

## Основы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений

### Введение

При проектировании зданий и сооружений, предназначенных для строительства в сейсмических районах, их сейсмостойкость традиционно обеспечивается путем повышения несущей способности конструкций за счет увеличения размеров несущих элементов и прочности материалов, а также ряда конструктивных мероприятий (см. п. 1 данного пособия). Все это требует значительных дополнительных затрат строительных материалов и средств. Увеличение размеров конструкций или прочности материалов приводит к увеличению жесткости и веса сооружений, что, в свою очередь, вызывает возрастание инерционной (сейсмической) нагрузки. В России и многих зарубежных странах сформировалось экспериментальное направление в строительстве по повышению и обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений, названный активным способом сейсмозащиты (нетрадиционный подход). Этот способ предусматривает снижение величины инерционных сейсмических нагрузок на сооружения за счет регулирования их динамических характеристик во время колебательного процесса, и управлять механизмом деформирования сооружений при землетрясениях. Регулирование динамических параметров осуществляется для того, чтобы избежать резонансного увеличения амплитуд колебаний или, по крайней мере, понизить резонансные эффекты. Это достигается соответствующим выбором динамической жесткости и частот (периодов) собственных колебаний сооружения.

Целью данного реферата является исследование традиционных принципам сейсмостойкого строительства, а также методам сейсмозащиты зданий и сооружений, получившим в настоящее время наибольшее распространение и перспективных с точки зрения применения в практике сейсмостойкого строительства.

### 1. Сейсмостойкое строительство, его основные задачи и принципы

#### 1.1 Понятие о сейсмостойком строительстве

проектирование здание экспериментальной сейсмостойкость

Сейсмостойкое строительство - это строительство, осуществляемое в районах, подверженных землетрясениям, с учётом воздействия на здания и сооружения сейсмических (инерционных) сил. Наряду с термином "С. с." получил распространение более точный термин "антисейсмическое строительство". Это раздел гражданского строительства, который специализируется в области поведения зданий и сооружений под сейсмическим воздействием в виде сотрясений

земной поверхности, потери грунтом своей несущей способности, волн цунами. Сейсмостойкое строительство может рассматривать любой строительный объект как фортификационное сооружение, но предназначенное для обороны от специфического противника -- землетрясения. В обоих случаях основной принцип проектирования общий: замедлить или ослабить возможную атаку.

Главные задачи сейсмостойкого строительства:

- Понимать, что происходит при взаимодействии строительных объектов с трясущимся основанием.
- Предвидеть последствия возможных толчков.
- Проектировать, возводить и поддерживать в надлежащем состоянии сейсмические объекты

Сейсмически прочное сооружение не обязательно должно быть громоздким и дорогим как, например, Пирамида Кукулькана в городе майя Чичен-Ица. В настоящее время наиболее эффективным и экономически целесообразным инструментом в сейсмостойком строительстве является вибрационный контроль сейсмической нагрузки и, в частности, сейсмическая изоляция, позволяющая возводить сравнительно легкие и недорогие постройки.

## 1.2 Основные принципы проектирования сейсмостойких зданий

Новые конструктивные схемы зданий и сооружений в начале процесса проектирования подлежат обязательной экспертной проработке специалистами научно-исследовательских и проектных организаций, специализирующихся в области сейсмостойкого строительства.

При проектировании сейсмостойких зданий и сооружений и при усилении зданий существующей застройки следует:

- принимать объемно-планировочные и конструктивные решения, обеспечивающие, как правило, симметричность и регулярность распределения в плане и по высоте здания масс, жесткостей и нагрузок на перекрытия;
- применять материалы, конструкции и конструктивные схемы, обеспечивающие наименьшие значения сейсмических нагрузок (легкие материалы, сейсмоизоляцию, другие системы динамического регулирования сейсмической нагрузки);
- создавать возможность развития в определенных элементах конструкций допустимых неупругих деформаций;
- выполнять расчеты металлических конструкций зданий и сооружений с учетом нелинейного деформирования конструкций;
- предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие устойчивость и геометрическую неизменяемость конструкций при развитии в элементах и соединениях между ними неупругих деформаций, а также исключаящие возможность хрупкого их разрушения;
- располагать тяжелое оборудование на минимально возможном уровне по высоте здания.

При использовании сейсмоизоляции и других систем динамического регулирования сейсмических нагрузок выбор той или иной системы, а также расчет и

конструирование должны производиться с участием специализированных проектных и научных организаций. С целью получения достоверной информации о работе конструкций при землетрясениях и колебаниях прилегающих к зданиям грунтов в проектах характерных основных типов зданий массовой застройки, зданий с принципиально новыми конструктивными решениями, а также особо ответственных сооружений следует предусматривать размещение станций инженерно-сейсмометрической службы (ИСС). Обязательная установка станций ИСС должна предусматриваться на объектах высотой более 70 м и ответственных зданиях и сооружениях, а также на объектах экспериментального строительства. Расходы на приобретение сейсмометрической аппаратуры, а также на выполнение проектных и строительно-монтажных работ по ее установке должны предусматриваться в сметах на строительство объектов, а эксплуатационные затраты - в бюджетах местных органов самоуправления сейсмоопасных районов. Общие нормы проектирования различных типов сооружений и их частей в районах с повышенной сейсмической активностью:

1. Высота дошкольных детских учреждений не должна превышать двух этажей, школьных учреждений и больниц - трех этажей.
2. Хирургические и реанимационные отделения в больницах следует размещать на нижних двух этажах.
3. В зданиях с несущими стенами, кроме наружных продольных стен, должно быть не менее одной внутренней продольной стены.
4. Здания должны иметь правильную форму в плане. Смежные участки здания выше или ниже планировочной отметки не должны иметь перепады более 5 м.
6. Перекрытия в зданиях следует располагать на одном уровне. Здания следует разделять антисейсмическими швами на отсеки, если:
  - их объемно-планировочные и конструктивные решения не соответствуют требованиям п.3.1 [1];
  - отдельные объемы зданий в пределах общего плана, не являясь ядрами жесткости, имеют резко отличные (более 30 %) жесткости или массы.
7. Антисейсмические швы должны разделять здание по всей высоте. Антисейсмические швы следует выполнять путем возведения парных стен или рам, либо рамы и стены. Конструкция примыкания секций в зоне антисейсмических швов не должна препятствовать их взаимным горизонтальным перемещениям при землетрясениях.
8. Лестничные клетки следует предусматривать закрытыми с естественным освещением, как правило, через окна в наружных стенах. Расположение и количество лестничных клеток следует принимать в соответствии с нормативными документами по противопожарным нормам [17] проектирования зданий, но не менее одной между антисейсмическими швами в зданиях высотой более трех этажей. Устройство основных лестничных клеток в виде конструкций, не связанных с конструкциями здания или сооружения, не допускается.
9. Лестничные клетки и лифтовые шахты каркасных зданий с заполнением, не участвующим в работе, следует устраивать в виде ядер жесткости, воспринимающих

сейсмическую нагрузку, или в виде встроенных конструкций с поэтажной разрезкой, не влияющих на жесткость каркаса, а для зданий высотой до 5 этажей при расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов их допускается устраивать в пределах плана здания в виде конструкций, отделенных от каркаса здания. Лестницы следует выполнять, как правило, из крупных сборных элементов, соединяемых между собой с помощью сварки, либо из монолитного железобетона. Допускается применение металлических или железобетонных косоуров с наборными ступенями при условии соединения с помощью сварки или на болтах косоуров с площадками и ступеней с косоурами.

10. Междуэтажные лестничные площадки следует заделывать в стены. В каменных зданиях площадки должны заделываться на глубину не менее 250 мм. Устройство консольных ступеней, заделанных в каменную кладку, не допускается.

11. В городах и поселках городского типа строительство домов со стенами из сырцового кирпича, самана и грунтоблоков запрещается. В сельских населенных пунктах на площадках сейсмичностью до 8 баллов допускается строительство одноэтажных зданий из этих материалов при условии усиления стен деревянным антисептированным каркасом с диагональными связями.

12. Жесткость стен каркасных деревянных домов должна обеспечиваться раскосами или панелями из конструктивной фанеры. Брусчатые и бревенчатые стены следует собирать на нагелях и болтах.

2. Особенности проектирования отдельных конструктивных частей здания при строительстве

## 2.1 Основания и фундаменты

проектирование здание экспериментальной сейсмостойкостью

Перед строительством здания или сооружения снижение интенсивности сейсмических воздействий может быть достигнуто повышением сейсмостойкости оснований. Необходимо строить на грунтах I и II категории согласно классификации СНиПа II-7-81\*[1], т.к. чем грунт прочнее, плотнее, мало насыщен водой, тем быстрее скорость прохождения через него сейсмической волны (см. данные табл. 1.1).

Таблица 1.1 Скорости распространения поперечных волн (волн сдвига) в грунте 1.

Грунты

Скорость волн  $v_s$ ,

Преобладающий

км/с

период T0, с

Скальные

Граниты

3,4

Известняки, сланцы, гeyсы(плотные)

2,0-266

0,1-0,15

Песчаники плотные

1,2-1,7

Известняки, сланцы,

0,9-1,4

Песчаники нарушенные

Полускальные

Гипсы

1,4-1,7

Мергели

1,1-1,5

0,15-0,2

Цементированные пески

0,8-1,1

Крупнообломочные

Щебёночные и галечниковые

0,8-1,2

0,2-0,25

Гравийные из кристаллических пород

0,7-1,1

Песчаные

Пески гравелистые и крупные

0,5-0,9

Пески средней крупности

0,5-0,8

0,25-0,3

Пески мелкие и пылеватые



0,4-0,7

Глинистые

Глины

0,5-0,9

Суглинки

0,5-0,8

Супеси

0,4-0,7

0,3-0,4

Суглинки при  $e=1$  і супеси при  $e=0.7$

0,3-0,5

Насыпные

Насыпные

0,1-0,3

Обводненные

Гравийно-галечниковые

0,6-1,2

Глинистые (супеси, суглинки)

0,4-0,9

Насыпные

0,1-0,3

0,5-0,8

Проектирование фундаментов зданий следует выполнять в соответствии с требованиями нормативных документов по основаниям зданий и сооружений и свайным фундаментам:

- Глубину заложения фундаментов рекомендуется увеличивать путем устройства подвальных этажей.
- Фундаменты зданий высотой более 16 этажей на нескальных грунтах следует, как правило, принимать свайными или в виде сплошной фундаментной плиты с заглублением подошвы относительно отметки отмостки не менее чем на 3,0 м.
- Фундаменты зданий, возводимых на нескальных грунтах, должны, как правило, устраиваться на одном уровне. Подвальные этажи следует предусматривать под всем зданием. При расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов допускается устройство подвала под частью здания. При этом следует располагать его симметрично относительно

главных осей здания.

- Для зданий выше 12 этажей устройство подвала под всем зданием обязательно.
- При строительстве на не скальных грунтах по верху сборных ленточных фундаментов следует укладывать слой раствора марки 100 толщиной не менее 40 мм и продольную арматуру диаметром 10 мм в количестве три и четыре стержня при сейсмичности 7 и 8 баллов соответственно. Продольные стержни должны быть соединены поперечными с шагом 300-400мм. В случае выполнения стен подвала из сборных панелей или монолитными, конструктивно связанными с ленточными фундаментами, укладка армированного слоя раствора не требуется.
- В районах сейсмичностью 9 баллов ленточные фундаменты должны выполняться, как правило, монолитными.
- В фундаментах и стенах подвала из крупных блоков должна быть обеспечена перевязка кладки в каждом ряду, а также во всех углах и пересечениях на глубину не менее 1/3 высоты блока; фундаментные блоки следует укладывать в виде непрерывной ленты. Для заполнения швов между блоками следует применять раствор марки не ниже 50.
- В зданиях при расчетной сейсмичности 9 баллов стены подвалов должны предусматриваться, как правило, монолитными или сборно-монолитными.
- В каждом ряду блоков в местах углов, примыканий и пересечений необходимо устанавливать арматурные сетки с заведением их на 70 см от мест пересечения стен.
- Горизонтальные гидроизоляционные слои в стенах зданий следует выполнять из цементного раствора.
- Фундаменты и стены подвалов из бутобетона допускаются в зданиях до пяти этажей при расчетной сейсмичности 7-8баллов. Количество бутового камня марки не ниже 200 не должно превышать 25 % общего объема фундаментов и стен, класс бетона - по расчету, но не ниже В7,5.

## 2.2 Перекрытия и покрытия

Перекрытия и покрытия следует выполнять в виде жестких горизонтальных дисков, надежно соединенных с вертикальными конструкциями здания и обеспечивающих их совместную работу при сейсмических воздействиях.

Жесткость сборных железобетонных перекрытий и покрытий следует обеспечивать с помощью следующих конструктивных решений:

- устройством сварных соединений плит между собой, элементами каркаса или стенами;
- устройством монолитных железобетонных обвязок (антисейсмических поясов) с анкерровкой в них выпусков арматуры из плит;
- замоноличиванием швов между элементами перекрытий.

Боковые грани панелей (плит) перекрытий и покрытий должны иметь шпоночную или рифленую поверхность. Для связи с антисейсмическим поясом, каркасом или стенами в панелях (плитах) следует предусматривать арматурные выпуски или закладные детали.

При устройстве проемов в перекрытиях для лестничных клеток и лифтовых шахт их

рекомендуется располагать ближе к геометрическому центру. При этом проем не должен размыкать контур перекрытия. При ослаблении диска перекрытия проемом с размерами более 50 % ширины здания необходимо предусматривать дополнительное усиление перекрытия в смежных пролетах.

Опираемые деревянные, металлические и железобетонные балки на каменные и бетонные стены должно быть не менее 200 мм. Опорные части балок должны быть надежно закреплены к несущим конструкциям зданий.

Перекрытия в виде прогонов (балок) с вкладышами между ними должны быть усилены с помощью слоя монолитного армированного бетона класса не ниже В15 толщиной не менее 40 мм.

В двухэтажных зданиях в районах сейсмичностью 7 баллов и в одноэтажных зданиях в районах сейсмичностью 8 баллов при расстояниях между стенами не более 6 м в обоих направлениях допускается устройство деревянных перекрытий (покрытий). Балки перекрытий (покрытий) следует анкерить в антисейсмическом поясе и устраивать по ним диагональный настил.

Покрытия зданий следует проектировать из конструкций, которые максимально снижают их вес, используя, например, в металлических каркасах профилированный настил и эффективные утеплители.

Междуэтажные перекрытия в зданиях с металлическими каркасами рекомендуется выполнять преимущественно монолитными железобетонными. В случаях применения сборных железобетонных перекрытий следует предусматривать конструктивные противосдвиговые мероприятия (монолитные обвязочные пояса, шпоночные стыки между панелями и др.), аналогичные тем, что рекомендуются для сейсмостойких зданий с железобетонными каркасами.

Покрытия и перекрытия зданий, объединяющие отдельные элементы конструкций в пространственный каркас, должны создавать жесткий в своей плоскости диск. Для увеличения жесткости этого диска в покрытиях с использованием стального профилированного настила необходимо предусматривать систему связей в плоскости верхних поясов ферм, в которой роль распорок могут выполнять прогоны. Жесткость покрытий, выполняемых из стального профилированного настила, следует обеспечивать за счет крепления листов профилированного настила в каждой волне к прогонам или к верхним поясам стропильных конструкций. Между собой листы профилированного настила следует скреплять заклепками, шаг которых не должен превышать 250 мм.

### 2.3 Перегородки, балконы, эркеры, архитектурные элементы здания

Перегородки следует выполнять легкими, как правило, крупнопанельной или каркасной конструкций. Перегородки из мелкогабаритных изделий (кирпича, камней из природных и искусственных материалов, гипсовых плит и т.п.) могут применяться при сейсмичности 7 и 8 баллов в зданиях до девяти этажей, а при сейсмичности 9 баллов -- в зданиях до пяти этажей.

Перегородки должны быть прикреплены к вертикальным конструкциям зданий, а при длине более 3 м - и к перекрытиям. Конструкция крепления перегородок к

несущим элементам здания должна исключать возможность передачи на них горизонтальных нагрузок, действующих в их плоскости, обеспечивая при этом их устойчивость из плоскости.

Для обеспечения независимого деформирования перегородок следует предусматривать антисейсмические швы вдоль вертикальных торцевых и верхних горизонтальных граней перегородок и несущих конструкций здания. Ширина швов принимается по максимальной величине перекоса этажей здания при действии расчетных нагрузок, но не менее 20 мм. Швы заполняются упругим эластичным материалом. Допускается выполнять перегородки подвесными с ограничителями из их плоскости. Прочность перегородок и их креплений из плоскости должна быть подтверждена расчетом на действие местных сейсмических нагрузок. Нормальное сцепление кладки перегородок из мелкоформатных изделий должно быть не менее  $R_{nt} \geq 60 \text{ кПа} (0,6 \text{ кг/см}^2)$ .

Перегородки из кирпича и камня следует армировать на всю длину не реже чем через 70 см по высоте, а перегородки из гипсовых плит не реже чем через два ряда арматурными стержнями общим сечением в шве не менее  $0,2 \text{ см}^2$ . Перегородки, прочность которых не соответствует результатам расчета на нагрузки из плоскости, а также при величине нормального сцепления в кладке менее  $60 \text{ кПа} (0,6 \text{ кг/см}^2)$ , следует усиливать армированием в наружных слоях штукатурки и введением дополнительных вертикальных и горизонтальных элементов усиления, соединенных с несущими конструкциями здания.

Вынос балконов в зданиях с кирпичными и каменными стенами не должен превышать  $1,5 \text{ м}$ .

В районах сейсмичностью до 8 баллов включительно допускается устройство эркеров с усилением образованных в стенах проемов железобетонными рамами и с установкой металлических связей стен эркеров с основными стенами.

Между стенами шахты лифтов, не являющимися ядрами жесткости, и несущими конструкциями зданий должны предусматриваться деформационные швы шириной не менее удвоенного горизонтального перемещения здания и не менее 80 мм.

Не рекомендуются в жилых зданиях фасады с применением тяжелых декоративных элементов, скульптурных украшений, карнизов и парапетов. В случае необходимости их устройства они должны быть закреплены со зданием на основе отдельного расчета.

### 3. Методы усиления зданий и сооружений и способы их сейсмозащиты

#### 3.1 Классификация методов антисейсмического усиления

проектирование здания экспериментальной сейсмостойкостью

Решение задач обеспечения целостности конструкции, или минимизации повреждений на основе конструктивных решений и специфических свойств зданий, является насущно необходимым в условиях регионов активных сейсмических проявлений. В современных конструктивных решениях нельзя повысить сейсмостойкость, только повысив величины сечений, прочность, вес. Конструкция может быть более прочной, но не обязательно экономически эффективной, потому

что и вес, и инерционная сейсмическая нагрузка могут увеличиться еще больше. Требуются новые эффективные методы сейсмозащиты. Эти методы предусматривают изменение массы или жесткости, или демпфирования системы в зависимости от ее перемещений и скоростей. В настоящее время известно более 100 запатентованных конструкций сейсмозащиты.

Традиционные методы получили широкое распространение в различных странах, подверженных сейсмической опасности, и являются общепризнанными. Однако специальные методы сейсмозащиты во многих случаях позволяют снизить затраты на усиление и повысить надежность возводимых конструкций. В последние десятилетия в Японии, США, Новой Зеландии, странах СНГ предложены десятки различных технических решений специальной сейсмозащиты зданий и инженерных сооружений. Многие из этих предложений реализованы на практике. Общая классификация систем сейсмозащиты может быть представлена в виде схемы, представленной на рисунке. В соответствии со сложившейся терминологией в теории виброзащиты будем подразделять специальную сейсмозащиту на активную (имеющую дополнительный источник энергии) и пассивную.

В данный момент существуют предложения по активной сейсмозащите, включающей дополнительные источники энергии и элементы, регулирующие работу этих источников, однако ее реализация требует значительных затрат на устройство и эксплуатацию. Это исключает возможность широкого применения активной сейсмозащиты для строительных конструкций. Ниже рассматриваются специальные методы пассивной сейсмозащиты, не использующие дополнительных источников энергии. Эти методы подразделяются на сейсмогашение и сейсмоизоляция.

В системах сейсмогашения, включающих демпферы и динамические гасители, механическая энергия колеблющейся конструкции переходит в другие виды энергии, что приводит к демпфированию колебаний, или перераспределяется от защищаемой конструкции к гасителю.

В системах сейсмоизоляции обеспечивается снижение механической энергии, получаемой конструкцией от основания, путем отстройки частот колебаний сооружения от преобладающих частот воздействия. Различают адаптивные и стационарные системы сейсмоизоляции. В адаптивных системах динамические характеристики сооружения необратимо меняются в процессе землетрясения, «приспосабливаясь» к сейсмическому воздействию. В стационарных системах динамические характеристики сохраняются в процессе землетрясения. Наибольшее распространение среди систем стационарной сейсмоизоляции получили сейсмоизолирующие фундаменты (СФ), которые достаточно широко применяются в отечественной и зарубежной практике сейсмостойкого строительства. При проектировании зданий, оснащенных сейсмоизоляцией и демпферами, необходимо, помимо спектрального расчета, выполнять прямой динамический расчет с использованием инструментально зарегистрированных акселерограмм, что, в свою очередь, повышает требования к сейсмологическим прогнозам для площадки строительства.

Расчеты, выполненные Я.М. Айзенбергом, показали, что относительные горизонтальные сейсмические перемещения перекрытий в сейсмоизолированных зданиях существенно ниже, чем в неизолированных зданиях. Соответственно, повреждения при сильных землетрясениях в сейсмоизолированных зданиях значительно ниже, чем зданий неизолированных. Существенно ниже экономические потери. Применение сейсмических демпферов усиливает положительные эффекты. Таким образом, применение сейсмоизоляции и сейсмозащиты при правильном проектировании может значительно повысить такие характеристики как:

- надежность зданий;
- сохранность и надежность оборудования;
- экономические показатели зданий;
- отсутствие необходимости восстановительных работ после сильных землетрясений;
- комфорт для жителей.

### 3.2 Традиционные сейсмозащитные мероприятия

Обычные мероприятия по сейсмозащите зданий и сооружений сводятся в основном к повышению несущей способности элементов и конструкций. Такая сейсмозащита осуществляется в соответствии со строительными нормами «Строительство в сейсмических районах». При этом выполняемые мероприятия не снижают сейсмических нагрузок на здания и сооружения, а только их учитывают.

Мероприятия традиционной сейсмозащиты заключаются в использовании строительных материалов высокого качества, тщательности выполнения конструкций, правильном выборе строительной площадки, в расположении и взаимосвязи несущих элементов зданий. Среди таких конструкций первое место по значению занимает фундамент. Существуют такие варианты сейсмического усиления фундамента, как уширение фундамента к подошве, усиление основания при помощи свай. Также очень важно качество элементарных строительных материалов: кирпича, каменных блоков и раствора.

#### 1. Выбор площадки строительства

Расчётная сейсмичность района строительства уточняется по данным детального сейсмического районирования и сейсмического микрорайонирования в зависимости от местных геологических и инженерно-геологических условий и наличия локальных очагов землетрясений. Наибольшее влияние на степень воздействия землетрясений на сооружения оказывают грунтовые условия. Более благоприятны для строительства в сейсмических районах скальные грунты. Интенсивность сейсмического воздействия увеличивается на участках с песчанистыми, глинистыми, насыпными грунтами, а также при высоком уровне грунтовых вод. Участки с крутизной склона свыше 15°, сильной разрушенностью пород, просадочными грунтами, а также районы, где наблюдаются осыпи, оползни, обвалы, пльвуны и сели, неблагоприятны, а иногда и непригодны для сейсмостойкого строительства. При необходимости строительства сооружений на таких площадках предпринимают дополнительные меры по укреплению оснований и конструкций сооружений.

#### 2. Конструктивные меры защиты зданий от сейсмических нагрузок



Рекомендуется при проектировании принимать, как правило, симметричные конструктивные схемы и добиваться равномерного распределения жесткостей конструкций и масс. Следует соблюдать требование равнопрочности элементов несущих конструкций, не должны допускаться слабые узлы и элементы, преждевременный выход которых может привести к разрушению сооружения, до истощения несущей его способности. В зданиях и сооружениях из сборных элементов рекомендуется располагать стыки вне зоны максимальных усилий, необходимо обеспечивать однородность и монолитность конструкций за счет применения укрепленных сборных элементов. В конструкциях и их соединениях следует предусматривать условия, облегчающие развитие пластических деформаций, обеспечивающие при этом общую устойчивость сооружения. В многоэтажных зданиях большую роль на их сейсмостойкость оказывают конструкции междуэтажных перекрытий и покрытий, работающих как диафрагмы жесткости, обеспечивающие распределение сейсмической нагрузки между вертикальными несущими элементами. Сборные железобетонные перекрытия и покрытия зданий должны быть замоноличенными, жесткими в горизонтальной плоскости и соединенными с вертикальными несущими конструкциями.

### 3. Объемно-планировочные решения сейсмостойких зданий

Существенное влияние на сейсмостойкость зданий оказывает выбор объемно-планировочных схем, их формы и габаритов. Анализ последствий сильных землетрясений показывает, что наиболее предпочтительными формами сооружений в плане являются круг, многоугольник, квадрат и близкие им по формам очертания. Такие здания находятся в лучших условиях, с точки зрения возникновения в них крутильных колебаний. Однако такие формы не всегда соответствуют требованиям планировки, поэтому чаще всего применяется прямоугольная форма с параллельно расположенными пролетами, без перепада высот смежных пролетов и без входящих углов. В случае, если возникает необходимость создания сложных форм в плане здания, то его следует разрезать по всей высоте на отдельные замкнутые отсеки простой формы.

Конструктивные решения отсеков во время землетрясения должны обеспечивать независимую работу каждого из них. Достигается это устройством антисейсмических швов, которые могут быть совмещены с температурными или осадочными. Кроме этого, здания разделяются антисейсмическими швами также в том случае если его смежные участки имеют перепады высот 5 м и более (при расчетной сейсмичности 7 баллов) допускается в одноэтажных зданиях высотой до 10 м антисейсмические швы не устраивать).

Лестничные клетки в зданиях предусматривают закрытыми с оконными проемами в наружных стенах. Расположение и количество определяются расчетом в соответствии с нормативными документами по противопожарному проектированию; рекомендуется принимать не менее одной лестничной клетки между антисейсмическими швами.

### Заключение

проектирование здание экспериментальной сейсмостойкость

Землетрясения представляют собой сильные колебания грунта, происходящие из-за высвобождения большого количества энергии в течение короткого промежутка времени при дислокациях внутри земной коры или в верхних слоях мантии. Такова точка зрения сейсмологии. Для народного хозяйства землетрясение - это стихийное бедствие, причиняющее значительный материальный ущерб и вызывающее человеческие жертвы. Территории, подверженные сейсмоопасности интенсивностью 7-9 баллов, составляют около 15-20% от общей площади СНГ и располагаются в основном в южных и восточных районах, где осуществляется интенсивное народнохозяйственное строительство. Снижение материальных затрат на восстановление зданий после предполагаемого землетрясения - актуальная задача. Ее решение может осуществляться по двум направлениям: обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений на стадии проектирования и выполнение ряда указаний и конструктивных требований при ведении строительных работ, следуя указаниям с должным качеством.

Однако, как мы в этом убедились, возможен другой путь, заключающийся в использовании сейсмоизоляции и других систем динамического регулирования сейсмических нагрузок. Выбор той или иной системы, а также расчет и конструирование должны производиться с участием специализированных проектных и научных организаций.

На стадии проектирования необходимо выполнять пространственный расчет зданий (рядовых высотой свыше двух этажей, ответственных и уникальных) минимум по двум вычислительным комплексам с применением вариации расчетных моделей, для исключения возможности ошибок из-за накопления математических погрешностей во время расчета.

Список использованной литературы

1. Уздин А.М. и др. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб, 2014. 176 с.
2. Айзенберг Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. М.: Стройиздат, 2016. 232 с.
3. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция высоких зданий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №4, 2017. С. 41-43.
4. СНиП II -7-81. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстрой России, 2015. 318 с.
5. А.М. Курзанова и Ю.Д. Черепинского // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №1, 2018. С. 42-44.
6. ОДМ 218.2.002-2008 «Рекомендации по проектированию и установке полимерных опорных частей мостов».