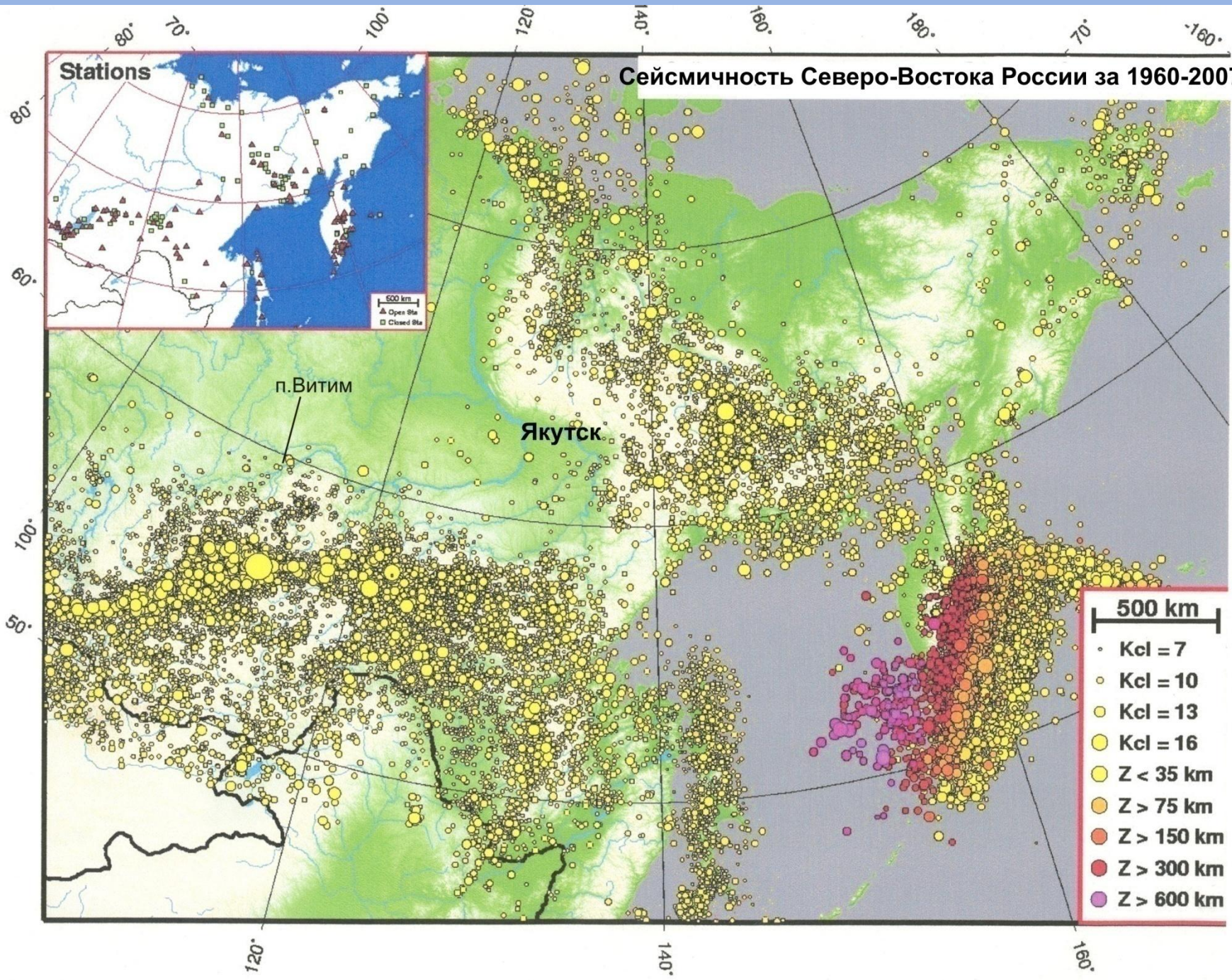


# **Конструкции зданий в сейсмических районах**

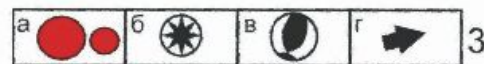
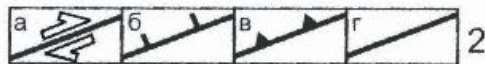
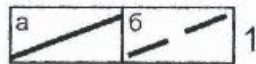
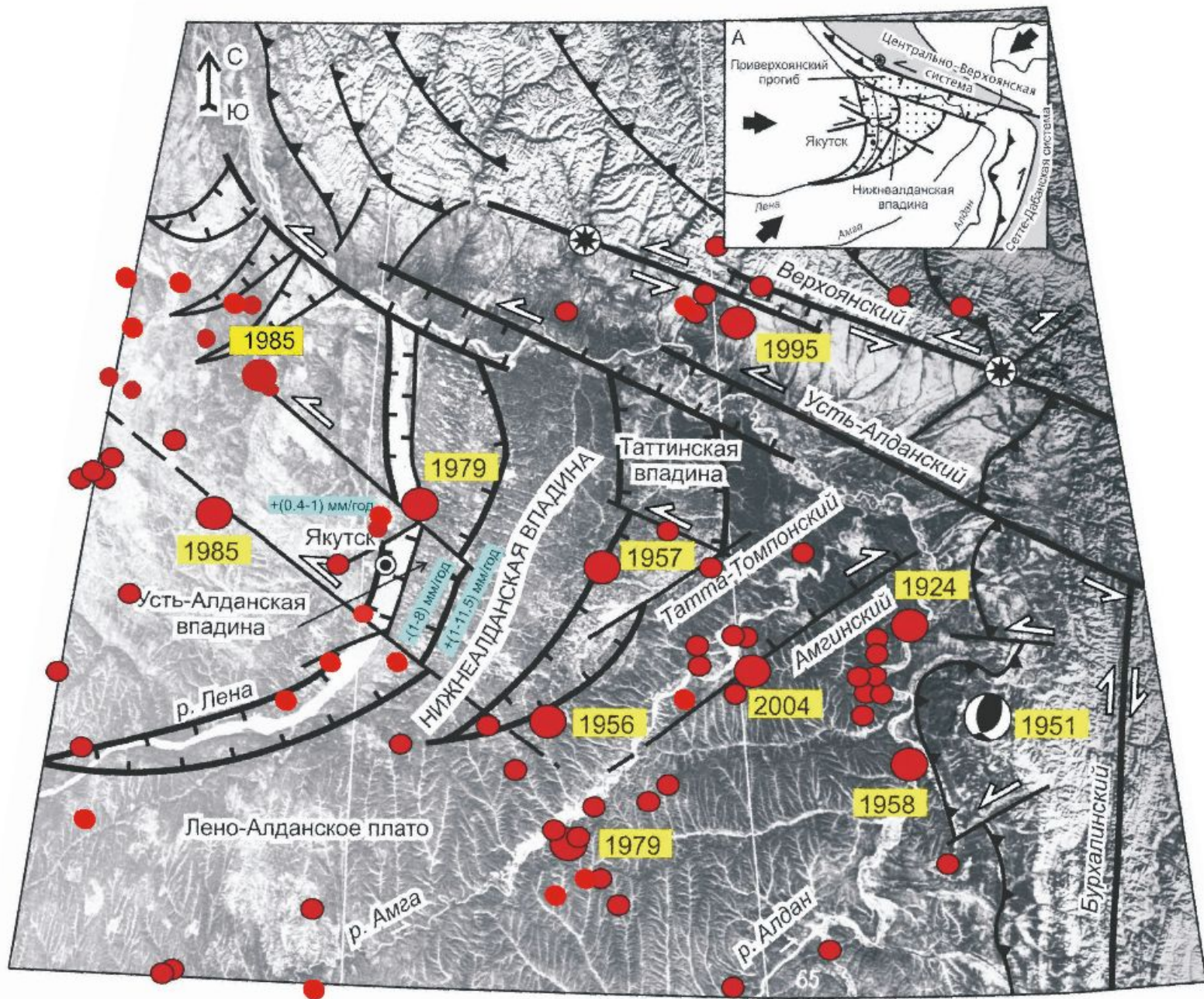
# Нормативная база

- СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах. Издание 2000 г.
- СП 31-114-2004. Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах. Москва, 2005.
- Пособие по проектированию каркасных промзданий для строительства в сейсмических районах (К СНиП II-7-81).
- ТСН 22-301-97 «Строительство в сейсмических районах»

# Сейсмичность Северо-Востока России за 1960-2007 гг.







# Проблема сейсмостойкости в РС(Я)

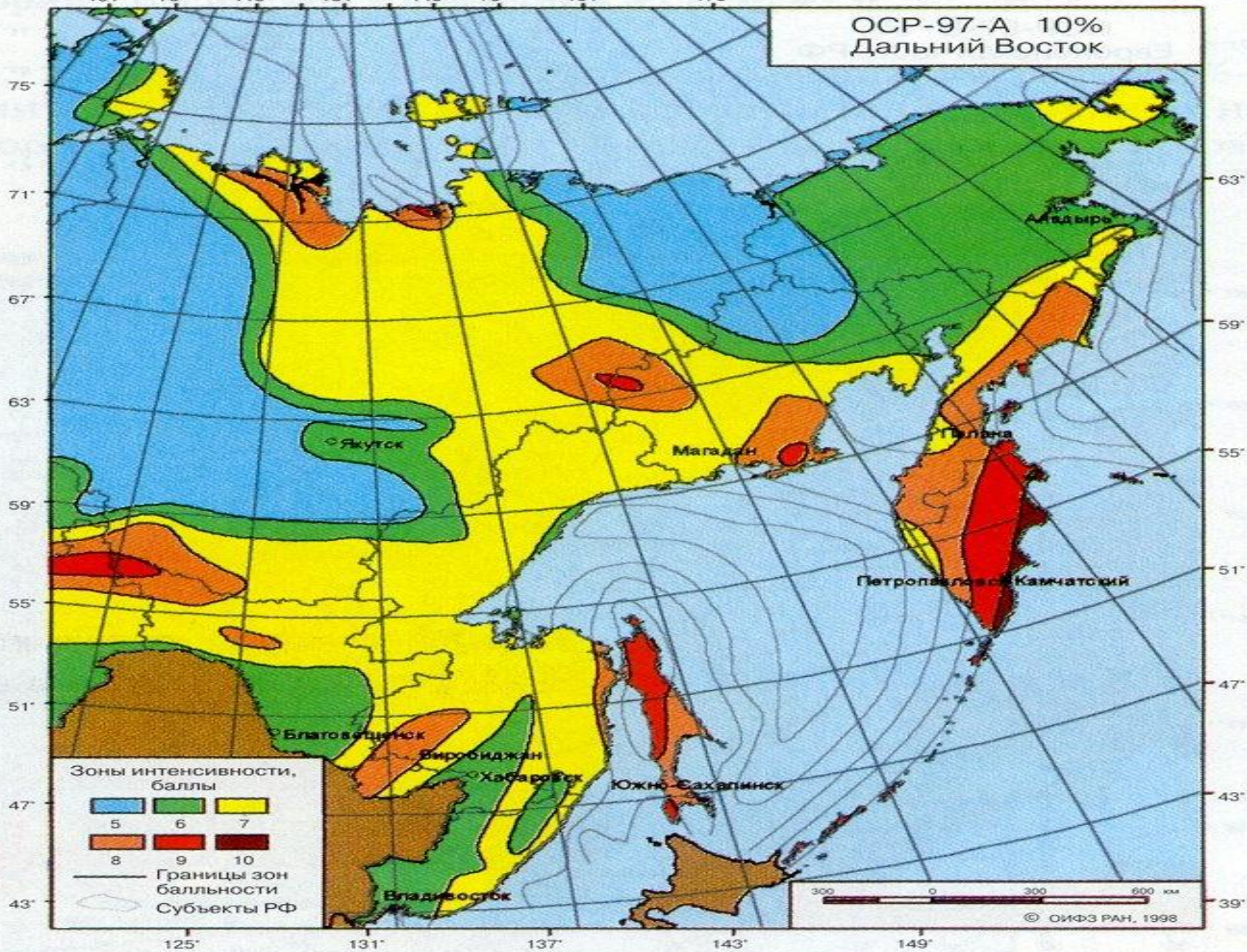
- В пределах республики за период инструментальных наблюдений произошло свыше 55 крупных сейсмических катастроф, в их числе: четыре 8-9-балльных Булунских землетрясения (1927-1928 гг.), три 9-10-балльных Олекминских землетрясения (1958 и 1967 гг.), 7-8-балльные Олдонгсинское (1997 г.), Чаруодинское (2005г.), Амедичинское (2008 г.) землетрясения.
- За все годы истории СССР и РФ в стране не были реализованы общегосударственные программы по сейсмической безопасности, в результате чего десятки миллионов человек на сейсмоопасных территориях, в том числе и в РС (Я) живут в домах, характеризующихся дефицитом сейсмостойкости минимум в 2-3 балла.
- Более 1,5 млн. км<sup>2</sup> (около половины) территории РС (Я) подвержено воздействию сильных и катастрофических 6-10-балльных землетрясений, что составляет почти 30% площади, занятой зонами повышенной сейсмической опасности РФ.
- По результатам многолетних исследований выявлено, что территорию РС (Я) пересекают два крупных сейсмических пояса: Арктико-Азиатский на севере и северо-востоке и Байкало-Становой на юге. Эти пояса являются составными частями гигантских «цепей» землетрясений, опоясывающих весь земной шар.

# Карты сейсморайонирования

- Интенсивность сейсмических воздействий в баллах (сейсмичность) принимается на основе карт общего сейсмического районирования территории РФ - ОСР-97.
- В картах отражается вероятность возможного превышения значений указанной сейсмической интенсивности в течение 50 лет:  
10% - карта А, 5% - карта В, 1% - карта С.
- Соответственно, учитывается ответственность сооружений:  
Карта А – массовое строительство;  
Карта В – объекты повышенной ответственности;  
Карта С - особо ответственные объекты.
- *Решение о выборе карты при проектировании конкретного объекта принимается заказчиком по представлению генерального проектировщика, за исключением случаев, оговоренных в других нормативных документах.*

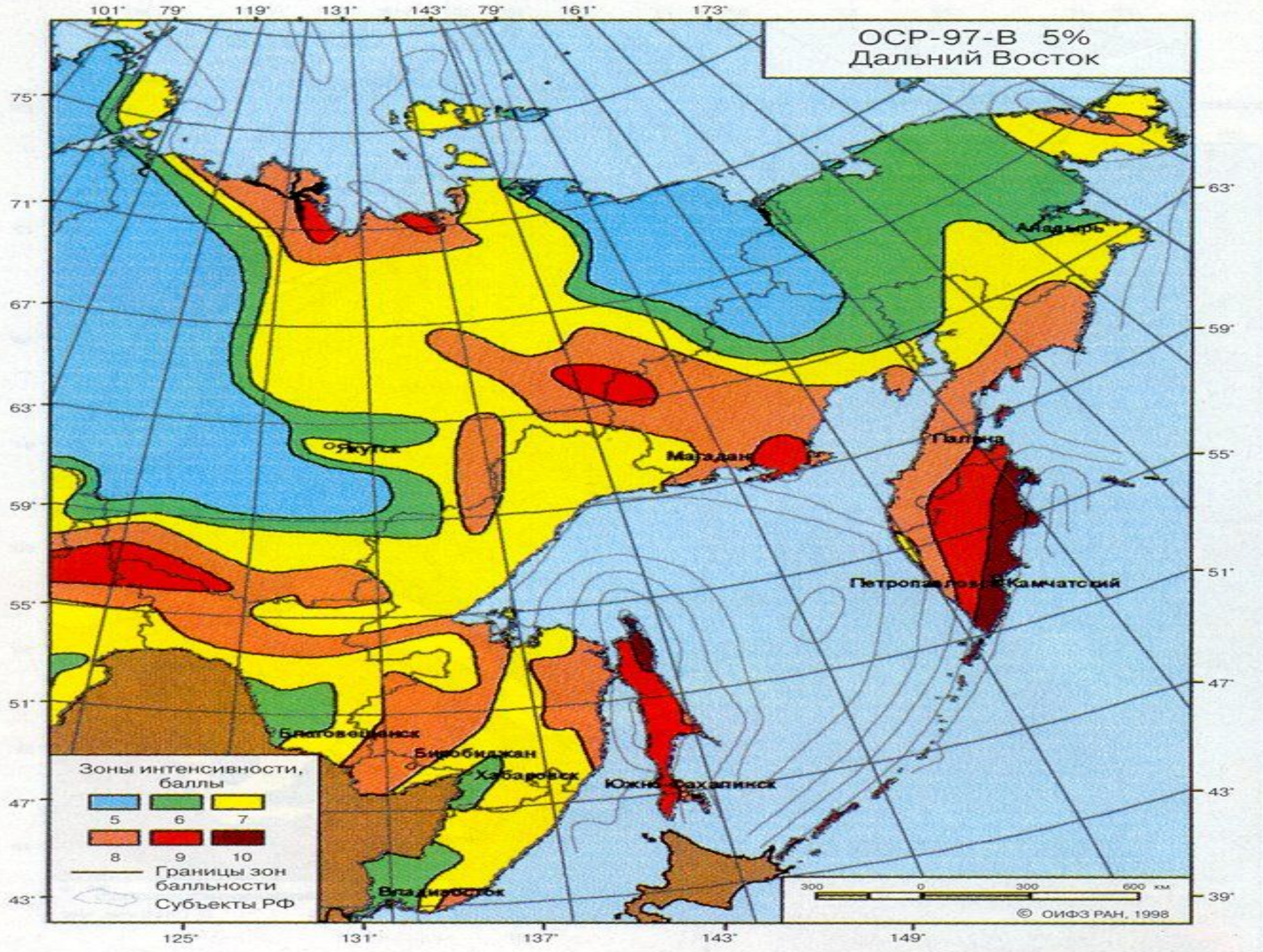


ОСР-97-А 10%  
Дальний Восток



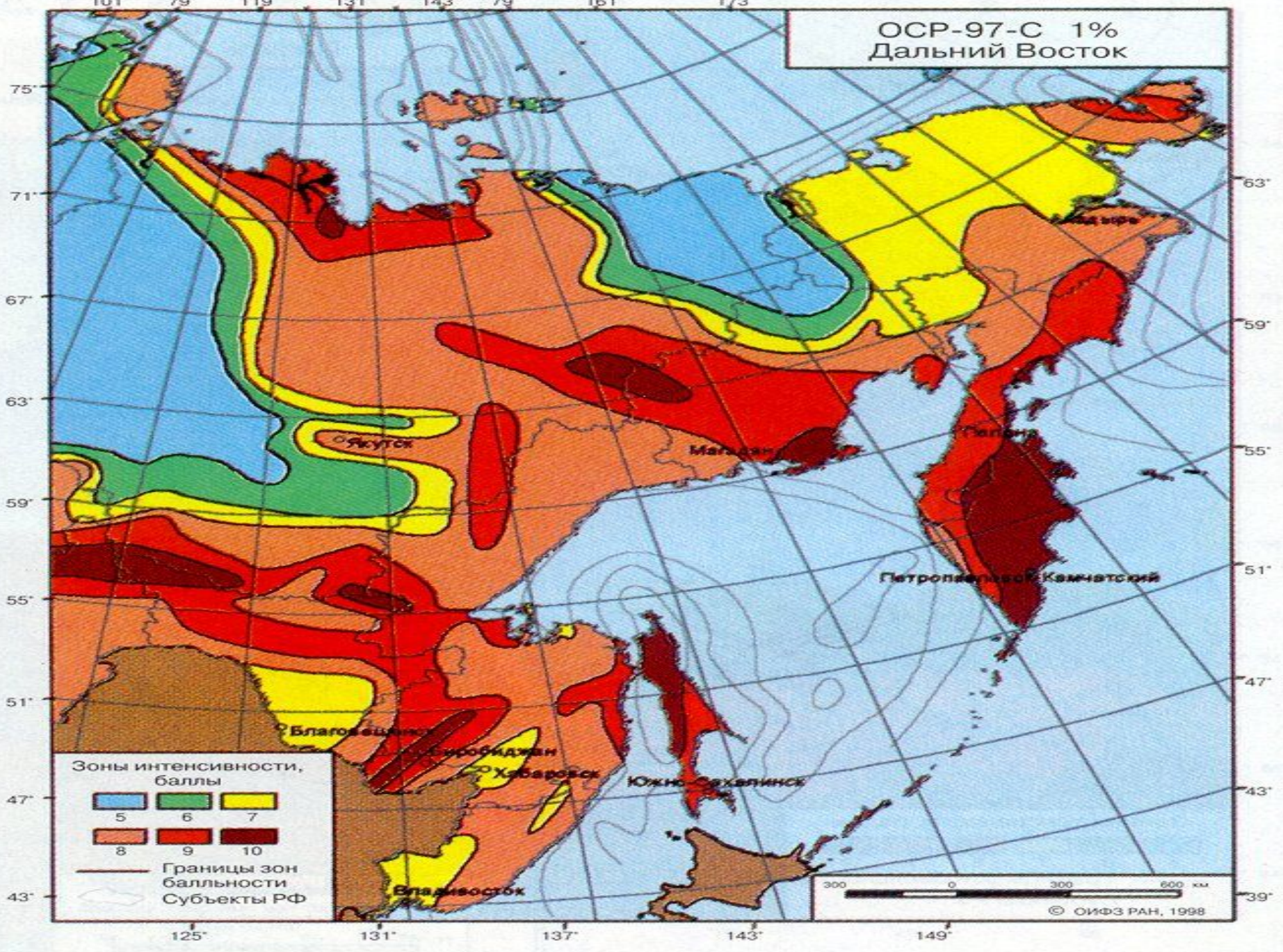


ОСР-97-В 5%  
Дальний Восток





ОСР-97-С 1%  
Дальний Восток





# Сейсмичность площадки строительства для сейсмического района в зависимости от категории грунтов

| Категория грунта | Грунты   | 7 | 8 | 9  |
|------------------|--|---|---|----|
| I                | Скальные грунты и нескальные твердомерзлые (вечномерзлые) грунты при температуре минус 2°С и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии)  | 6 | 7 | 8  |
| II               | Пески маловлажные и влажные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L \leq 0,5$ ; вечномерзлые нескальные грунты пластичномерзлые или сыпучемерзлые, а также твердомерзлые при температуре выше минус 2°С при строительстве и эксплуатации по принципу I | 7 | 8 | 9  |
| III              | Пески рыхлые, водонасыщенные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L > 0,5$ ; вечномерзлые нескальные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допущение оттаивания грунтов основания)  | 8 | 9 | >9 |

В случае неоднородного состава грунта площадки строительства относится к более неблагоприятной категории по сейсмическим свойствам, если в пределах 10-метрового слоя грунта (считая от планировочной отметки) слой, относящийся к этой категории, имеет суммарную толщину более 5 м



# ОПИСАНИЕ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ MSK-64

| Интенсивность, балл | Характеристика сотрясений  |
|---------------------|--|
| 1                   | Землетрясение регистрируется только специальными приборами и не ощущаются людьми   |
| 2                   | Колебания ощущаются лишь немногими людьми, находящимися в покое, особенно на верхних этажах зданий   |
| 3                   | <b>Слабое землетрясение.</b> Колебания заметно ощущаются в помещениях, особенно на верхних этажах зданий. Чувствуется небольшая вибрация, как от прошедшей поблизости грузовой автомашины. Можно оценить длительность колебаний.   |
| 4                   | Землетрясение ощущается многими людьми в помещении и лишь немногими - на открытом воздухе. Наблюдается дребезжание стекла окон, звенит посуда, трещат деревянные двери и каркасы. Часто слышен глухой гул.   |
| 5                   | <b>Умеренное землетрясение.</b> Ощущается всеми людьми, многие спящие просыпаются. Наблюдается раскачивание висячих предметов, скрип полов и потолков, дрожание стекол и звон посуды, осыпание побелки. Иногда передвигается мебель, открываются и закрываются двери, раскачиваются столбы и деревья.  |
| 6                   | <b>Сильное землетрясение.</b> Спящие просыпаются. Многие в испуге выбегают из домов на улицу. Бьются окна, тарелки, стеклянная посуда. Книги, отдельные предметы падают с полок. Падают картины. Опрокидывается мебель. Появляются трещины в печах кирпичной кладки и дымовых трубах. Наблюдаются легкие повреждения: тонкие трещины в штукатурке и откалывание небольших кусков штукатурки в домах из кирпича-сырца и глинобитных домах, а также в отдельных кирпичных домах, зданиях крупноблочного типа и из естественного тесаного камня. В горных районах случаются единичные оползни. На сырых грунтах возможны видимые трещины до 1 см. |

- 7 **Сильное землетрясение.** Трудно держаться на ногах. Все жители выбегают из домов. С большой амплитудой раскачиваются висячие предметы. Ломается мебель. Многие здания получают значительные повреждения. В зданиях из кирпича-сырца и глинобитных домах имеют место тяжелые повреждения: глубокие и сквозные трещины в стенах, падение печных труб, а в отдельных домах подобного типа - обрушиваются внутренние стены и стены заполнения каркаса, образуются проломы в стенах. В кирпичных домах и крупноблочных зданиях возникают небольшие трещины в стенах, отваливаются куски штукатурки, появляются трещины в печных и вентилиционных трубах кирпичной кладки. В ряде случаев наблюдаются оползни проезжей части дорог на крутых склонах и трещины на дорогах. Нарушения стыков трубопроводов. Отдельные случаи оползней на песчаных или гравелистых берегах рек. Мутнеет вода в водоемах и реках от ила.
- 8 **Разрушительное землетрясение.** Испуг и паника. Испытывают беспокойство даже лица, ведущие автомашины. Разрываются стыки трубопроводов. В зданиях панельного типа, каркасных железобетонных зданиях, деревянных домах хорошей постройки возникают тонкие, местами глубокие и сквозные трещины в штукатурке, откалываются большие куски штукатурки. Другие сооружения (из кирпича-сырца, глинобитные, кирпичные и крупноблочные дома) получают значительные повреждения, иногда частично разрушаются. Старые постройки разрушаются полностью. Происходит отрыв панелей от каркасов. Поворачиваются и падают печные и фабричные трубы, башни, колонны. Памятники и статуи сдвигаются. Надгробные памятники опрокидываются. Каменные ограды разрушаются. Обламываются ветви деревьев. В грунтах возникают трещины шириной в несколько сантиметров, местами образуются небольшие оползни.



| Интенсивность, балл | Характеристика сотрясений  |
|---------------------|--|
| 9                   | <p><b>Разрушительное землетрясение.</b> Всеобщая паника. Разрушение домов. Повсеместно в кирпичных и крупноблочных домах фиксируется обрушение внутренних стен и стен заполнения каркаса, проломы в стенах, обрушение частей зданий, разрушение связей между отдельными частями здания, а в отдельных случаях - их полное разрушение. В панельных и каркасных железобетонных помещениях и деревянных домах хорошей постройки отмечаются большие глубокие и сквозные трещины в стенах и штукатурке, падения дымовых труб, для единичных зданий - обрушение их частей, внутренних стен и проломы в них. Значительные повреждения берегов искусственных водоемов, разрывы частей подземных трубопроводов. В отдельных случаях - искривление рельсов и повреждения проезжей части дорог. Частые оползни и осыпание грунтов, трещины в грунтах достигают ширины .</p> |
| 10                  | <p><b>Катастрофа.</b> Большая часть построек разрушается до основания. Обрушиваются хорошо построенные деревянные здания и мосты. Серьезно повреждаются плотины, дамбы и насыпи, появляются многочисленные трещины до шириной, искривляются железнодорожные рельсы. Дорожные покрытия и асфальт образуют волнообразную поверхность. Возникают большие оползни, вода выплескивается из каналов, рек, озер. Приходит в движение песчаный и глинистый грунт на пляжах и низменных участках.</p>   |
| 11                  | <p><b>Катастрофа.</b> Только единичные каменные постройки сохраняют устойчивость. Разрушаются плотины, насыпи, дамбы, мосты. Подземные трубопроводы полностью выходят из строя. Сильно вспучиваются рельсы на железных дорогах. Видны широкие трещины на поверхности земли, отмечены большие обвалы в горах. Наблюдаются сплывы и крупные оползни в рыхлых грунтах.</p>  |
| 12                  | <p><b>Сильная катастрофа.</b> Изменение рельефа в больших размерах, полное разрушение практически всех наземных и подземных сооружений. Смещаются крупные скальные массивы, на поверхности земли появляются волны. Изменяются русла рек.</p>   |

## Общие сведения

- 7...9 баллов - специальный расчет и конструирование (7б – ускорение 100 см/с<sup>2</sup>, 8б – 200 см/с<sup>2</sup>; 9б – 400 см/с<sup>2</sup>)
- $\geq 10$  баллов строительство не ведется;
- - 1 балл - скальные грунты
- +1 балл – слабые грунты: пластичные глина и суглинки или супеси и пески при грунтовых водах

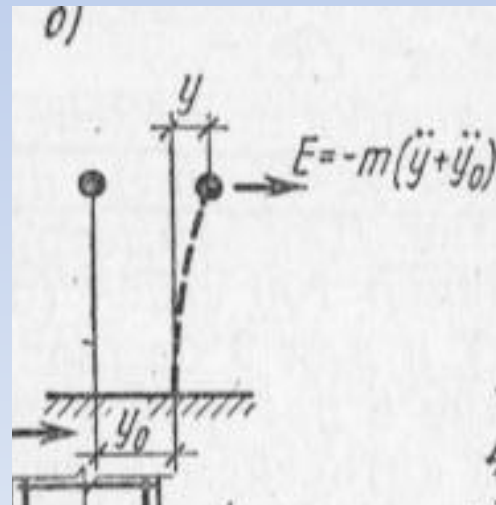
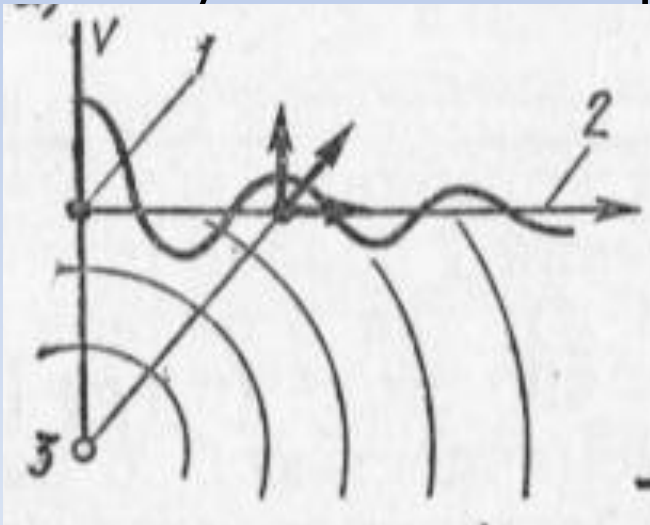


Схема распространения сейсмических волн и возникновения сейсмических сил  
1 – эпицентр; 2 – поверхность земли;  
3 – гипоцентр землетрясения



# Конструкции зданий, возводимых в сейсмических районах

# Основы конструирования зданий

- Симметричность и равномерное распределение масс и жесткостей.
- Простые планы без выступов, антисейсмические швы;
- Повышение пространственной жесткости;
- Предпочтительны рамно-связевые схемы с регулярно расположенными вертикальными диафрагмами;
- Жесткие стыки и узлы за счет арматурных выпусков и замоноличивания, учащение поперечной арматуры



# Антисейсмические швы (АШ)

- Выполняются, если:
  - здание или сооружение имеет сложную форму в плане;
  - смежные участки здания или сооружения имеют перепады высот 5 м и более.
- В одноэтажных зданиях высотой до 10 м при расчетной сейсмичности 7 баллов АШ допускается не устраивать.
- АШ должны разделять здания и сооружения по всей высоте. Допускается не устраивать шов в фундаменте, за исключением случаев, когда антисейсмический шов совпадает с осадочным.
- АШ выполняют путем возведения парных стен или рам.
- При высоте здания до 5 м ширина АШ должна быть не менее 30 мм. Ширину АШ здания большей высоты следует увеличивать на 20 мм на каждые 5 м высоты.
- Заполнение АШ не должно препятствовать взаимным горизонтальным перемещениям отсеков здания или сооружения.
- Расстояние между АШ принимается:
  - Стальные каркасы - как для несейсмических районов, но не более 150 м
  - Каркасные и бескаркасные железобетонные и каменные здания – при баллах 7 и 8 – 80 м, при баллах 9 – 60 м.

# Высота зданий в сейсмических районах

| Несущие конструкции зданий        | Высота здания, м (количество этажей), при сейсмичности |        |        |
|-----------------------------------|--|--------|--------|
|                                   | 7  | 8      | 9      |
| Железобетонный каркас:            |  |        |        |
| - связевый                        | 51(16)   | 39(12) | 30(9)  |
| - рамный без заполнения           | 30(6)  | 24(5)  | 14(4)  |
| Стены из монолитного железобетона | 75(24)   | 63(20) | 51(16) |
| Стены из железобетонных панелей   | 45(14)   | 39(12) | 30(9)  |
| Каменные дома при кладке:         |  |        |        |
| 1 категории                       | 20(6)  | 17(5)  | 14(4)  |
| 2 категории                       | 17(5)  | 14(4)  | 11(3)  |



# Перекрытия

- Сборные железобетонные перекрытия и покрытия зданий должны быть монолитными, жесткими в горизонтальной плоскости и соединенными с вертикальными несущими конструкциями.
- Жесткость сборных железобетонных перекрытий и покрытий обеспечивают путем:
  - устройства в боковых гранях плит перекрытий и покрытий шпоночной или рифленой поверхности, заполненной бетоном.
  - устройства связей в виде выпусков арматуры или закладных деталей между плитами и элементами каркаса, антисейсмическими швами или стенами, воспринимающих усилия растяжения и сдвига.
- В кирпичных и каменных зданиях длина части панелей перекрытий (покрытий), опирающихся на несущие стены должна быть не менее 120 мм.
- В одноэтажных каменных зданиях при расстояниях между стенами не более 6 м допускается устройство деревянных перекрытий (покрытий), при этом балки перекрытий заанкеривают в антисейсмическом поясе и устраивать по ним диагональный настил.

# Каркасные здания

- Горизонтальную сейсмическую нагрузку воспринимают:
  - каркас;
  - каркас с заполнением,
  - каркас с вертикальными связями, диафрагмами или ядрами жесткости.
- При расчетной сейсмичности 7-8 баллов допускается применение наружных каменных стен и внутренних железобетонных или металлических рам (стоек). Высота таких зданий не должна превышать 7 м.
- Жесткие узлы железобетонных каркасов зданий усиливаются применением сварных сеток, спирали или замкнутых хомутов.
- Участки ригелей и колонн, примыкающие к жестким узлам рам на расстоянии, равном полуторной высоте их сечения, должны армироваться замкнутой поперечной арматурой (хомутами), устанавливаемой по расчету, но не менее чем через 100 мм, а для рамных систем с несущими диафрагмами — не менее чем через 200 мм.



- Диафрагмы, связи и ядра жесткости, воспринимающие горизонтальную нагрузку, должны быть непрерывными по всей высоте здания и располагаться в обоих направлениях равномерно и симметрично относительно центра тяжести здания.
- В качестве несущих конструкций высоких зданий (более 16 этажей) принимают каркасы с диафрагмами, связями или ядрами жесткости.
- При выборе конструктивных схем предпочтение следует отдавать схемам, в которых зоны пластичности возникают в первую очередь в горизонтальных элементах каркаса (ригелях, перемычках, обвязочных балках и т.п.).
- На площадках, сложенных грунтами III категории, строительство высоких зданий не допускается.
- Фундаменты высоких зданий на нескальных грунтах, как правило, принимают свайными или в виде сплошной фундаментной плиты.

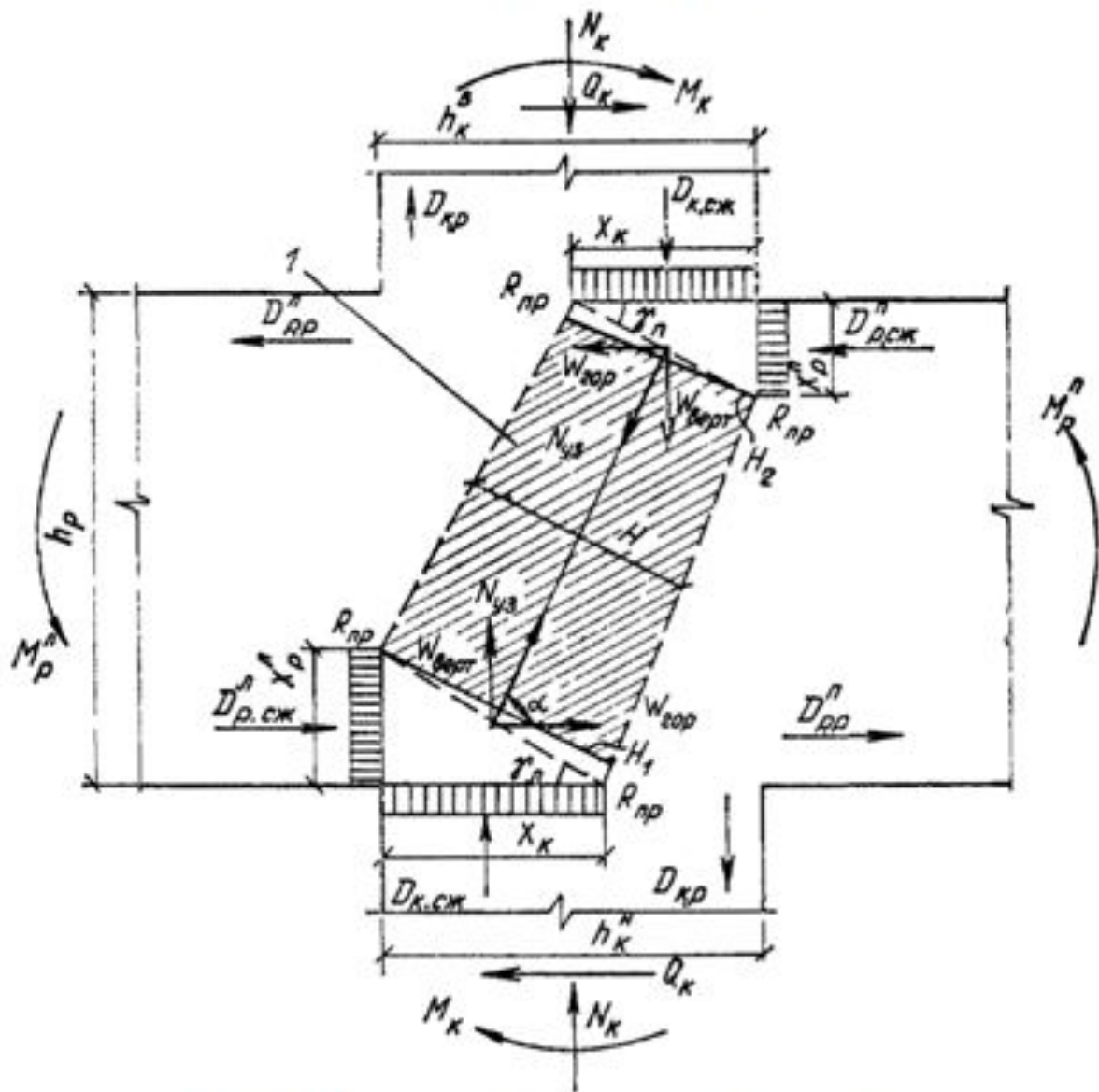
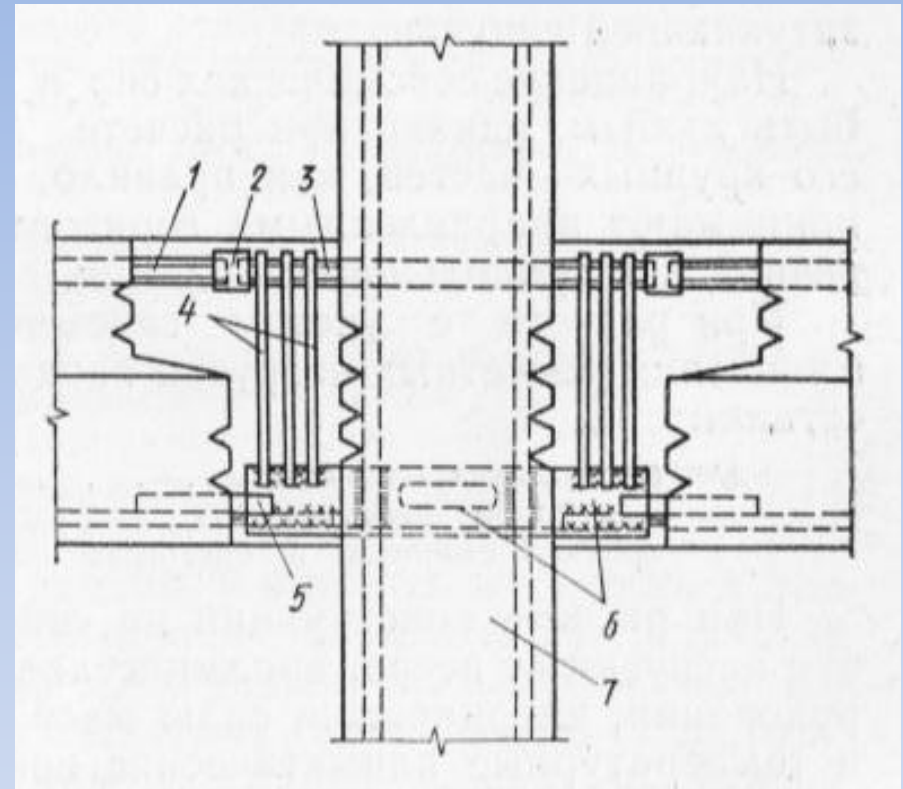
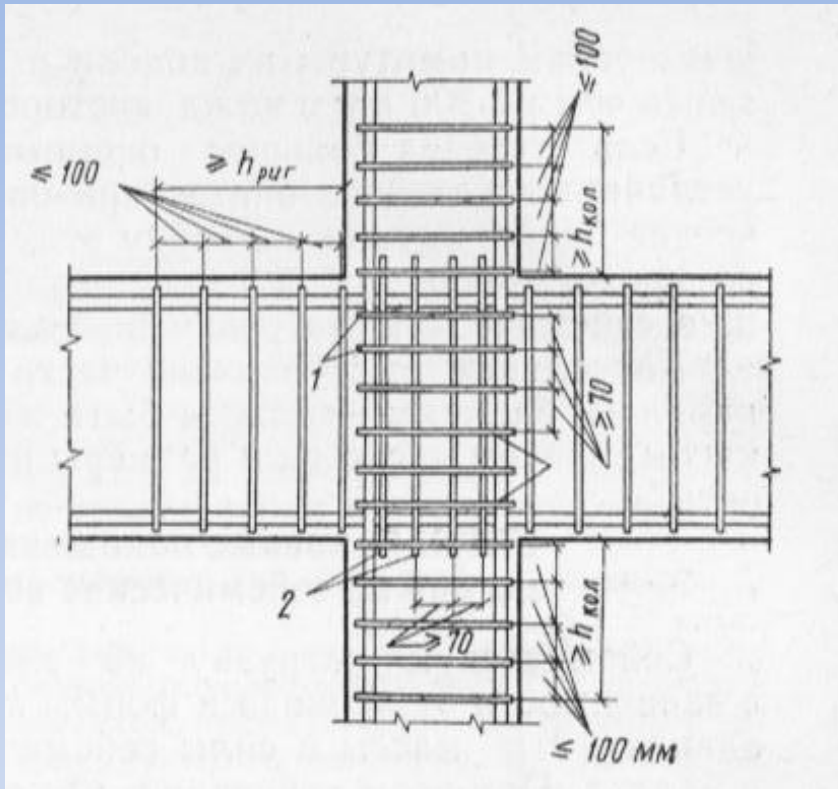


Рис. 57. Расчетная схема центральной зоны узла

1 - расчетная призма

# Армирование монолитных (а) и сборных (б) рамных узлов



1 – дополнительные хомуты; 2 – дополнительные вертикальные стержни по периметру хомутов

1 – выпуск продольной арматуры из ригеля; 2 – сварное соединение арматуры; 3 – выпуск продольной арматуры; 4 – поперечные стержни ригеля; 5 – усиленный выпуск арматуры; 6 – опорный столик из уголков с отверстием для бетонирования; 7 - колонна



# Стены

- В каркасных зданиях применяют легкие навесные панели.
- Применение самонесущих стен из каменной кладки допускается:
  - при шаге пристенных колонн каркаса не более 6 м;
  - при высоте стен зданий, возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, соответственно не более 18, 16 и 9 м.
- Кладка самонесущих стен соединяется гибкими связями с каркасом, не препятствующими горизонтальным смещениям каркаса вдоль стен.
- *Между поверхностями стен и колонн каркаса должен предусматриваться зазор не менее 20 мм. По всей длине стены в уровне плит покрытия и верха оконных проемов должны устраиваться антисейсмические пояса, соединенные с каркасом здания.*
- В местах пересечения торцовых и поперечных стен с продольными стенами должны устраиваться антисейсмические швы на всю высоту стен.

# Каменные здания

- Несущие кирпичные и каменные стены должны возводиться из кирпичной или каменной кладки на растворах со специальными добавками, повышающими сцепление раствора с кирпичом или камнем.
- При расчетной сейсмичности 7 баллов допускается возведение несущих стен зданий из кладки на растворах с пластификаторами без применения специальных добавок, повышающих прочность сцепления раствора с кирпичом или камнем.
- Выполнение кирпичной и каменной кладок вручную при отрицательной температуре для несущих и самонесущих стен (в том числе усиленных армированием или железобетонными включениями) при расчетной сейсмичности 9 и более баллов запрещается.
- **При расчетной сейсмичности 8 и менее баллов допускается выполнение зимней кладки вручную с обязательным включением в раствор добавок, обеспечивающих твердение раствора при отрицательных температурах.**



## Требования к материалу:

- кирпич полнотелый или пустотелый марки не ниже 75 с отверстиями размером до 14 мм; при расчетной сейсмичности 7 баллов допускается применение керамических камней марки не ниже 75;
- бетонные камни, сплошные и пустотелые блоки (а том числе из легкого бетона плотностью не менее 1200 кг/м<sup>3</sup>) марки 50 и выше;
- марка смешанных цементных растворов принимается не ниже 25 в летних условиях и не ниже 50 — в зимних. Для кладки блоков и панелей применяют раствор марки не ниже 50.

# Категории кладки

- Кладки в зависимости от их сопротивляемости сейсмическим воздействиям подразделяются на категории.
- Категория кладки определяется временным сопротивлением осевому растяжению по неперевязанным швам (нормальное сцепление), значение которого должно быть в пределах:
  - для кладки I категории —  $R_p^e \geq 180 \text{ кПа (1,8 кгс/см}^2\text{)}$
  - для кладки II категории —  $180 \text{ кПа} > R_p^e \geq 120 \text{ кПа (1,2 кгс/см}^2\text{)}$
- При невозможности получения на площадке строительства значения равного или превышающего 120 кПа (1,2 кгс/см<sup>2</sup>) применение кладки не допускается.
- При **расчетной сейсмичности 7 баллов** допускается применение кладки из естественного камня при менее 120 кПа (1,2 кгс/см<sup>2</sup>), но **не менее 60 кПа (0,6 кгс/см<sup>2</sup>)**. При этом **высота здания должна быть не более трех этажей, ширина простенков не менее 0,9 м, ширина проемов не более 2 м, а расстояния между осями стен — не более 12 м.**

# Высота и расположение стен

- Высота этажа зданий с несущими стенами из неармированной кладки не должна превышать при расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно 5; 4 и 3,5 м.
- При этом отношение высоты этажа к толщине стены должно быть не более 12.
- В зданиях с несущими стенами, кроме наружных продольных стен, как правило, должно быть не менее одной внутренней продольной стены. Расстояния между осями поперечных стен или заменяющих их рам должны проверяться расчетом и быть не более приведенных в табл.

| Категория<br>кладки | Расстояния, м, при расчетной<br>сейсмичности, баллы |    |    |
|---------------------|---|----|----|
|                     | 7   | 8  | 9  |
| I                   | 18  | 15 | 12 |
| II                  | 15  | 12 | 9  |



# Антисейсмические пояса

- В уровне перекрытий и покрытий устраиваются антисейсмические пояса по всем продольным и поперечным стенам, выполняемые из монолитного железобетона или сборными с замоноличиванием стыков и непрерывным армированием.
- Антисейсмические пояса верхнего этажа должны быть связаны с кладкой вертикальными выпусками арматуры.
- Антисейсмический пояс (с опорным участком перекрытия) устраивается на всю ширину стены; в наружных стенах толщиной 500 мм и более ширина пояса может быть меньше на 100-150 мм.
- Высота пояса должна быть не менее 150 мм, класс бетона - не ниже В12,5.
- Антисейсмические пояса должны иметь продольную арматуру  $4d10$  при расчетной сейсмичности 7-8 баллов и не менее  $4d12$  — при 9 баллах.
- В зданиях с монолитными железобетонными перекрытиями, заделанными по контуру в стены, антисейсмические пояса в уровне этих перекрытий допускается не устраивать

# Конструирование кладки

- В сопряжениях стен в кладку должны укладываться арматурные сетки с общей площадью сечения продольной арматуры не менее  $1 \text{ см}^2$ , длиной 1,5 м через 700 мм по высоте при расчетной сейсмичности 7-8 баллов и через 500 мм — при 9 баллах.
- Кирпичные столбы допускаются только при расчетной сейсмичности 7 баллов. При этом марка раствора должна быть не ниже 50, а высота столбов — не более 4 м. В двух направлениях столбы следует связывать заанкеренными в стены балками.
- Сейсмостойкость каменных стен здания следует повышать
  - сетками из арматуры,
  - созданием комплексной конструкции,
  - предварительным напряжением кладки или другими экспериментально обоснованными методами.
- Вертикальные железобетонные элементы (сердечники) должны соединяться с антисейсмическими поясами.

## Выполнение требований СНиП II-7-81 для каменных зданий в г. Якутске

- **Выполняются: 3.35** (несущие стены возведены из кирпича или бетонных камней), **3.38** (применены кирпичи марки М75 и бетонные камни марки М50), **3.41** (высота этажа меньше 5, 4 и 3,5м при 7, 8, 9-балльной сейсмичности соответственно), **3.42** (имеется 1 внутренняя продольная стена), **3.51** (выходы из лестничных клеток устроены по обе стороны здания).
- **Не выполняются: 3.44** (отсутствуют антисейсмические пояса в уровне перекрытий и покрытий), **3.46, 3.47** (Отсутствуют арматурные сетки в сопряжениях стен или предварительно напряженная кладка), **3.48** (несущие стены первого этажа, который занимает магазин, не выполнены из ж/б конструкций)



# КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

- Крупнопанельные здания проектируют с продольными и поперечными стенами, объединенными между собой и с перекрытиями и покрытиями в единую пространственную систему, воспринимающую сейсмические нагрузки.
- При опирании перекрытий на наружные стены здания необходимо предусматривать сварные соединения выпусков арматуры из плит перекрытий с вертикальной арматурой стеновых панелей.
- Необходимое сечение металлических связей в швах между панелями определяется расчетом, но не должно быть меньше  $1 \text{ см}^2$  на 1 пог. м шва, а для зданий высотой 5 и менее этажей при сейсмичности площадки 7 и 8 баллов не менее  $0,5 \text{ см}^2$  на 1 пог. м. Допускается вертикальную расчетную арматуру в количестве не более 65% размещать в местах пересечений стен.
- Стены по всей длине и ширине здания должны быть непрерывными.
- Лоджии должны быть встроенными, длиной, равной расстоянию между соседними стенами. В местах размещения лоджий в плоскости наружных стен предусматривают устройство железобетонных рам.
- Устройство эркеров не допускается.

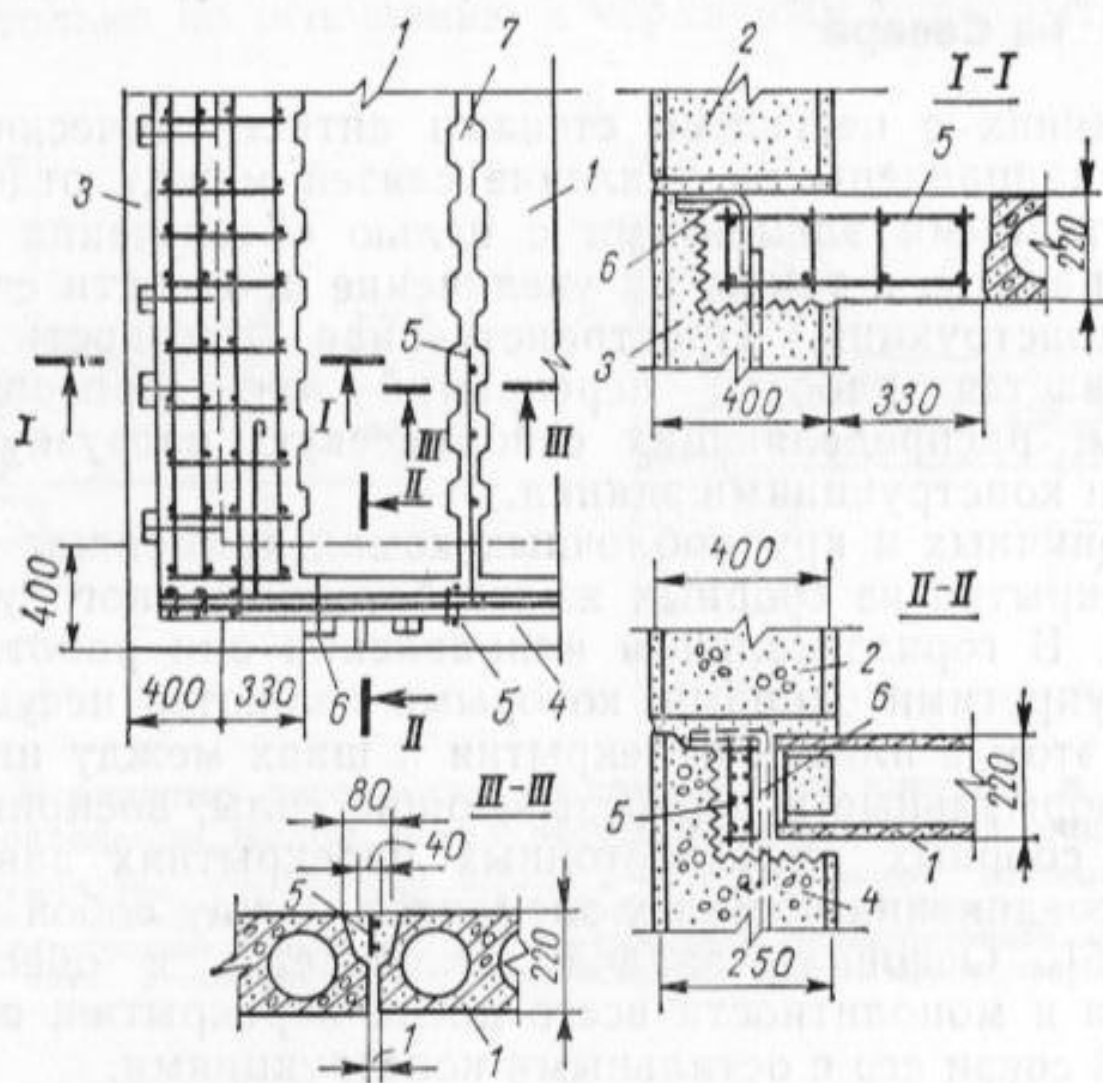


Рис. 40. Устройство антисейсмического пояса в уровне перекрытия у наружной стены в крупноблочном доме серии 123 в Магадане (сейсмичность 7 баллов)

1 — железобетонная многопустотная плита перекрытия; 2 — простеночный блок; 3 — поясной блок; 4 — перемычечный блок; 5 — металлические каркасы; 6 — анкеры; 7 — шпонка

# Здания с монолитными стенами

- Здания из монолитного железобетона проектируют преимущественно перекрестно-стеновой конструктивной системы с несущими или ненесущими наружными стенами.
- В зданиях с ненесущими наружными стенами высотой более 12, девяти или пяти этажей при расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно предусматривают не менее двух внутренних несущих продольных стен.
- Расстояние от внутренней стены здания до проемов должно составлять не менее 0,6 м.
- Независимо от результатов расчета конструктивное армирование стен принимают:
  - по полю стен вертикальной и горизонтальной арматурой с  $\mu \geq 0,05 \%$ ;
  - в пересечениях стен, местах резкого изменения толщины стены, у граней проемов - с площадью сечения арматуры не менее  $2 \text{ см}^2$ .
- Шаг плоских каркасов поля стен принимают конструктивно не более 900 мм и не более 400 мм, если требуется по расчету. Диаметр вертикальной арматуры принимают не менее 10 мм, а горизонтальной - не менее 8 мм, шаг горизонтальных стержней, объединяющих каркасы, не должен превышать 600 мм.



- Каркасы, используемые для конструктивного армирования мест пересечения стен и граней проемов, должны состоять из продольных арматурных стержней диаметром не менее 10 мм и замкнутых хомутов диаметром 3 - 4 мм, устанавливаемых с шагом не более 500 мм.
- Изменение площади сечения расчетной арматуры по высоте здания рекомендуется осуществлять за счет изменения диаметра продольных стержней, сохраняя неизменным их число и расстояние между ними.
- При армировании узких простенков шириной до 1000 мм следует предусматривать не менее четырех продольных арматурных стержней диаметром не менее 12 мм, объединяемых замкнутыми хомутами в пространственный каркас. Хомуты должны устанавливаться с шагом не более удвоенной толщины стены, или 400 мм, или  $20d$ .
- Стыкование по высоте здания стержней диаметром до 20 мм в арматурных каркасах выполняют без сварки, вразбежку.

- Для предотвращения хрупкого разрушения в вертикальных стыковых соединениях следует предусматривать установку горизонтальных арматурных стержней, пересекающих вертикальный стык. Площадь сечения горизонтальных арматурных стержней должна определяться из условия восприятия ими усилий растяжения, равных  $0,2T$  (где  $T$  - расчетное усилие сдвига, действующего в стыковом соединении), и приниматься не менее  $0,5 \text{ см}^2$  на 1 м длины стыка в зданиях высотой до пяти этажей на площадках с сейсмичностью 7 баллов и  $1 \text{ см}^2$  на 1 м длины - в остальных случаях.
- Перемычки армируют пространственными каркасами. Крайние продольные стержни заводят за грань проема на длину анкеровки по [СНиП 52-01](#), но не менее чем на 500 мм. С целью обеспечения устойчивости продольных стержней в сжатой зоне прямоугольного сечения перемычки их закрепляют от выпучивания с помощью поперечных стержней.
- Шаг поперечных стержней должен быть не более  $10d$  ( $d$  - диаметр продольных стержней). Поперечные стержни должны располагаться на расстоянии не более 300 мм от опорной зоны перемычки.
- Допускается возведение зданий с внутренними монолитными стенами и наружными стенами из штучной кладки. Расчет и конструирование таких стен осуществляют аналогично ненесущим стенам каркасных зданий.

# ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

- Граничную высоту сжатой зоны бетона  $\xi_R$  принимают с коэффициентом 0,85.
- Во внецентренно-сжатых элементах, а также в сжатой зоне изгибаемых элементов при расчетной сейсмичности 8 и 9 баллов хомуты должны ставиться по расчету на расстояниях не более 400 мм и при вязаных каркасах — не более  $12d$ , а при сварных каркасах — не более  $15d$ , где  $d$  — наименьший диаметр сжатых продольных стержней. При этом поперечная арматура должна обеспечивать закрепление сжатых стержней от их изгиба в любом направлении.
- В местах стыкования рабочей арматуры внахлестку без сварки шаг хомутов принимается не более  $8d$ .
- При проценте армирования более 3%, хомуты устанавливаются на расстоянии не более  $8d$  и не более 250 мм.
- Диаметр хомутов следует принимать не менее 8 мм.
- В вязаных каркасах концы хомутов необходимо загибать вокруг стержня продольной арматуры и заводить их внутрь бетонного ядра не менее чем на  $6d$  хомута.
- Стыкование продольной арматуры колонн внахлестку без сварки не допускается.
- Длина перепуска арматуры принимается на 30 % больше значений, определенных по требованиям [СНиП 52-01](#)



# Основные положения расчета зданий на сейсмические воздействия

- Сейсмическую нагрузку устанавливают в зависимости от
  - периода и формы свободных колебаний здания;
  - массы здания;
  - силы сейсмического воздействия в баллах
- Сейсмические силы считают приложенными в уровне перекрытий

При расчете конструкций проверяют прочность следующих сечений:

- горизонтальных и наклонных сечений глухих стен и простенков;
- вертикальных сопряжений стен;
- нормальных сечений в опорных зонах перемычек, сечений на полосе между возможными наклонными трещинами и по наклонной трещине.

# Нагрузки

Расчет выполняется на основные и особые сочетания нагрузок.

Коэффициенты сочетаний нагрузок при расчете на особые сочетания нагрузок принимаются

| Виды нагрузок                              | Значение коэффициента сочетаний<br>$\psi_i$ |
|--|---|
| Постоянные                                 | 0,9   |
| Временные длительные                       | 0,8   |
| Кратковременные (на перекрытия и покрытия) | 0,5   |

Не учитываются нагрузки:

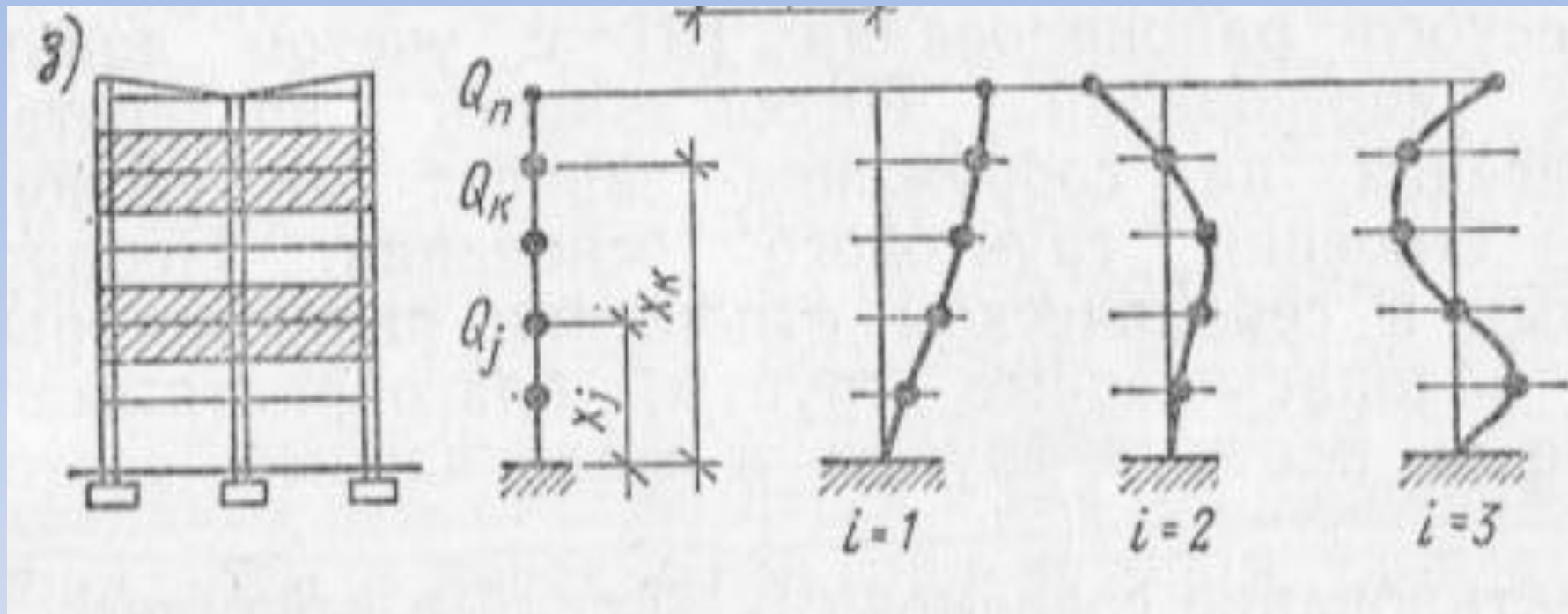
- температурные климатические воздействия;
- ветровые;
- динамические воздействия от оборудования и транспорта;
- тормозные и боковые усилия от движения кранов .

- ❑ Сейсмические воздействия могут иметь любое направление в пространстве.
- ❑ Для зданий и сооружений простой геометрической формы расчетные сейсмические нагрузки следует принимать действующими горизонтально в направлении их продольной и поперечной осей. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует учитывать отдельно.
- ❑ При расчете сооружений сложной геометрической формы следует учитывать наиболее опасные для данной конструкции или ее элементов направления действия сейсмических нагрузок.



- Вертикальную сейсмическую нагрузку учитывают при расчете:
  - горизонтальных и наклонных консольных конструкций;
  - пролетных строений мостов;
  - рам, арок, ферм, пространственных покрытий зданий и сооружений пролетом 24 и более метров;
  - сооружений на устойчивость против опрокидывания или против скольжения;
  - каменных конструкций.

# К определению сейсмических сил



- Расчетная сейсмическая нагрузка  $S_{ik}$  в выбранном направлении, приложенная к точке  $k$  и соответствующая  $i$ -му тону собственных колебаний зданий или сооружений, определяется по формуле

$$\bullet S_{ik} = K_1 S_{oik}, \quad (1)$$

- где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений;
- $S_{oik}$  — значение сейсмической нагрузки для  $i$ -го тона собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого деформирования конструкций

# Значения коэффициента $K_1$

| Тип здания или сооружения  | Значения $K_1$ |
|--|----------------|
| 1. Здания и сооружения, в конструкциях которых повреждения или неупругие деформации не допускаются   | 1              |
| 2. Здания и сооружения, в конструкциях которых могут быть допущены остаточные деформации и повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию, при обеспечении безопасности людей и сохранности оборудования, возводимые                              |                |
| из железобетонных крупнопанельных или монолитных конструкций   | 0,22           |
| со стальным каркасом без вертикальных диафрагм или связей  | 0,25           |
| то же, с диафрагмами или связями   | 0,22           |
| с железобетонным каркасом без вертикальных диафрагм или связей   | 0,35           |
| то же, с диафрагмами или связями   | 0,25           |
| из кирпичной или каменной кладки   | 0,35           |
| 3. Здания и сооружения, в конструкциях которых могут быть допущены значительные остаточные деформации, трещины, повреждения отдельных элементов, их смещения, временно приостанавливающие нормальную эксплуатацию при обеспечении безопасности людей | 0,12           |



## Сейсмическая нагрузка для $i$ -го тона собственных колебаний

$$S_{oik} = Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{ik},$$

- $Q_k$  — вес здания или сооружения, отнесенный к точке  $k$ , определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкции;
- $A$  — коэффициент, значения которого следует принимать равными 0,1; 0,2; 0,4 соответственно для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов;
- $\beta_i$  — коэффициент динамичности, соответствующий  $i$ -му тону собственных колебаний зданий или сооружений;
- $K_\psi$  — коэффициент, принимаемый по таблице;
- $\eta_{ik}$  — коэффициент, зависящий от формы деформации здания или сооружения при его собственных колебаниях по  $i$ -му тону и от места расположения нагрузки.

# Коэффициент $K_{\psi}$

| Характеристика зданий и сооружений  | $K_{\psi}$ |
|---|------------|
| 1. Высокие сооружения небольших размеров в плане (башни мачты, дымовые трубы, отдельно стоящие шахты лифтов и т п ).<br>Здания со стойками в первом этаже при соотношении податливости вышележащего и первого этажей, равном 0,25 и более | 1,5        |
| 2. Каркасные здания, стеновое заполнение которых не оказывает влияния на их деформативность   | 1,3        |
| 3. Здания и сооружения, не указанные в поз. 1-2, кроме гидротехнических сооружений  | 1          |

Значения коэффициента динамичности  $\beta_i$   
 Принимаются в зависимости от расчетного периода собственных  
 колебаний  $T_i$  здания или сооружения по  $i$ -му тону.

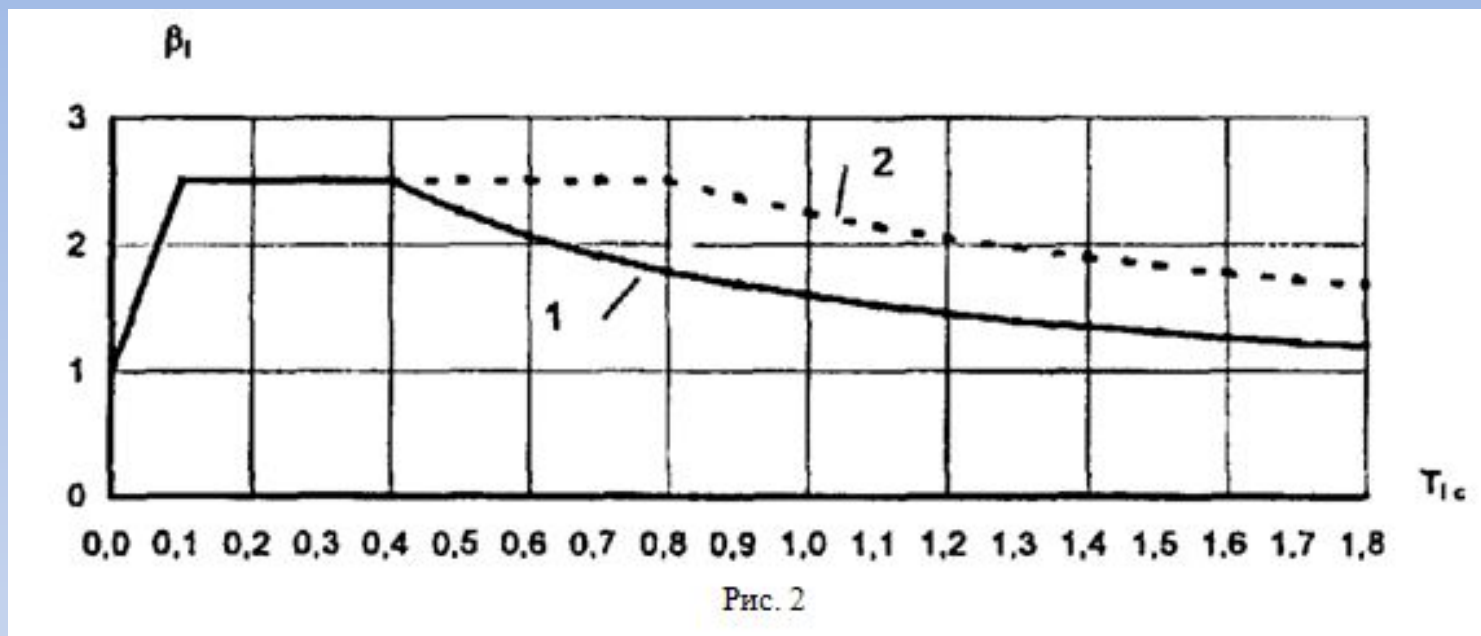


Рис. 2

Для грунтов I и II категорий по сейсмическим свойствам (кривая 1)

$$\text{при } T_i \leq 0,1 \text{ с} \quad \beta_i = 1 + 15 T_i$$

$$\text{при } 0,1 \text{ с} < T_i < 0,4 \text{ с} \quad \beta_i = 2,5$$

$$\text{при } T_i \geq 0,4 \text{ с} \quad \beta_i = 2,5 (0,8/T_i)^{0,5}$$

Для грунтов III категории по сейсмическим свойствам (кривая 2)

$$\text{при } T_i \leq 0,1 \text{ с} \quad \beta_i = 1 + 15 T_i$$

$$\text{при } 0,1 \text{ с} < T_i < 0,8 \text{ с} \quad \beta_i = 2,5$$

$$\text{при } T_i \geq 0,8 \text{ с} \quad \beta_i = 2,5 (0,8/T_i)^{0,5}$$

Во всех случаях значения  $\beta_i$  должны приниматься не менее 0,8.

- Для зданий и сооружений, рассчитываемых по консольной схеме, значение  $\eta_{ik}$  определяется по формуле

$$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_i(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_i^2(x_j)}$$

- где  $X_i(x_k)$  и  $X_i(x_j)$  — смещения здания или сооружения при собственных колебаниях по  $i$ -му тону в рассматриваемой точке  $k$  и во всех точках  $j$ , где в соответствии с расчетной схемой его вес принят сосредоточенным;
- $Q_j$  — вес здания или сооружения, отнесенный к точке  $j$ , определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкцию.





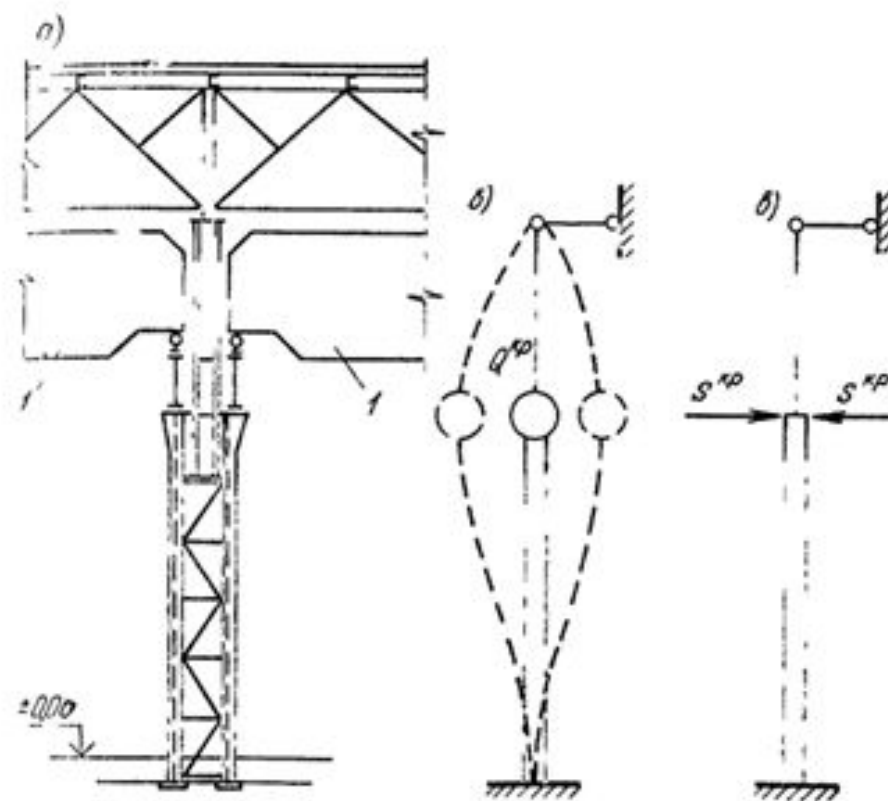


Рис. 8. Схемы к расчету колонны на местную сейсмическую нагрузку от собственного веса моста крана

*a* - деталь разреза здания; *b* - динамическая расчетная схема колонны; *c* - расчетная схема колонны; *1* - мостовой кран

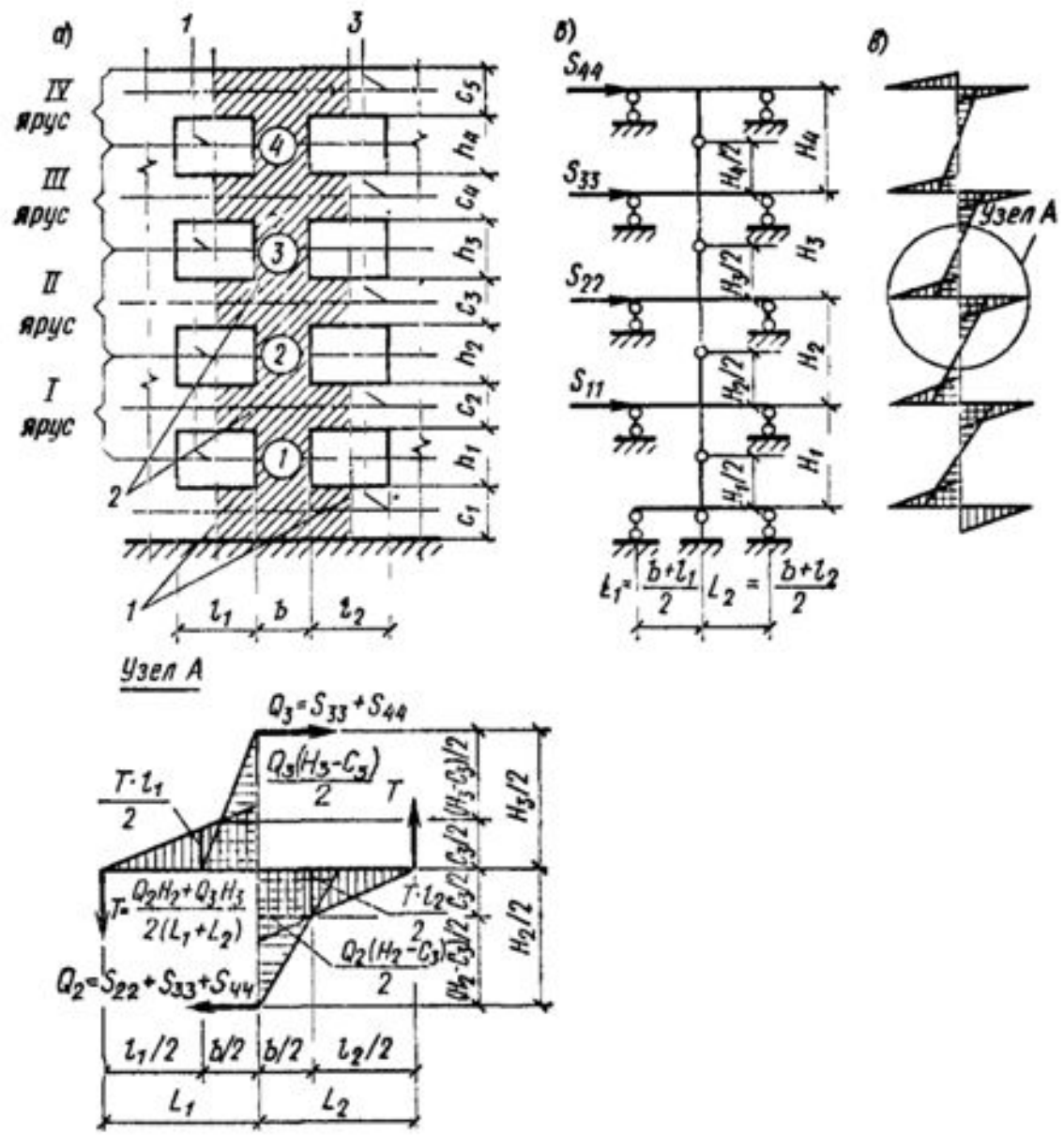


Рис. 83. Схемы к расчету простенков и горизонтальных поясов самонесущей каменной стены на действие сейсмических сил в ее плоскости

а - элемент фасада стены; б - расчетная схема; в - узел А.  $l_1, l_2$  - оси простенков; 2 - простенки; 3 - оси

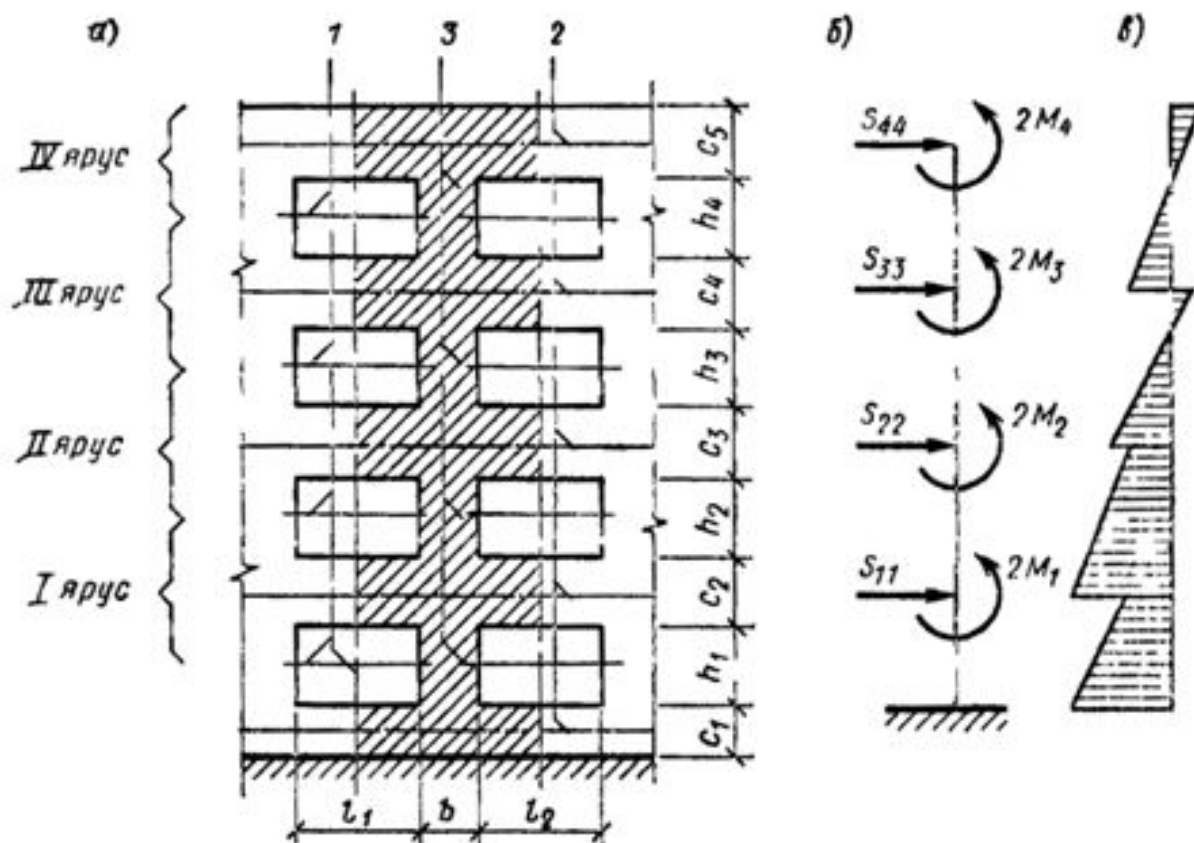
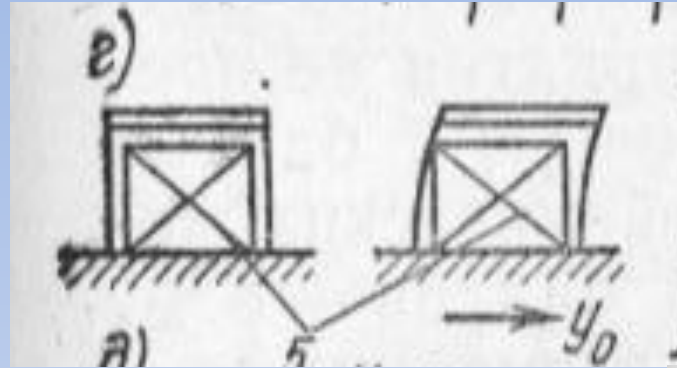
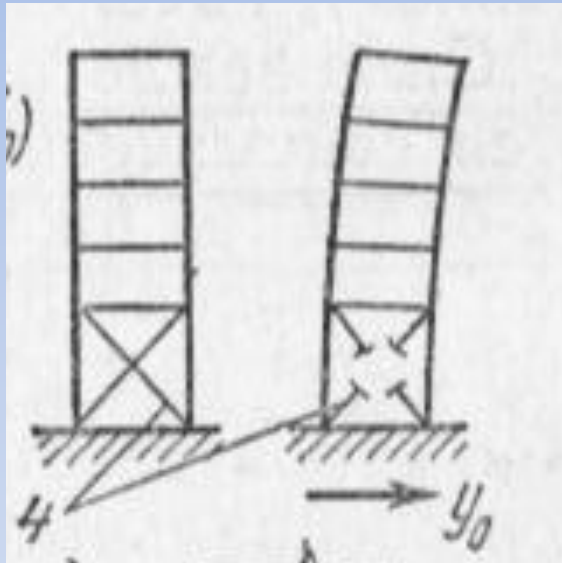


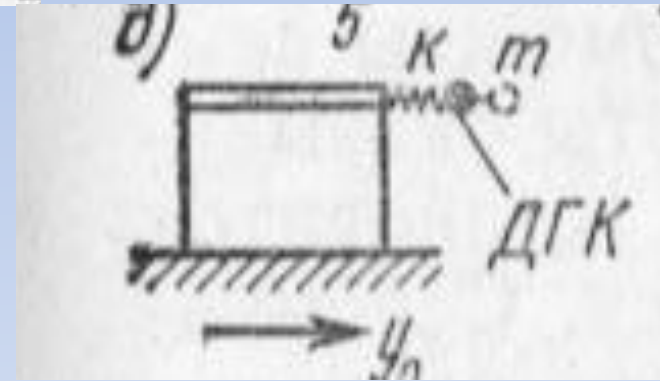
Рис. 84. Схемы к расчету простенков самонесущей каменной стены на действие сейсмических сил в ее плоскости

а - элемент фасада стены; б - расчетная схема; в - эпюра  $M$ ;  $l_1$  - оси проемов;  $l_2$  - оси горизонтальных поясов;  $3$  - простенки

# Системы активной защиты при сейсмике



- Система с включающимися связями



- Система с выключающимися связями

- Система с динамическим гасителем колебаний



Рис. 5. Нижний гибкий ярус домов серии 122 с самонастраивающейся жесткостью при сейсмических воздействиях

*a*—сборно-монолитный каркас с поперечными Т-образными рамами; *б*—высокий свайный ростверк; 1—сваи; 2—ростверк; 3—плита перекрытия; 4—панели внутренних стен; 5—панели наружных стен жилого этажа; 6—панели наружных стен технического этажа и технического подполья; 7—Т-образные рамы технического этажа; 8—само-выключающиеся связи (СВС)

