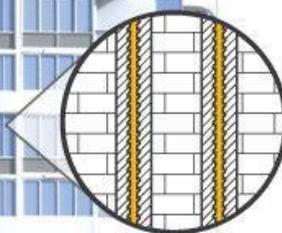
### Не допускается

Применение перегородок из кирпичной кладки, выполненной вручную в зданиях более пяти этажей



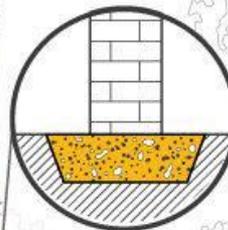
### Материалы

Возведение несущих стен из каменных панелей, блоков, изготавливаемых в заводских условиях с применением вибрации, а также из кирпичной или каменной кладки на растворах со специальными добавками, повышающими сцепление раствора со строительными материалами



### Армирование

Кирпичные или каменные перегородки армируются по всей длине

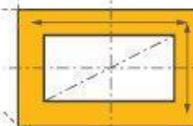


### Фундамент

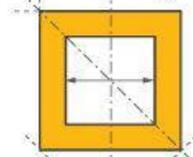
Создание «подушек» из бетона или полимерных материалов, благодаря которым здание скользит или «плавает» во время землетрясения и не разламывается по тем линиям, где создается наибольшее напряжение

## Предпочтительные формы сооружений:

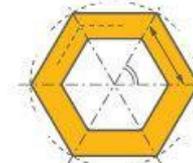
прямоугольник (самая распространенная)



квадрат



многоугольник



круг

