

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ СНГ

Проект

СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Основные положения
(Первая редакция)

МНТКС

2003 г.

МСН «Строительство в сейсмических районах» (проект)

Проект МСН подготовлен Рабочей Группой МНТКС в составе:

Я.М.Айзенберг, д.т.н., проф., засл. деят. науки РФ – председатель РГ
(Россия)

Э.Е.Хачиян, д.т.н., проф., академик НАН РА – зам.председателя РГ
(Армения)

В.И.Бронштейн, д.т.н., проф. – член РГ
(Россия)

Г.К.Габричидзе, д.т.н., проф. – член РГ
(Грузия)

Б.П.Гудков, к.т.н. член РГ
(Украина)

А.С.Золотков, д.т.н., эксперт
(Молдова)

Ю.В.Измайлов, д.т.н., проф. член РГ
(Молдова)

И.Э.Ицков, к.т.н. член РГ
(Казахстан)

Ю.П.Назаров, д.т.н., проф. член РГ
(Россия)

Ю.И.Немчинов, д.т.н., проф. член РГ
(Украина)

М.Ф.Оруджев, к.т.н. член РГ
(Азербайджан)

В.И.Уломов, д.ф-м. наук, проф. член РГ
(Россия)

Ш.А.Хакимов, к.т.н. член РГ
(Узбекистан)

Г.С.Шестоперов, д.т.н., проф. член РГ
(Россия)

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Список исполнителей.....	2
Раздел 1. Основные положения.....	5
Область применения.....	5
Сейсмическая опасность. Учет влияния грунтовых условий.....	5
Общие принципы проектирования сейсмостойких сооружений.....	8
Инженерно-сейсмометрические наблюдения и паспортизация объектов строительства.....	9
Раздел 2. Расчеты на сейсмические воздействия.....	11
Сочетания нагрузок.....	11
Методы расчетов и области их применения.....	11
Спектральный метод расчета.....	13
Прямой динамический расчет с применением расчетных сейсмических воздействий как функций времени.....	20
Расчеты элементов конструкций.....	21
Раздел 3. Жилые, общественные, производственные здания и сооружения.....	23
Общие положения.....	23
Основания и фундаменты.....	26
Перекрытия и покрытия.....	28
Перегородки, балконы эркеры, архитектурные элементы здания.....	29
Особенности проектирования железобетонных конструкций.....	30
Каркасные здания.....	31
Здания с несущими стенами из монолитного железобетона.....	34
Здания со стенами из крупных блоков.....	35
Здания со стенами из кирпича или каменной кладки.....	38
Конструктивные требования к зданиям, строящимся в районах сейсмичностью 6 баллов....	42
Раздел 4. Транспортные сооружения.....	44
Общие положения.....	44
Раздел 5. Гидротехнические сооружения.....	49
Учет сейсмических воздействий и определение их характеристик.....	51
Расчет сооружений на сейсмические воздействия.....	53
Прямой динамический метод.....	57
Линейно-спектральный метод.....	59

Мероприятия по повышению сейсмостойкости гидротехнических сооружений.....	63
Геодинамический мониторинг гидротехнических сооружений.....	67
Раздел 6. Восстановление, усиление и реконструкция зданий.....	69
Приложения.....	71

Обязательные

№1 Списки населенных пунктов, расположенных в сейсмически опасных районах страны..

№2 Карты общего сейсмического районирования или карты сейсмического зонирования страны.....

Рекомендуемые

№3 Средние значения скоростей распространения поперечных волн V_s^p и преобладающих периодов T_0 по основному тону колебаний грунтов для различных категорий грунта.....

№4 Значения преобладающего периода T_0 колебаний неоднородных грунтовых оснований, если характеристики различных слоев мало отличаются друг от друга.....

№5 Особенности формирования моделей сооружений и сейсмического воздействия.....

№6 Стандартный набор синтезированных расчетных акселерограмм, синтезированных путем компьютерного моделирования для грунтов I, II и III категории, отвечающих графикам β (раздел 2).....

№7 Критерии регулярности сооружений.....

№8 Приближенные значения периодов T_1 первой формы колебаний жилых и общественных зданий с регулярным расположением масс и жесткостей при числе этажей n

№9 Приближенные оценки сейсмических разрушений и рекомендуемые мероприятия по восстановлению и усилению зданий и сооружений.....

№10 Минимально допустимый уровень восстановления несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений в зависимости от их функционального назначения.....

№11 Особенности производства и контроль качества строительных работ.....

№12 Расчет комплексных конструкций (каменные конструкции, усиленные бетонными и железобетонными включениями).....

№13 Термины и определения.....

№14 Примечания к приложениям.....

Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Область применения

1.1. Настоящие нормы следует соблюдать при разработке проектной документации на строительство, реконструкцию, усиление и восстановление зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения, возводимых или расположенных на площадках с сейсмичностью 7 баллов и выше, или на площадках, расчетное ускорение для которых равно 100 см/с^2 и выше, с вероятностью превышения не менее 10% за 50 лет.

1.2. Требования настоящих норм не распространяются на проектирование атомных станций, а также других объектов, повреждения которых при землетрясениях могут вызвать опасные экологические и социальные последствия.

1.3. Здания и сооружения и отдельные их элементы должны также удовлетворять требованиям, содержащимся в других нормативных документах по строительству (если иное не оговорено в настоящих нормах).

1.4. В зданиях и сооружениях, проекты которых разработаны по настоящим нормам, при землетрясениях расчетной интенсивности допускаются более или менее значительные локальные повреждения элементов конструкций, не приводящие к обрушению сооружений.

1.5. Требования настоящих норм являются минимальными. По требованию заказчика уровень расчетных нагрузок и конструктивных мероприятий может быть повышен по сравнению с требованиями настоящих норм.

Сейсмическая опасность

Учет влияния грунтовых условий

1.6. Расчетная интенсивность сейсмических воздействий для района строительства принимается по утвержденным директивными органами страны картам общего сейсмического районирования (в баллах) или по картам сейсмического зонирования страны (в характеристиках расчетных ускорений сейсмических колебаний грунта), а также по соответствующим спискам населенных пунктов (Приложения № 1, 2).

В случае, когда в национальных нормах используются три карты "А", "В" и "С" из комплекта карт ОСР-97, интенсивность (балльность) сейсмических воздействий принимается при проектировании жилых общественных, производственных зданий и сооружений – по

карте ОСР-97 "А" (вероятность превышения расчетной интенсивности 10% в течение 50 лет, или средний период повторения землетрясений расчетной интенсивности – 1 раз в 500 лет).

При этом расчетная величина сейсмических ускорений принимается в соответствии с указаниями раздела 2, с учетом сейсмической опасности, в зависимости от сочетания расчетной интенсивности на картах А, В, С для данного населенного пункта.

При проектировании транспортных и гидротехнических сооружений и сооружений другого назначения комплект карт ОСР-97 используется в соответствии с указаниями соответствующих норм или разделов норм.

1.7. Показатели сейсмической опасности района строительства, указанные на картах общего сейсмического районирования или сейсмического зонирования, относятся к участкам со средними грунтовыми условиями (II категория, согласно табл.1.1.).

1.8. Сейсмичность площадки строительства следует определять на основании сейсмического микрорайонирования (СМР), выполняемого для районов с сейсмичностью 6 и более баллов в соответствии с составом работ, указанным в СНиП по инженерным изысканиям для строительства.

Наряду с другими факторами, влияющими на сейсмичность площадки, необходимо учитывать рельеф местности, близость зон тектонических разломов, нарушенность пород физико-геологическими процессами, мощность покровных отложений.

1.9. При отсутствии карт сейсмического микрорайонирования допускается упрощенное определение сейсмичности площадки строительства по материалам инженерно-геологических изысканий, согласно табл. 1.1.

Корректировка сейсмичности площадки строительства, указанной на карте СМР, по материалам общих инженерно-геологических изысканий с применением табл. 1.1. не допускается.

Влияние типа фундамента (в том числе, свайного), его конструктивных особенностей и глубины заложения на сейсмичность площадки, указанной на карте СМР, или уточненной с использованием табл.1, не учитывается.

1.10. При строительстве на просадочных грунтах II типа необходимо, обеспечивать устранение их просадочных свойств в основаниях, а при расчете конструкций на сейсмические воздействия, при необходимости, следует учитывать дополнительные усилия, возникающие в здании от просадки грунтов в процессе эксплуатации.

Таблица 1.1

Категория грунта по сейсмичес- ким свойствам	Грунты	Сейсмичность площадки строительства при сейс- мичности района, баллы				
		6	7	8	9	10
I	Скальные грунты всех видов (в том числе вечномерзлые и вечномерзлые оттаявшие) неветрелые и слабоветрелые; крупнообломочные грунты плотные маловлажные из магматических пород, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнителя; ветрелые и сильноветрелые скальные 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	9
II	Скальные грунты ветрелые и сильноветрелые, в том числе вечномерзлые, кроме отнесенных к I категории; крупнообломочные грунты, за исключением отнесенных к I категории; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ – для глин и суглинков, и $e < 0,7$ – для супесей; вечномерзлые нескальные грунты пластично-мерзлые или сыпуче-мерзлые, а также твердо-мерзлые при температуре выше минус 2 °С при строительстве и эксплуатации по принципу I	6	7	8	9	10
III	Пески рыхлые независимо от степени влажности и крупности; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности влажные и водонасыщенные; пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,5$; пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e \geq 0,9$ – для глин и суглинков и $e \geq 0,7$ – для супесей; вечномерзлые и нескальные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (при допущении оттаивания грунтов основания)	7	8	9	10	10
IV	Пески рыхлые водонасыщенные, склонные к разжижению; насыпные и почвенные грунты; псыуны, биогенные грунты и илы.	По результатам специальных исследований				

Примечания:

1. В случае неоднородного состава грунты площадки строительства относятся к более неблагоприятной категории грунта по сейсмическим свойствам, если в пределах 10-ти метрового слоя грунта, считая от планировочной отметки в случае выемки и черной отметки - в случае насыпи, суммарная мощность слоев, относящаяся к этой категории, превышает 5 м.

2. При прогнозировании подъема уровня грунтовых вод и (или) обводнения грунтов в процессе эксплуатации сооружения категории грунта следует определять в зависимости от свойств грунта (степени влажности, показателя текучести) в замоченном состоянии (за исключением локального аварийного замачивания, влияние которого при уточнении сейсмичности площадки не учитывается).

3. Пылевато-глинистые грунты (в т.ч. просадочные) при коэффициенте пористости $e \geq 0,9$ - для глин и суглинков и $e \geq 0,7$ - для супесей могут быть отнесены к II категории по сейсмическим свойствам, если нормативное значение их модуля деформации $E \geq 15$ МПа, а при эксплуатации сооружений будут обеспечены условия неподтопления грунтов оснований.

4. При строительстве на вечномерзлых нескальных грунтах по принципу II, если зона оттаивания распространяется до подстилающего талого грунта, грунты основания следует рассматривать как не вечномерзлые (по фактическому состоянию после оттаивания).

5. При отсутствии данных о консистенции или влажности глинистые и песчаные грунты при положении уровня грунтовых вод относятся к III категории.

1.12. На площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов, строительство в каждом конкретном случае может быть допущено по специальным техническим условиям или нормативным документам, согласованным с директивными органами страны, при обязательном научно-техническом сопровождении научно-исследовательской организацией, определяемой этими органами.

1.13. Не следует, как правило, размещать сооружения на участках, неблагоприятных в сейсмическом отношении, к которым относятся следующие площадки строительства:

- расположенные в зонах возможного проявления тектонических разломов на поверхности;
- с осыпями, обвалами, оползнями, карстом, горными выработками;
- с крутизной склонов более 15°;
- расположенные в зонах возможного прохождения селевых потоков;
- расположенными на цунамиопасных участках;
- сложенные грунтами IV категории.

На площадках сейсмичностью более 9 баллов, с неблагоприятными грунтовыми условиями, на площадках сейсмичностью 10 баллов, а также на грунтах IV категории, как правило, не допускается многоэтажная жилая застройка, строительство промышленных предприятий и энергетических объектов, не связанных с обслуживанием населения, проживающего в данной местности, а также строительство объектов, в которых возможно большое скопление людей (школ, детских садов, больниц, торговых центров, театров, кинотеатров). На этих площадках следует, как правило, размещать общегородские зоны отдыха, зеленые массивы, складские помещения, автобазы, гаражи, ремонтные мастерские, временные сельскохозяйственные, производственные и другие одноэтажные помещения.

Общие принципы проектирования сейсмостойких сооружений

1.14. Разработку проектной документации следует выполнять, исходя из сейсмической опасности площадки строительства, результатов расчетов, выполненных в соответствии с разделом 2, с учетом общих принципов проектирования и конструктивных требований разделов 3 и 6.

1.15. При проектировании сейсмостойких зданий и сооружений и при усилении зданий существующей застройки надлежит:

- применять материалы, конструкции и конструктивные схемы, обеспечивающие наи-

меньшие значения сейсмических нагрузок (легкие материалы, сейсмоизоляция, другие системы динамического регулирования сейсмической нагрузки);

- 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;
- конструировать стыковые соединения, опорные элементы и узлы таким образом, чтобы они обеспечивали надежную передачу усилий и совместную работу несущих конструкций во время землетрясения;
- создавать возможность развития в определенных элементах конструкций допустимых неупругих деформаций;
- предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие устойчивость и геометрическую неизменяемость конструкций при развитии в элементах и соединениях между ними неупругих деформаций, а также исключая возможность хрупкого их разрушения;
- обеспечивать монолитность и однородность основных несущих конструкций;
- располагать стыки элементов по возможности вне зоны максимальных усилий;
- применять материалы и конструкции, обладающие минимальным весом;
- располагать тяжелое оборудование на минимально возможном уровне по высоте здания.

1.16. Следует ограничивать расчетные величины статических нагрузок, отнесенных к несущей способности каменных и железобетонных конструкций несущих вертикальные нагрузки, согласно п.2.34.

1.17. При использовании сейсмоизоляции и других систем динамического регулирования сейсмических нагрузок, выбор той или иной системы, а также расчет и конструирование должны производиться с участием специализированной научной организации, определенной органом, утверждающим нормативные документы.

Инженерно-сейсмометрические наблюдения и паспортизация объектов строительства

1.18. С целью получения достоверной информации о работе конструкций при землетрясениях и колебаниях, прилегающих к зданиям грунтов в проектах характерных зданий массовой застройки, зданий с принципиально новыми конструктивными решениями, особо ответственных сооружений, следует предусматривать установку станций инженерно-

сейсмометрических наблюдений.

Проекты станций должны разрабатываться по специальным техническим условиям, согласованным с соответствующим директивным органом страны. Перечень объектов для обязательной установки станций ИСС определяется соответствующими ведомствами данной страны.

1.19. Расходы на приобретение сейсмометрической аппаратуры, а также на выполнение проектных и строительно-монтажных работ по ее установке, должны предусматриваться в сметах на строительство объектов.

Раздел 2. РАСЧЕТЫ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Сочетания нагрузок

2.1. При проектировании сооружений для строительства в сейсмически опасных районах, помимо расчетов на основное сочетание нагрузок, следует выполнять также расчеты на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий.

Основные и особые сочетания нагрузок принимаются согласно действующим СНиП "Нагрузки и воздействия".

В особое сочетание нагрузок следует включать:

- нормативные значения постоянно действующих нагрузок,
- нормативные значения временной длительной нагрузки с умножением их на коэффициент сочетаний, равный 0,95,
- сейсмические воздействия, определяемые в соответствии с указаниями настоящего раздела.

2.2. Горизонтальные нагрузки от масс на гибких подвесках, температурные климатические воздействия, ветровые нагрузки, динамические воздействия от оборудования и транспорта, тормозные и боковые усилия от движения кранов при этом не учитываются.

При определении расчетной вертикальной сейсмической нагрузки следует учитывать вес моста крана, вес тележки, а также вес груза, равного грузоподъемности крана, с коэффициентом 0,3.

Расчетную горизонтальную сейсмическую нагрузку от веса мостов и тележек кранов следует учитывать в направлении перпендикулярном оси подкрановых балок. Снижение крановых нагрузок, предусмотренное СНиП по нагрузкам и воздействиям, при этом не учитывается.

Возможность расположения двух кранов на однокрановом пути в смежных шагах колонн здания допускается не учитывать.

Методы расчетов и области их применения

2.3. Расчеты сооружений на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий следует выполнять с использованием:

- а) спектрального метода
- б) прямого динамического расчета с применением стандартного набора расчетных

моделей сейсмического движения основания в функции времени.

2.4. Области применения методов расчета на сейсмические воздействия представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Области применения методов расчета

№№	Метод расчета	Типы сооружений
1	<p>а) Спектральный метод с применением упрощенных расчетных моделей сооружений, с учетом поступательных колебаний, согласно п.п.2.7-2.20.</p> <p>б) Спектральный метод с учетом, помимо поступательных, крутильных сейсмических воздействий (сейсмического момента), согласно п.п.2.21-2.23</p>	<p>а) Здания и сооружения простой геометрической формы с симметричным и регулярным расположением масс и жесткостей, с наименьшим размером в плане не более 30м,</p> <p>б) Здания и сооружения, кроме указанных в п.1а настоящей таблицы.</p>
2.	Прямой динамический расчет, согласно пп.2.24-2.32	<p>- здания и сооружения с принципиально новыми конструктивными решениями, не прошедшие экспериментальной проверки</p> <p>- здания и сооружения, оснащенные системой сейсмоизоляции и другими системами регулирования сейсмической реакции</p> <p>- здания и сооружения высотой более 75 м.</p>

2.5. Для зданий и сооружений простой геометрической формы с симметричным и регулярным расположением масс и жесткостей (согласно п.1а табл. 2.1) расчетные сейсмические нагрузки следует принимать действующими горизонтально в направлении, как правило, продольной и поперечной оси плана здания или сооружения. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует принимать отдельно.

При расчете сооружений сложной геометрической формы следует учитывать наиболее опасные для данной конструкции или ее элементов направления действия сейсмических нагрузок.

2.6. Вертикальную составляющую сейсмического воздействия необходимо учитывать при расчете:

- горизонтальных и наклонных консольных конструкций,
- рам, арок, ферм и пространственных покрытий зданий и сооружений пролетом 24 и более метров;
- прочности несущих стен из каменной кладки,
- при расчете сооружений и фундаментов на устойчивость, опрокидывание

и скольжение.

- свайных конструкций с высоким ростверком;
- опорных элементов сейсмоизоляции.

Спектральный метод расчета

2.7. При определении расчетных значений горизонтальных сейсмических нагрузок для зданий и сооружений по п.2.5. расчетная схема (рис.2.1) принимается в виде невесомого упруго-деформируемого консольного стержня, жестко заделанного в основании, несущего сосредоточенные массы, расположенные на уровне перекрытий и совершающего колебательное движение по одной из главных осей симметрии.

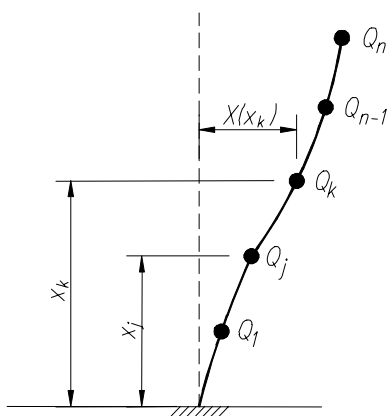


Рис.2.1

2.8. Расчетное значение горизонтальной сейсмической нагрузки S_{ik} , приложенной к точке k и соответствующее i -ой форме свободных колебаний здания или сооружения, следует определять по формуле:

$$S_{ki} = k_1 k_2 S_{0ki}, \quad (2.1)$$

где S_{0ki} – горизонтальная сейсмическая нагрузка по i -ой форме собственных колебаний сооружения, определяемая в предположении упругого деформирования конструкций по формуле:

$$S_{0ki} = Q_k \cdot A \cdot k_0 \cdot \beta_i \cdot \eta_{ki}, \quad (2.2)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий неупругие деформации и локальные повреждения элементов здания при расчетном сейсмическом воздействии, принимается по табл.2.2.

k_2 – коэффициент ответственности сооружений – принимается по табл.2.3.

k_0 – коэффициент, учитывающий нелинейное деформирование грунтов, принимается по табл.2.4.

Q_k – нагрузка, принятая сосредоточенной в точке k .

A – коэффициент сейсмичности, принимаемый согласно п.2.5.

β_i – спектральный коэффициент динамичности, соответствующий i -ой форме свободных колебаний здания или сооружения, принимается согласно п. 2.7.

η_{ik} – коэффициент, зависящий от формы свободных колебаний здания и сооружения, принимается, согласно п.2.11.

2.9. Коэффициент A принимается в зависимости от типа карт общего сейсмического районирования или карт сейсмического зонирования, используемых в национальных нормах страны.

2.9.1. При использовании в национальных нормах одной карты общего сейсмического районирования, с указанием расчетной сейсмической интенсивности в баллах шкалы сейсмической интенсивности, значения коэффициента A принимаются равными 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 при сейсмичности площадки 7, 8, 9 и 10 баллов, соответственно.

2.9.2. При использовании набора карт общего сейсмического районирования ОСР-97 значения коэффициента A принимаются согласно таблице 2.5., в зависимости от сочетаний расчетной сейсмической интенсивности для площадки (населенного пункта) на картах А, В и С.

2.9.3. При использовании в национальных нормах карт сейсмического зонирования значения коэффициента A принимаются согласно табл.2.6.

2.10. Значения спектрального коэффициента динамичности β_i , зависящие от категории грунта (табл.1.1) и от периода i -го тона собственных колебаний сооружения определяются по графикам (рис.2.2) или по таблице 2.7.

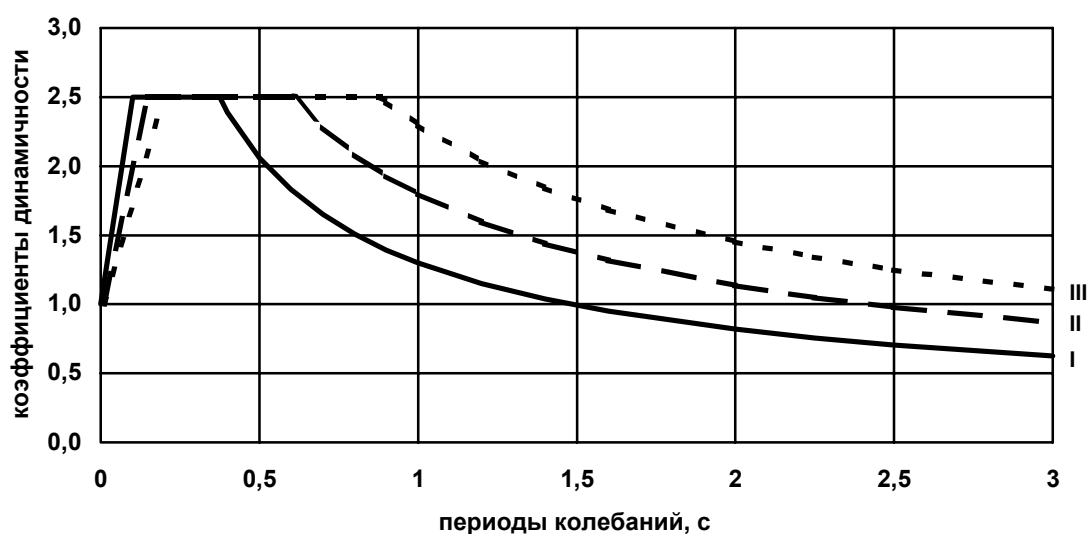


Рис. 2.2.

2.11. Значения коэффициента η_{ki} , зависящего от формы собственных колебаний сооружения и величин сосредоточенных нагрузок Q_k .

Значение коэффициента η_{ki} определяется по формуле:

$$\eta_{ki} = \frac{X_{ki} \sum_{j=1}^n Q_j X_{ji}}{\sum_{j=1}^n Q_j X_{ij}^2} \quad (2.3)$$

где X_{ki} – смещение (амплитуда) k -ой точки сооружения при его свободных колебаниях по i -ой форме; n - число сосредоточенных масс.

2.12. При расчете высоких сооружений небольших размеров в плане (башни, мачты, дымовые трубы, отдельно стоящие лифты и т.п.), зданий с несущими железобетонными рамами без заполнения и других сооружений с низким затуханием собственных колебаний, значения сейсмических нагрузок по формулам (2.1) и (2.2) следует увеличивать в 1,2 раза.

Таблица 2.2

Значения коэффициента k_1

№№	Конструктивные решения несущих элементов и систем	Значения k_1
1	Сооружения, в которых повреждения или неупругие деформации не допускаются	по соответствующим нормативным документам
2	Несущий стальной каркас	0,25
3	Железобетонный каркас	0,35
4	Крупнопанельные несущие стены и стены из монолитного железобетона	0,30
5	Несущие стены из каменной и кирпичной кладки	0,40
6	Несущие опоры зданий с системами сейсмоизоляции	0,60
7	Элементы зданий, рассчитываемые на "местные" сейсмические нагрузки (заполнение каркасов и перегородки в расчетах из плоскости, парапеты, козырьки)	0,5

Примечания:

1. При расчете вышележащих этажей зданий по п.6. значение k_1 принимается в соответствии с конструктивными решениями этих этажей.
2. В национальных нормах отдельных стран значения коэффициента k_1 могут незначительно отличаться от значений в табл.2.2 с учетом особенностей строительных материалов и конструкций.

Таблица 2.3.

Значения коэффициента ответственности k_2

№№	Характеристика сооружений	Значения k_2
1	Особо ответственные и уникальные сооружения	1,5
2	- Сооружения с одновременным пребыванием большого числа людей (крупные вокзалы, аэропорты, театры, концертные залы с числом мест более 1000 чел, крытые рынки и стадионы; - Здания и сооружения, эксплуатация которых необходима при землетрясении или при ликвидации его последствий (системы энерго-и водоснабжения, системы пожаротушения, телефонной и телеграфной связи, банков, государственных и местных административных органов и т.п.)	1,40
3	Здания больниц, школ, детских садов, высших учебных заведений	1,30
4	Жилые, общественные и производственные здания, не указанные в п.1-3	1
5	Здания и сооружения, разрушения которых не связано с гибелью людей, порчей ценного оборудования и не вызывает прекращения непрерывных технологических процессов или загрязнения окружающей среды	0-0,6 по согласованию с заказчиком

Примечание. Объекты по п.1. утверждаются директивными органами страны

Таблица 2.4

Значения коэффициента k_0 , учитывающего нелинейное деформирование грунта при интенсивных сейсмических колебаниях

Категория грунта	Расчетная интенсивность сейсмического воздействия на площадке, в баллы (числитель) или расчетные ускорения грунта в долях g (знаменатель)			
	$\frac{7}{0,1 - 0,15}$	$\frac{8}{0,2 - 0,3}$	$\frac{9}{0,4 - 0,5}$	$\frac{10}{0,8 - 1,0}$
I	1,0	1,2	1,4	1,6
II	1,0	1,0	1,0	1,0
III	1,0	0,8	0,7	0,6
IV	по данным специальных исследований			

Таблица 2.5

**Значения коэффициента сейсмичности A
для данной площадки (населенного пункта) в зависимости от сочетаний
расчетной сейсмической интенсивности на картах А, В и С (комплекта ОСР-97)**

№№ сочетаний	Интенсивность (в баллах MSK) на картах			Расчетные значения A
	А	В	С	
1	7	7	7	0,10
2	7	7	8	
3	7	8	8	0,15
4	7	8	9	
5	8	8	8	0,2
6	8	8	9	
7	8	9	9	0,30
8	8	9	10	
9	9	9	9	0,4
10	9	9	10	
11	9	10	10	0,60
12	10	10	10	0,8

Таблица 2.6

**Значения коэффициента A в нормах стран, где используются карты
сейсмического зонирования**

Сейсмические зоны	1	2	3	4	5	6
Значения коэффициента A	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5

Таблица 2.7

Значения коэффициента β

Категория грунтов по сейсмическим свойствам	Участок графика β при значении T	Значение β_i или формула для вычисления $\beta_i(T_i)$
1	2	3
I	От 0,00с до 0,10с	2,5 или $1+15 T_i^*$
	Более 0,10с	$1,3/T_i^{2/3}$, но не более 2,5
II	От 0,00с до 0,15с	2,5 или $1+10 T_i^*$
	Более 0,15с	$1,8/T_i^{2/3}$ но не более 2,5
III	От 0,00с до 0,20с	2,5 или $1+7,5 T_i$
	Более 0,20с	$2,3/T_i^{2/3}$ но не более 2,5
IV	По результатам специальных исследований	

П р и м е ч а н и е. В национальных нормах принимается одно из двух значений β_i в столбце 3 табл.2.2., в зависимости от грунтово-геологических, сейсмогеологических и других местных условий.

2.13. При определении усилий в конструкциях, подлежащих расчету с учетом вертикальных сейсмических нагрузок, следует учитывать одновременное действие вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок. При этом в особое сочетание нагрузок следует включить следующие две взаимоисключающие их комбинации:

- горизонтальные сейсмические нагрузки с коэффициентом сочетаний равным 1,0, а вертикальные сейсмические нагрузки – с коэффициентом сочетаний равным 0,5.
- горизонтальные сейсмические нагрузки включаются с коэффициентом сочетаний равным 0,5 а вертикальные – с коэффициентом сочетаний равным 1,0.

2.14. Вертикальную сейсмическую нагрузку в случаях, предусмотренных п 2.4., следует принимать по формулам (2.1) и (2.2); значения коэффициента A следует принимать с множителем 0,7. Коэффициент k_1 при расчете зданий на устойчивость против опрокидывания или против скольжения следует принимать по табл.2.2., в остальных случаях определе-

ния вертикальной сейсмической нагрузки принимать $k_1 = 0,5$.

2.15. Расчет прочности несущих стен зданий должен производиться на одновременное действие статических, а также горизонтальных и вертикальных сейсмических нагрузок. Значение вертикальной сейсмической нагрузки определяется по формулам (2.1), (2.2).

2.16. При расчете зданий высотой более 25 этажей (75 метров) следует учитывать дополнительный момент от вертикальной сейсмической нагрузки (согласно п. 2.14.) на перемещениях X_k , возникающих в результате деформаций сооружения и основания при сейсмических воздействиях.

2.17. Перемещения X_k (прогибы, перекосы этажей) от действия системы поступательных сейсмических нагрузок S_{ik} (согласно формуле 2.1.) определяются при k_1 равном единице.

Максимальные значения горизонтальных перемещений k -ого этажа по j -ой форме колебаний x_{ki} и перекосов этажей Δ_{ki} (при упругом или упругопластическом деформировании сооружения) определяются по формулам:

$$x_{ki} = A \cdot k_0 \cdot \eta_{ki} \cdot \beta_i (T_i / 2\pi)^2 \quad (2.4)$$

$$\Delta_{ki} = x_{(k+1)i} - x_{ki}$$

2.18. Учет высших форм колебаний производится по формуле:

$$N_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2}, \quad (2.5)$$

где: N_p – усилия, напряжения или иные силовые факторы в элементах конструкций от сейсмической нагрузки;

N_i – значения соответствующего фактора в рассматриваемом сечении, вызываемые сейсмическими нагрузками по i -ой форме колебаний;

n – число учитываемых форм колебаний.

2.19. Если периоды i -го и $(i+1)$ -го тонов собственных колебаний зданий (сооружений) отличаются менее чем на 10%, то вместо формулы (2.5) допускается применять формулу (2.6), позволяющую учитывать взаимную корреляцию обобщенных координат:

$$N_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} N_i N_{i+1}}, \quad (2.6)$$

2.20. Для зданий с равномерным распределением жесткостей и масс по высоте число учитываемых форм колебаний следует принимать равным трем, если значение периода первой формы колебаний $T_1 \geq 0,4$ с. При $T_1 < 0,4$ с необходимо учитывать только первую форму колебания.

2.21. При расчете зданий и сооружений, указанных в таблице 2.1, п.1б значение крутильной сейсмической нагрузки (сейсмического момента) M_{jik} по i -ой форме колебаний в точке "к" относительно j -ой оси определяется, как правило, по формуле:

$$M_{jik} = k_2 \cdot A \cdot k_0 \cdot \beta_i \cdot \eta_{jik} \cdot g \cdot \Theta_{jik} \quad (2.7)$$

где k_2 , A , k_0 , β_i определяются согласно п.п. 2.8...2.10;

η_{jik} – коэффициент формы колебаний для крутильной составляющей, который может быть определен согласно приложению №5;

g – ускорение силы тяжести;

Θ_{jik} – момент инерции массы в k -ой точке относительно j -ой оси.

2.22. Значения расчетного сейсмического момента $M_{кр}$ на уровне k -го этажа допускается определять по формуле:

$$M_k^{кр} = P_k (e_k + e) \quad (2.6)$$

где P_k – значение поперечной силы на уровне k -го этажа

e_k – фактический эксцентриситет между центром масс и центром жесткостей k -го этажа, но не менее $0,1B$, где B – размер здания в направлении, перпендикулярном действию силы S_{ik} ;

e – дополнительный расчетный эксцентриситет от вращательного движения грунта. Значение e принимается равным 0,02; 0,05; 0,06 при грунтах I, II и III категории соответственно.

2.23. Использование метода определения крутящего сейсмического момента – по п.2.21 или по п.2.22 – либо уточнение расчетных ситуаций для выбора метода устанавливается в национальных нормах.

Прямой динамический расчет с применением расчетных сейсмических воздействий как функций времени

2.24. Расчетные максимальные амплитуды горизонтальных ускорений основания при прямых динамических воздействиях следует принимать равными $A \cdot g$, где A – расчетные ускорения основания, в соответствии с указаниями п.2.9.

2.25. Расчетные вертикальные ускорения основания при прямых динамических расчетах принимаются равными 0,7 расчетных горизонтальных ускорений.

2.26. Допускается в качестве набора расчетных акселерограмм, используемых в прямых динамических расчетах сооружений, использовать синтезированные акселерограммы, приведенные в приложении 3 к настоящим нормам.

2.27. При наличии обоснованных данных о спектральном составе ускорений основания и о временной нестационарности (амплитудных огибающих) ускорений основания допускается использование наборов синтезированных акселерограмм, полученных на основе

этих данных при помощи компьютерного моделирования.

2.28. При наличии утвержденной карты сейсмического микрорайонирования (микророзонирования), содержащей их количественные параметры прогнозируемых сейсмических воздействий, значения расчетных амплитуд ускорений основания, характеристики спектрального состава и нестационарности во времени (амплитудной огибающей во времени), расчетные акселерограммы следует принимать в соответствии с данными этой карты.

2.29. При наличии инструментальных акселерограмм сильных землетрясений, зарегистрированных сейсмогеологических и грунтовых условиях, близких к условиям площадки строительства проектируемого здания или сооружения, эти акселерограммы следует использовать в прямых динамических расчетах дополнительно к набору синтезированных акселерограмм.

При этом максимальные расчетные ускорения инструментальных акселерограмм следует нормировать к значениям ускорений, согласно п.2.9.

2.30. Значения сейсмических нагрузок, перемещений и деформаций конструкций следует определять с учетом особенностей нелинейного деформирования конструкций.

2.31. При раздельном использовании в расчетах акселерограмм горизонтальных и вертикальных ускорений по п.2.9. и 2.14 следует в расчетах применять наиболее неблагоприятные фазовые сдвиги акселерограмм с точки зрения сейсмических нагрузок, перемещений и сейсмической надежности здания или сооружения.

2.32. Прямые динамические расчеты зданий и сооружений с использованием расчетных акселерограмм, включая порядок статической обработки и интерпретации данных расчетов с применением расчетных акселерограмм как реализаций случайных процессов, следует выполнять при научном сопровождении и с участием специализированных научно-исследовательских организаций, определяемых руководящими органами страны в области строительства.

Расчеты элементов конструкций

2.33. Подбор сечений элементов конструкций, их узлов и соединений производится по несущей способности в предположении статического приложения сейсмических нагрузок.

2.34. Для железобетонных и каменных несущих элементов следует ограничивать предельные допускаемые значения параметра γ для железобетонных и каменных несущих конструкций:

$$\gamma = \frac{Q}{B}, \quad (2.9)$$

где Q – расчетное значение суммарной статической нагрузки от собственного веса и других вертикальных статических нагрузок, действующих в наиболее нагруженном сечении несущих конструктивных элементов здания;

B – расчетное значение суммарной несущей способности конструктивных элементов здания, несущих вертикальные нагрузки, в том же сечении.

Таблица 2.8

**Предельные допускаемые значения параметра γ
для железобетонных и каменных несущих конструкций**

№№	Расчетная интенсивность сейсмических воздействий на здание		Расчетные значения γ
	баллы MSK	расчетные ускорения грунта, в долях g	
1	7	0,1-0,15	0,80
2	8	0,2-0,3	0,65
3	9	0,4-0,50	0,50
4	10	0,8-1,00	0,35

2.35. При расчете элементов конструкций на прочность и устойчивость, помимо коэффициентов условий работы, принимаемых в соответствии с другими нормами, следует вводить дополнительные коэффициенты условий работы m , определяемые согл. табл. 2.9.

Таблица 2.9

№ пп	Характеристика конструкций	Значения m
	При расчетах на прочность:	
1.	Стальные и деревянные	1,3
2.	Железобетонные со стержневой и проволочной арматурой кроме проверки на прочность наклонных сечений	1,2
3.	Железобетонные при проверке на прочность наклонных сечений	1,0
4.	Каменные, армокаменные и бетонные - при расчете на внецентренное сжатие - при расчете на сдвиг и растяжение	1 0,8
5.	Сварные соединения	1,0
6.	Болтовые и заклепочные соединения	1,1
	При расчетах на устойчивость:	
7.	Стальные элементы гибкостью свыше 100	1,0
8.	То же, гибкостью до 20	1,2
9.	То же, гибкостью от 20 до 100	От 1,2 до 1,0 по интерполяции

П р и м е ч а н и е. При расчете стальных и железобетонных конструкций, подлежащих эксплуатации в неотопливаемых помещениях или на открытом воздухе при расчетной температуре ниже -40°C следует принимать $m = 0,9$; в случае проверки прочности наклонных сечений $m = 0,8$.

Раздел 3. ЖИЛЫЕ, ОБЩЕСТВЕННЫЕ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

Общие положения

3.1. Конструктивные мероприятия, предусмотренные в настоящем разделе, устанавливаются в зависимости от класса расчетной интенсивности сейсмического воздействия для площадки строительства:

- в баллах, в случае использования в национальных нормах одной карты общего сейсмического районирования;
- в расчетных величинах сейсмических ускорений A в долях g , в случае использования в национальных нормах карт сейсмического зонирования или карт “А”, “В”, “С” из комплекса ОСР-97.

Соответствие между классом расчетной интенсивности, баллами и расчетными величинами ускорений приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Класс расчетной интенсивности сейсмического воздействия (РИСВ)	Баллы сейсмической шкалы	Границы расчетных ускорений A , согласно разделу 2
1	6	
2	7	0,1g - 0,15g
3	8	0,2g - 0,3g
4	9	0,4g - 0,6g
5	10	$\geq 0,8g$

3.2. Объемно-планировочные и конструктивные решения зданий следует принимать с учетом указаний раздела 1. Этажность зданий не должна превышать значений, указанных в табл. 3.2.

Высота дошкольных детских учреждений не должна превышать 2-х этажей, школьных учреждений и больниц – 3-х этажей. Хирургические и реанимационные отделения в больницах следует размещать на нижних двух этажах.

3.3. Длина секций всех типов зданий, кроме деревянных и со стенами из ячеистых бетонных блоков, не должна превышать при расчетной сейсмичности 7-8 баллов – 80 м, 9-10 баллов – 60 м, деревянных и со стенами из ячеистого бетона – соответственно, 40 и 30 м.

Таблица 3.2

Несущие конструкции здания	Количество надземных этажей при расчетной сейсмичности площадки (баллы)				
	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6
1. Стальной каркас	нс	нс	нс	нс	9
2. Железобетонный каркас:					
- связевой (с вертикальными железобетонными диафрагмами или ядрами жесткости);	нс	16	12	9	3
- рамный с заполнением из штучной кладки;	нс	9	7	5	1
- рамный без заполнения;	12	6	5	4	1
- безригельный с железобетонными диафрагмами или ядрами жесткости;	нс	9	7	5	2
- безригельный без заполнения	7	4	3	2	-
3. Стены из монолитного железобетона	нс	24	20	16	4
4. Стены крупнопанельные железобетонные	нс	20	16	12	3
5. Объемно-блочные	нс	12	9	7	3
6. Каркасно-каменные	нс	10	7	5	3
7. Стены из крупных бетонных или виброкирпичных блоков	9	5	4	2	-
- двухрядной разрезки, соединенных между собой с помощью закладных деталей или арматурных выпусков					
- двухрядной разрезки усиленные непрерывным вертикальным армированием	нс	9	7	4	2
8. Стены комплексной конструкции из кирпича, камня, мелких блоков	12	5	4	3	1
9. Стены из кирпича, бетонных камней и мелких блоков	9	4	3	2	-
10. Стены из мелких ячеисто-бетонных блоков комплексной конструкции	4	2	2	1	-
11. Стены деревянные щитовые, бревенчатые, брусчатые	нс	3	2	1	1

Примечания:

1. Требования к строительству в 6-ти балльных зонах см п.п.3.102 ÷ 3.106.
2. Высота этажа принята не более 4-х м для жилых зданий и 6 м для промышленных.
3. Буквы **нс** в таблице обозначают, что здания проектируются по требованиям для несейсмических районов.
4. В число надземных этажей учитывается этаж, более половины высоты которого находится выше планировочной отметки земли, примыкающей к зданию.
5. Количество этажей в зданиях с каменными стенами (поз. 8 и 9) при гарантированном нормальном сцеплении в кладке $R_{\text{н}} \geq 180 \text{ кПа} (1,8 \text{ кг/см}^2)$ может быть увеличено в районах сейсмичностью 7-8 баллов на один этаж.

3.4. В зданиях с несущими стенами, кроме наружных продольных стен, должно

быть не менее одной внутренней продольной стены.

3.5. Здания должны иметь правильную форму в плане. Смежные участки здания выше или ниже планировочной отметки не должны иметь перепады более 5 м.

На площадках сейсмичностью 10 баллов перепады по высоте между смежными участками здания, как правило, не допускаются.

Перекрытия в зданиях следует располагать на одном уровне.

3.6. Здания следует разделять антисейсмическими швами на отсеки, если:

- их объемно-планировочные и конструктивные решения не соответствуют требованиям п.п.3.3, 3.5;
- отдельные объемы здания в пределах общего плана, не являясь ядрами жесткости, имеют резко отличные (более 30 %) жесткости или массы.

В одноэтажных зданиях высотой до 10 м при сейсмичности 7 баллов и менее антисейсмические швы допускается не устраивать.

3.7. Антисейсмические швы должны разделять здания по всей высоте.

Допускается на участках с сейсмичностью 7 и 8 баллов, а также 9 баллов (при грунтах I и II категорий по антисейсмическим свойствам) не устраивать шов в фундаментах, за исключением случаев, когда антисейсмический шов совпадает с осадочным.

Температурные и осадочные швы следует выполнять как антисейсмические.

3.8. Антисейсмические швы следует выполнять путем возведения парных стен или рам, либо рамы и стены.

Ширина антисейсмических швов на каждом уровне должна быть не меньше суммы взаимных горизонтальных смещений отсеков от расчетной нагрузки, определенных в соответствии с настоящими нормами и не меньше минимальной, которую для зданий высотой до 5 м следует принимать равной 30 мм и увеличивать на 20 мм на каждые 5 м высоты.

Конструкция примыкания секций в зоне антисейсмических швов не должна препятствовать их взаимным горизонтальным перемещениям при землетрясениях.

3.9. 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 проектирования зданий, но не менее одной между антисейсмическими швами в зданиях высотой более трех этажей.

Устройство основных лестничных клеток в виде отдельно стоящих сооружений не допускается.

3.10. Лестничные клетки и лифтовые шахты каркасных зданий с заполнением, не

участвующим в работе, следует устраивать в виде ядер жесткости, воспринимающих сейсмическую нагрузку, или с поэтажной разрезкой, не влияющие 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.

3.11. 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.

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.

3.12. При проектировании зданий и сооружений следует проверять расчетом крепление высокого и тяжелого оборудования к несущим конструкциям зданий и сооружений, а также учитывать сейсмические усилия, возникающие при этом в несущих конструкциях.

3.13. 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.

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

Основания и фундаменты

3.15. 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.

3.16. Фундаменты зданий высотой более 16 этажей на нескальных грунтах следует, как правило, принимать свайными или в виде сплошной фундаментной плиты с заглублением подошвы фундамента относительно отметки отмостки не менее чем на 2,5 м.

3.17. Фундаменты зданий, возводимых на нескальных грунтах должны, как правило, устраиваться на одном уровне. При устройстве подвала под частью здания следует стремиться к его симметричному расположению относительно главных осей здания.

3.18. При строительстве на нескальных 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 стержнями с шагом 300-400 мм. 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 и более ленточные фундаменты должны выполняться, как правило, монолитными с продольной арматурой из 6 стержней диаметром 12 мм.

3.19. 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 и более баллов стены подвалов должны предусматриваться, как правило, монолитными или сборно-монолитными.

3.20. Гидроизоляционные слои в зданиях следует выполнять из цементного раствора.

3.21. Фундаменты из бутовой кладки допускаются в зданиях до двух этажей при расчетной сейсмичности 7-8 баллов. При этом должен применяться постелистый бутовый камень марки не ниже 100 в количестве не менее 50 % от общего объема кладки и раствор не ниже М50.

Нерасколотый булыжный камень разрешается только для одноэтажных зданий в районах сейсмичностью 7 баллов.

Фундаменты и стены подвалов из бутобетона допускаются в зданиях до 5-ти этажей при расчетной сейсмичности 7-8 баллов. Количество бутового камня, марки не ниже 100, не должно превышать 25 % общего объема фундаментов и стен, класс бетона по расчету, но не ниже В7,5.

Перекрытия и покрытия

3.22. Перекрытия и покрытия следует выполнять в виде жестких горизонтальных дисков, надежно соединенных с вертикальными конструкциями здания и обеспечивающие их

совместную работу при сейсмических воздействиях.

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

- устройством сварных соединений плит с другими плитами, 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.

3.24. Длина участка опирания плит перекрытий и покрытий на несущие конструкции принимается не менее:

- на кирпичные и каменные стены – 120 мм,
- на стены из вибрированных кирпичных панелей или блоков – 100 мм,
- на железобетонные и бетонные стены, на стальные и железобетонные балки (ригели), при опирании по двум сторонам – 80 мм,
- при опирании по контуру – 60 мм.

3.25. Опирание деревянных и железобетонных балок 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.

3.26. 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.

3.27. 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.

В случае необходимости в покрытии устанавливаются металлические связи.

Перегородки, балконы, эркеры, архитектурные элементы здания

3.28. Перегородки следует выполнять легкими, как правило, крупнопанельной или каркасной конструкций. Перегородки из мелкоразмерных изделий (кирпича, камней из природных и искусственных материалов, гипсовых плит и т. пр.) могут применяться при сейсмичности 7-8 баллов в зданиях до 9 этажей, при сейсмичности 9 баллов в зданиях до 5 этажей. При сейсмичности более 9 баллов применение перегородок из мелкоразмерных изделий не допускается.

3.29. Перегородки должны быть прикреплены к вертикальным конструкциям здания, 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 несущими конструкциями 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.

3.30. Прочность перегородок и их креплений из плоскости должна быть подтверждена расчетом на действие местных сейсмических нагрузок. Нормальное сцепление кладки перегородок из мелкоразмерных изделий должно быть не менее $R_{нт} \geq 60 \text{ кПа}$ ($0,6 \text{ кг/см}^2$).

3.31. 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 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.

3.32. Вынос балконов в зданиях не должен превышать 1,5 м.

3.33. В районах сейсмичностью 7 и 8 баллов, допускается устройство эркеров с усилением образованных в стенах проемов железобетонными рамами и с установкой металлических связей стен эркеров с основными стенами.

3.34. Между стенами шахты лифтов и несущими конструкциями зданий должны оставаться зазоры шириной не менее удвоенного перекуса здания и не менее 80 мм.

3.35. В крышах из мелкоштучных элементов (черепица, кровельная плитка и т. пр.) необходимо предусматривать крепление каждого элемента к несущим конструкциям.

3.36. Отделку помещений, предназначенных для постоянного пребывания в них людей, рекомендуется выполнять легкими материалами. Облицовка стен и других частей зданий допускается при условии ее крепления анкерами. Оштукатуривание потолков при железобетонных перекрытиях запрещается.

3.37. 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.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

3.38. При расчете прочности нормальных сечений изгибаемых и внецентренно-сжатых элементов продольную характеристику сжатой зоны бетона ξ_R следует принимать по СНиП «Бетонные и железобетонные конструкции» с коэффициентом 0,85.

3.39. Во внецентренно сжатых элементах, кроме колонн многоэтажных зданий, а также в сжатой зоне изгибаемых элементов при расчетной сейсмичности 8 и более баллов хомуты должны ставиться по расчету и на расстояниях:

при $R_{sc} \leq 4000$ МПа (4000 кг/см^2) – не более 400 мм и не более $12d$ при вязаных каркасах и не более $15d$ – при сварных;

при $R_{sc} \geq 4500$ МПа (4500 кг/см^2) – не более 300 мм и не более $10d$ при вязаных каркасах и не более $12d$ – при сварных, где d – наименьший диаметр продольных сжатых стержней.

При этом поперечная арматура должна обеспечивать закрепление сжатых стержней от изгиба в любом направлении.

Если общее насыщение внецентренно-сжатого элемента продольной арматурой превышает 3%, хомуты должны устанавливаться на расстоянии не более $8d$ и не более 250 мм.

3.40. В вязаных каркасах концы хомутов необходимо загибать вокруг стержня продольной арматуры и заводить их внутрь бетонного ядра не менее чем на $6d$ хомута, считая от оси продольного стержня.

3.41. Для повышения несущей способности на срез коротких колонн с отношением высоты к размеру наибольшего поперечного сечения $l/h \leq 5$, их следует усиливать косвен-

ным армированием в виде сварных сеток и спиралей или с помощью многосрезных хомутов и шпилек с шагом не более 100 мм, таким образом, чтобы каждый продольный стержень был закреплен от изгиба в любом направлении.

3.42. В предварительно-напряженных конструкциях, подлежащих расчету на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия, усилия, определяемые из условий прочности сечений, должны превышать усилия, воспринимаемые сечениями при образовании трещин, не менее чем на 25%.

3.43. В предварительно-напряженных конструкциях не допускается применять арматуру, для которой относительное удлинение после разрыва ниже 2%.

3.44. При сейсмичности 9 баллов и выше без специальных анкеров не допускается применять арматурные канаты и стержневую арматуру периодического профиля диаметром более 28 мм.

3.45. В предварительно-напряженных конструкциях с натяжением арматуры на бетон напрягаемую арматуру следует располагать в закрытых каналах, замоноличиваемых в дальнейшем бетоном или раствором.

КАРКАСНЫЕ ЗДАНИЯ

3.46. В многоэтажных каркасных зданиях системой, воспринимающей горизонтальную сейсмическую нагрузку, может служить пространственный каркас с жесткими рамными узлами, пространственный каркас с жесткими рамными узлами с заполнением, участвующим в восприятии сейсмической нагрузки, каркас с вертикальными связями, диафрагмами или ядрами жесткости, безригельный каркас.

Может применяться комбинированная схема, когда в одном направлении здания предусматривается рамная схема, а в другом – связевая.

При расчетной сейсмичности 7-8 баллов допускается применение наружных каменных стен и внутренних железобетонных или металлических рам (стоек). При этом должны выполняться требования, установленные для каменных зданий. Высота таких зданий не должна превышать 7 м.

3.47. В одноэтажных каркасных зданиях может применяться каркас со стойками, заземленными в фундаментах, и шарнирно или жестко сопряженными с пролетными конструкциями. В каркасах со стальными колоннами соединение стоек с фундаментами может быть шарнирным.

В продольном направлении каркасы могут выполняться с установкой связей между

стойками.

Жесткость покрытия обеспечивается установкой горизонтальных и вертикальных связей между фермами и ригелями, надежным креплением плит покрытия и профилированного настила к пролетным конструкциям.

3.48. Диафрагмы, связи и ядра жесткости, воспринимающие горизонтальную нагрузку, должны быть непрерывными по всей высоте здания и располагаться в обоих направлениях равномерно и симметрично относительно его центра тяжести.

3.49. В качестве ограждающих стеновых конструкций следует, как правило, применять легкие навесные панели. Допускается устройство кирпичного и каменного заполнения, удовлетворяющего требованиям п.п.3.85, 3.86.

Применение самонесущих стен из каменной кладки допускается при шаге пристенных колонн не более 6 м и при высоте стен 12, 9 и 6 м на площадках 7, 8 и 9 баллов, соответственно.

3.50. Самонесущие стены должны иметь гибкие связи с конструкциями каркаса, не препятствующими горизонтальным смещениям каркаса вдоль стен. Между поверхностями стен и колоннами каркаса должен предусматриваться зазор не менее 20 мм. По всей длине стен в уровне плит покрытия и верха оконных проемов и не более чем через 6 м по высоте в глухих стенах должны предусматриваться антисейсмические пояса, соединенные с каркасом здания. При сейсмичности 9 баллов и выше самонесущие стены следует выполнять каркасно-каменными.

В местах пересечений поперечных стен с продольными должны устраиваться антисейсмические швы на всю высоту стен.

3.51. Заполнение, участвующее в работе каркаса, рассчитывается и конструируется, как диафрагма.

3.52. Элементы сборных колонн многоэтажных каркасных зданий следует, по возможности, изготавливать высотой в несколько этажей. Стыки сборных колонн должны располагаться в зоне с наименьшими изгибающими моментами с соединением продольной арматуры ванной сваркой или парными накладками.

3.53. Центральная зона жестких узлов железобетонных каркасов должна быть усилена косвенным армированием в виде сварных сеток, спиралей или замкнутых хомутов, устанавливаемых по расчету. Если по данным расчета косвенное армирование не требуется, то центральную зону узла следует армировать конструктивно замкнутыми хомутами из стержней диаметром не менее 8 мм с шагом не более 100 мм. Участки ригелей и колонн, примыкающие к жестким узлам на расстоянии, равном полуторной высоте их сечения, должны ар-

мироваться замкнутой поперечной арматурой (хомутами), устанавливаемой по расчету, но не более чем через 100 мм.

3.54. В колоннах рамных каркасов многоэтажных зданий при сейсмичности 8 и 9 баллов шаг хомутов не должен превышать $\frac{1}{2}h$ и не более 300 мм, где h – наименьший размер стороны колонны прямоугольного или таврового сечения. Диаметр хомутов следует принимать не менее 8 мм.

3.55. Толщину плит перекрытий безригельного каркаса следует принимать не менее 200 мм, класс бетона – не менее В20.

3.56. Соединение рабочей продольной арматуры в монолитных элементах должно выполняться:

а) в колоннах и ригелях каркасных зданий, плитах перекрытий безригельного каркаса на сварке с помощью 2-х накладок. В 7-ми балльных зонах при диаметре продольной арматуры до 22 мм допускается нахлесточное соединение без сварки, при этом длина перепуска арматуры должна быть на 25% больше значений, приведенных в нормативных документах на бетонные и железобетонные конструкции и стержни, заканчиваться лапками или другими анкерными устройствами;

б) в диафрагмах каркасных зданий, плитах перекрытий ригельного каркаса, шахтах лифта и других элементах, кроме указанных в пункте “а”, нахлесточное на сварке, а в 7-8-ми балльных районах допускается нахлесточное без сварки, но при этом стержни должны заканчиваться лапками.

3.57. Стальные колонны многоэтажных каркасов рамного типа следует, как правило, проектировать замкнутого (коробчатого или круглого) сечений равноустойчивого относительно главных осей инерций, а колонны рамно-связевых каркасов двутаврового, крестового или замкнутого сечений.

Ригели стальных каркасов следует проектировать, как правило, из прокатных или сварных двутавров, в том числе с гофрированной стенкой.

3.58. Стыки колонн следует относить от узлов рам и устраивать в зоне действия наименьших изгибающих моментов.

В колоннах рамных каркасов на уровне поясов ригелей должны быть установлены поперечные ребра жесткости.

С целью снижения напряжений в сварных соединениях ригелей со стойками, опорные сечения ригелей следует развивать за счет увеличения ширины полок или устройства вутов. Стыки ригелей со стойками допускается выполнять на высокопрочных болтах.

3.59. Для элементов, работающих в упругопластической стадии, должны применяться малоуглеродистые и низколегированные стали с относительным удлинением не менее 20%.

ЗДАНИЯ С НЕСУЩИМИ СТЕНАМИ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

3.60. Монолитные здания следует проектировать, как правило, перекрестно-стенной системы с несущими или ненесущими наружными стенами.

При технико-экономическом обосновании монолитные здания могут проектироваться ствольно-стенной конструкции с одним или несколькими стволами.

3.61. Внутренние поперечные и продольные стены должны быть сквозными и без изломов в плане. Максимальное расстояние между стенами не должно превышать 7,2 м. В зданиях с ненесущими наружными стенами следует предусматривать не менее двух внутренних продольных (поперечных) стен.

Выступ наружных стен в плане допускается до 4 м при расчетной сейсмичности 7-8 баллов, 2 м – при 9 и более баллов.

3.62. Перекрытия могут предусматриваться монолитными, сборными и сборно-монолитными.

3.63. Стены лоджий должны выполняться как продолжение наружных стен.

3.64. При расчете конструкций следует проверять прочность горизонтальных и наклонных сечений глухих стен и простенков, вертикальных сопряжений стен, нормальных сечений в опорных зонах перемычек, сечений по полосе между возможными наклонными трещинами и по наклонной трещине.

3.65. Независимо от результатов расчета необходимо предусматривать конструктивное армирование по полю стен вертикальной и горизонтальной арматурой площадью сечения у каждой плоскости стены не менее 0,025% площади соответствующего сечения стены, в пересечениях стен, местах резкого изменения толщины стены, у граней проемов арматурой площадью сечения не менее 2 см².

3.66. Армирование стен следует, как правило, выполнять пространственными каркасами, установленными вертикально или горизонтально и объединенными отдельными стержнями. При этом диаметр вертикальной арматуры при конструктивном армировании должен быть не менее 10 мм и шаг не более 900 мм, горизонтальной – диаметр не меньше 6 мм, шаг не более 600 мм. Армирование широких простенков может выполняться диагональными каркасами.

3.67. Соединение стержней и арматурных каркасов при бетонировании конструк-

ций монолитных зданий допускается осуществлять в 7-8 балльных зонах при диаметре стержней до 22 мм нахлесткой, в зонах 9 баллов и более – нахлесткой с лапками или с другими анкерными устройствами на конце. При диаметре стержней более 22 мм соединение должно выполняться с помощью сварки.

3.68. Перемычки следует армировать пространственными каркасами и заводить их за грань проема по требованиям нормативного документа на бетонные и железобетонные конструкции, но не менее чем на 500 мм. Высокие перемычки могут армироваться диагональными каркасами.

3.69. Вертикальные стыковые соединения стен следует армировать горизонтальными арматурными стержнями, площадь которых определяется расчетом, но должна быть не меньше 0,5 см² на 1 п. м шва в зданиях до 5 этажей на 7-8 балльных территориях и не менее 1 см² на 1 п. м шва в остальных случаях.

КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ

3.70. Крупнопанельные здания следует проектировать с продольными и поперечными сквозными стенами, объединенными между собой и с перекрытиями и покрытиями в единую пространственную систему, воспринимающую сейсмические нагрузки. Выступы наружных стен в плане не должны превышать 3 м.

Панели стен и перекрытий следует предусматривать, как правило, размером на комнату. В зданиях с широким шагом поперечных стен (более 4,2 м) допускается панели перекрытий предусматривать из двух элементов со стыковкой между собой.

3.71. Армирование стеновых панелей следует выполнять двухсторонним, в виде пространственных каркасов или арматурных сеток. Площадь вертикальной и горизонтальной арматуры, устанавливаемой у каждой плоскости панели, должна составлять не менее 0,025% площади соответствующего сечения стены.

Толщина внутреннего несущего слоя многослойных панелей должна определяться по результатам расчета и приниматься не менее 100 мм.

3.72. Вертикальные и горизонтальные стыковые соединения панелей продольных и поперечных стен между собой и с панелями перекрытий (покрытий) следует осуществлять сваркой арматурных выпусков и закладных деталей или на болтах и замоноличивания вертикальных и горизонтальных стыков мелкозернистым бетоном. Все торцевые стыкуемые грани панелей стен и перекрытий (покрытий) следует выполнять с рифленными или зубчатыми поверхностями. Глубина (высота) шпонок и зубьев принимается не менее 4 см.

3.73. В местах пересечения стен должна размещаться вертикальная арматура непрерывная на всю высоту здания. Вертикальная арматура также должна устанавливаться по граням дверных и оконных проемов и при регулярном расположении проемов поэтажно стыковаться. Площадь поперечного сечения арматуры, устанавливаемой в стыках и по граням проемов, должна определяться по расчету, но приниматься не менее 2 см^2 .

В местах пересечения стен допускается размещать не более 60% расчетного количества вертикальной арматуры.

3.74. Решения стыковых соединений должны обеспечивать восприятие расчетных усилий растяжения и сдвига. Сечение металлических связей в стыках панелей (горизонтальных и вертикальных) определяется расчетом, но их минимальное сечение должно быть не менее 1 см^2 на 1 п. м шва, для зданий строящихся в районах сейсмичностью 7-9 баллов, и не менее 2 см^2 на 1 п. м шва для зданий в районах сейсмичностью более 9 баллов.

3.75. Встроенные лоджии выполняются длиной, равной расстоянию между соседними несущими стенами. В зданиях на площадках сейсмичностью 8 и более баллов в плоскости наружных стен в местах размещения лоджий следует предусматривать устройство железобетонных рам. В зданиях до 5 этажей при расчетной сейсмичности 7-8 баллов допускается устройство пристроенных лоджий с выносом не более 1,5 м и связанных с основными стенами металлическими связями.

ЗДАНИЯ СО СТЕНАМИ ИЗ КРУПНЫХ БЛОКОВ

3.76. Стеновые блоки могут быть выполнены из бетонов, в том числе легких, а также изготовлены из кирпича или других штучных материалов, с использованием вибрирования. Требуемая величина нормального сцепления кирпича (камня) с раствором в блоках определяется расчетом, но должна быть не менее 120 кПа ($1,2 \text{ кг/см}^2$).

Блоки наружных стен могут быть однослойными или многослойными.

3.77. Стены из крупных блоков могут быть:

- а) Двухрядной и многорядной разрезок, монтируемые на цементном растворе. Усилия в швах воспринимаются силами трения и шпонками. Количество надземных этажей в таких зданиях не должно превышать 3-х в 7-балльных зонах и одного в 8-ми балльных.
- б) Двухрядной разрезки, соединяемых между собой с помощью сварки закладных деталей или арматурных выпусков.
- в) Двухрядной разрезки, усиленных вертикальным ненапрягаемым или напрягаемым армированием.

г) Многорядной разрезки, усиленные вертикальными железобетонными включениями.

Расстояние между поперечными стенами и размеры элементов стен следует принимать по табл. 3.3.

3.78. Стеновые блоки должны быть армированы пространственными каркасами. Неармированные блоки допускаются в районах сейсмичностью 7 баллов в зданиях высотой до трех этажей, в районах сейсмичностью 8 баллов в одноэтажных зданиях. Стеновые блоки, как для наружных, так и для внутренних стен, должны применяться только с пазами со шпунтовой поверхностью на торцевых вертикальных гранях.

3.79. Антисейсмические пояса в крупноблочных зданиях могут быть монолитными или сборно-монолитными из армированных блоков-перемычек. Блоки-перемычки соединяются между собой в двух уровнях по высоте путем сварки выпусков арматуры или закладных деталей с последующим замоноличиванием.

3.80. В уровне перекрытий и покрытий, выполненных из сборных железобетонных плит, по всем стенам должны устраиваться антисейсмические обвязки из монолитного бетона, объединяющие выпуски арматуры из торцов плит перекрытий и выпуски из поясных блоков.

3.81. Связь между продольными и поперечными стенами обеспечивается тщательным бетонированием вертикальных пазов примыкающих блоков, укладкой арматурных сеток в каждом арматурном шве и антисейсмическими поясами.

3.82. Стержни вертикальной арматуры должны быть установлены на всю высоту здания в углах, местах изломов стен в плане и сопряжений наружных стен с внутренними, в обрамлении проемов во внутренних стенах, по длине глухих стен не более чем через 3 м, по длине наружных стен в обрамлении простенков.

При непрерывном вертикальном армировании продольная арматура пропускается через отверстия в поясных блоках и стыкуется сваркой. Пазы в блоках в местах установки вертикальной арматуры должны заделываться бетоном на мелком щебне класса не менее В15 с вибрированием.

3.83. Вертикальная ненапрягаемая арматура должна устанавливаться преимущественно в теле стеновых блоков у их торцов и быть связанной с арматурой блоков.

Вертикальная арматура с последующим натяжением должна предусматриваться с обязательным инъецированием каналов высокомарочными растворами.

Площадь сечения напрягаемой и ненапрягаемой вертикальной арматуры определяется расчетом, но должна быть не менее 2 см^2 .

ЗДАНИЯ СО СТЕНАМИ ИЗ КИРПИЧА ИЛИ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

3.84. В зависимости от типа усиления стены могут быть:

- из кирпичной (каменной) кладки;
- комплексной конструкции;
- каркасно-кирпичные (каркасно-каменные);
- усиленные вертикальным армированием, предварительным напряжением или другими экспериментально обоснованными методами.

Комплексные конструкции выполняются устройством в кладке вертикальных железобетонных включений (сердечников) или выполнением трехслойных стен, внутренний слой которых из монолитного железобетона.

Каркасно-кирпичные (каркасно-каменные) стены предполагают усиления монолитными железобетонными колоннами с использованием кладки в качестве опалубки. Колонны совместно с горизонтальными монолитными или сборно-монолитными поясами образуют каркас с несущим заполнением из кладки.

3.85. Для кладки стен разрешается применять:

а) кирпич полнотелый или пустотелый марки не ниже 75, с отверстиями размером до 16 мм, пустотностью до 20 %, с несквозными пустотами до 60 мм. В 9-10 балльных зонах следует применять только полнотелый кирпич.

Применение керамических камней в 7-ми балльных зонах регламентируется директивными органами страны.

б) сплошные и пустотелые камни и блоки из бетона, в том числе, из легкого плотностью не менее 800 кг/м³ класса В3.5 и выше и мелкие блоки из ячеистого бетона плотностью не менее 600кг/м³ из бетона класса В2.5 и выше;

в) камни и блоки правильной формы из ракушечников или известняков марки не ниже 35 или туфов (кроме фельзитового) и других природных материалов марки 50 и выше;

г) растворы марки не ниже 50 на основе цемента с пластификаторами и (или) специальными добавками, повышающими сцепление раствора с кирпичом или камнем.

3.86. Каменная кладка должна иметь временное сопротивление осевому растяжению по не перевязанным швам (нормальное сцепление) не ниже $R_{нт} \geq 120 \text{ кПа}$ (1,2 кг/см²).

В 7-8 балльных районах для малоэтажных зданий при расчетном обосновании допускается применение кладки с более низким временным сопротивлением осевому растяжению, но не менее 60 кПа (0,6 кг/см²). При этом высота зданий должна быть не более 3-х этажей, ширина простенков не менее 0,9 м, ширина проемов не более 2 м, а расстояние между осями поперечных стен не более 12 м.

3.87. При проектировании значение R_{nt} следует назначать в зависимости от результатов испытаний, проводимых в районе строительства.

3.88. Проверка прочности каменных стеновых конструкций должна выполняться на внецентренное сжатие, срез и по наклонным сечениям в плоскости стены на главные растягивающие напряжения. Значение расчетных сопротивлений кладки R_t , R_{sq} , R_{tw} по перевязанным швам следует принимать по СНиП по проектированию каменных и армокаменных конструкций, а по не перевязанным швам определять в зависимости от величины R_{nt} , полученной в результате испытаний, проводимых в районе строительства:

$$R_t = 0,45R_{nt}, \quad R_{sq} = 0,7R_{nt}, \quad R_{tw} = 0,8R_{nt}$$

Значения R_t , R_{sq} , R_{tw} не должны превышать соответствующих значений при разрушении кладки по кирпичу или камню.

3.89. Размеры элементов капитальных стен из кирпича и расстояний между ними должны проверяться расчетом и удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 3.3.

3.90. Внутреннюю продольную стену здания и крайние поперечные следует выполнять без изломов.

3.91. Высота этажа зданий с несущими стенами из штучной кладки, не усиленных железобетонными включениями, не должна превышать при расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно 5, 4 и 3.2 м. При усилении кладки железобетонными включениями высоту этажа допускается принимать соответственно 6, 5, 4.2 м и для 10 баллов – 3.2 м.

Отношение высоты этажа к толщине стены должно быть не более 12.

Таблица 3.3

Параметры конструкций	Предельные размеры в м при расчетной сейсмичности в баллах			
	7	8	9	10
1. Ширина простенков, не менее:				
- в зданиях каменной и комплексной конструкции;	0,77	1,16	1,55	1,81
- в каркасно-каменных зданиях.	0,8	1,0	1,2	1,45
2. Ширина проемов, не более:				
- в зданиях каменной и комплексной конструкции;	3,0	2,5	2,0	1,6
- в каркасно-каменных зданиях	3,5	3,0	2,0	2,0
3. Отношение ширины простенка к ширине проема, не менее	0,33	0,5	0,75	1,0
4. Выступы стен в плане, не более:				
- в каменных зданиях;	2	1	-	-
- в зданиях комплексной конструкции;	3	2	1	-
- в каркасно-каменных зданиях.	6	6	4	2
Расстояние между осями поперечных стен или заменяющих их рам (проверяется расчетом), не более:	15	12	9	6

Примечания:

1. Ширину угловых простенков следует принимать на 25 см больше указанной в таблице.
2. Простенки меньшей ширины и проемы большей ширины необходимо усиливать железобетонным обрамлением.
3. Допускается вместо части стен предусматривать железобетонные рамы, но при этом расстояния между стенами не должны превышать удвоенного расстояния, приведенного в таблице.

3.92. В уровне перекрытий и покрытий, выполненных из сборных элементов, по всем стенам без разрывов должны устраиваться антисейсмические пояса из монолитного железобетона с непрерывным армированием.

Плиты перекрытий (покрытий) должны соединяться с антисейсмическими поясами посредством анкеровки выпусков арматуры или сваркой закладных деталей. Антисейсмические пояса верхнего этажа должны быть связаны с кладкой вертикальными выпусками арматуры.

В зданиях с монолитными железобетонными перекрытиями, заделанными по контуру в стены, антисейсмические пояса в уровне этих перекрытий допускается не устраивать.

3.93. Антисейсмический пояс (с опорным участком перекрытия) должен устраиваться, как правило, 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 меньше 150 мм и не меньше толщины плиты перекрытия, класс бетона не ниже В15. Продольная арматура поясов устанавливается по расчету, но не менее 4Ф10 при расчетной сейсмичности 7-8 баллов и не менее 4Ф12 – при 9 баллах.

3.94. В сопряжениях стен в кладку должны укладываться арматурные сетки с общей площадью сечения продольной арматуры не менее 1 см² длиной не менее 120 см в каждую сторону через 70 см по высоте при сейсмичности 7-8 баллов и через 50 см – при 9-10 баллах.

3.95. Участки стен над чердачным перекрытием, имеющие высоту более 40 см, должны быть усилены вертикальным армированием или вертикальными железобетонными включениями, заанкеренными в антисейсмический пояс.

3.96. В стенах комплексной конструкции сердечники должны устраиваться в местах сопряжений стен, в оконных простенках, в местах обрамлений дверных проемов внутренних стен, на глухих участках стен с шагом, не превышающим высоту этажа. Сердечники должны соединяться с антисейсмическими поясами, анкериться с помощью сеток в прилегающей кладке и выполняться открытыми не менее чем с одной стороны. Если железобетонные включения выполняются по торцам простенков, то продольная арматура включений должна быть соединена хомутами, уложенными в горизонтальных швах кладки.

Внутренний железобетонный слой трехслойных стен должен иметь толщину не менее 100 мм и бетон класса не ниже В15. Внешние слои трехслойных стен связываются между собой горизонтальным армированием. Перекрытия и покрытия должны опираться на внутренний железобетонный слой стен.

3.97. В каркасно-каменных зданиях монолитные железобетонные колонны должны выполняться в сопряжениях стен сечением не менее 40х40 см, открытыми не менее чем с одной стороны, из бетона класса не ниже В15. Расстояние между колоннами допускается не более 8 м. Арматура колонн должна анкериться в поэтажных монолитных (сборно-монолитных) поясах и в фундаментах. Сборно-монолитные пояса должны обеспечивать контакт кладки с монолитным бетоном не менее чем на 60% от общей площади опирания пояса на кладку. Поперечное армирование колонн выполняется по требованиям армирования колонн каркасных зданий.

3.98. В зданиях с несущими стенами первые этажи, используемые под помещения, требующие большой свободной площади, следует выполнять из железобетонных или стальных конструкций.

3.99. Перемычки должны заделываться в кладку на глубину не менее 350 мм. При ширине проема до 1.5 м допускается заделка перемычек на 250 мм.

3.100. Дверные и оконные проемы в каменных стенах лестничных клеток при расчетной сейсмичности 8-10 баллов должны иметь железобетонное обрамление.

3.101. В зданиях на площадках сейсмичностью 9-10 баллов выходы из лестничных клеток следует устраивать на две стороны здания.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗДАНИЯМ, СТРОЯЩИХСЯ В РАЙОНАХ СЕЙСМИЧНОСТЬЮ 6 БАЛЛОВ

3.102. Этажность зданий не должна, как правило, превышать значений, указанных в табл. 3.2. Для строительства зданий выше указанных в таблице необходимы технико-экономические и расчетные обоснования. Длина здания (секции) должна быть не более 100 м.

3.103. Здания с кирпичными (каменными) стенами следует предусматривать, как правило, простой и симметричной формы в плане. В зданиях 5 и более этажей должно быть не менее одной внутренней продольной стены, а расстояния между поперечными стенами не должны превышать 20 м.

Нижние этажи, при необходимости получения в них свободных площадей, следует выполнять в железобетонном или металлическом каркасе.

3.104. В зданиях с кирпичными стенами следует:

) в зданиях 4 и более этажей в сопряжении стен укладывать арматурные сетки с шагом по высоте не более 100 см;

) в зданиях 5 этажей и выше по всем стенам в уровне перекрытий и покрытия устраивать монолитные железобетонные обвязки, армированные каркасом из 2-х продольных стержней диаметром 10 мм. Для связи с поэтажными обвязками плиты должны иметь арматурные выпуски или закладные детали. Если плиты перекрытий применяются без арматурных выпусков, то диск перекрытия усиливается устройством между плитами с шагом 5-6 м монолитных участков шириной не менее 120 мм, армированных сквозными арматурными каркасами, заанкеренными в примыкающих обвязках перпендикулярного направления;

) в зданиях 10 этажей и более стены следует усиливать вертикальными железобетонными включениями.

3.105. В крупнопанельных зданиях наружные и внутренние стеновые панели должны соединяться между собой не менее чем в 2-х уровнях по высоте этажа.

3.106. В железобетонных рамных и безригельных каркасных зданиях следует:

- центральную зону жестких узлов армировать замкнутыми хомутами с шагом не более 100 мм;
- участки ригелей и колонн, примыкающих к жестким узлам на расстоянии равном полуторной высоте их сечения, армировать замкнутой поперечной арматурой (хомутами) с шагом не более чем 150 мм;
- предусматривать антисейсмические швы между гранями перегородок и конструкциями каркаса шириной не менее 20 мм.

Раздел 4. ТРАНСПОРТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Основные положения

4.1. Указания настоящего раздела распространяются на проектирование новых, капитальный ремонт и реконструкцию существующих транспортных сооружений, в том числе сооружений особой и повышенной ответственности.

Примечания:

1. К числу особо ответственных транспортных сооружений относятся мосты через водотоки, виадуки, эстакады, тоннели и лавинозащитные галереи длиной более 500 м на дорогах общей сети, многоярусные транспортные развязки на городских дорогах, а также здания, в которых размещаются службы и средства управления работой крупных узлов транспортной сети и сети дорог в регионах. Под сооружениями повышенной ответственности понимаются те же объекты длиной от 100 до 500 м.

2. При проектировании сооружений на железнодорожных путях и на автомобильных дорогах промышленных предприятий сейсмические нагрузки могут не учитываться, кроме отдельных обоснованных случаев, определяемых утверждающей проект организацией.

4.2. При проектировании транспортных сооружений антисейсмические мероприятия должны предусматриваться в таком объеме, чтобы объект выдержал сейсмическое воздействие расчетной силы без обрушения его несущих конструкций, а также без появления таких повреждений, которые могут стать причиной аварий транспортных средств или вызвать длительное прекращение движения транспорта в результате землетрясения.

4.3. Помимо антисейсмических мероприятий при проектировании транспортных сооружений в соответствующих случаях необходимо предусматривать инженерные мероприятия по защите объектов от сопровождающих землетрясения явлений (тектонических разрывов грунта, оползней, обвалов, селей, снежных лавин, цунами, разжижения грунта, водно-песчаных и мутьевых потоков). Оценка устойчивости склонов в горной и холмистой местности, а также водонасыщенных песков на равнинах должна выполняться с учетом расчетного сейсмического воздействия.

4.4. При разработке антисейсмических мероприятий необходимо учитывать особые условия работы сооружения, выражающиеся в виде изменения при землетрясении:

- проектного положения фундаментов;
- напряженно-деформированного состояния несущих конструкций объекта и грунта, вызванного прохождением сейсмических волн и выходом на территорию участка строительства тектонических разрывов, обвальных и оползневых масс грунта, а также снежных лавин;

- прочности и устойчивости конструкций за счет кратковременности действия сейсмических сил;
- жесткости конструкций в результате образования трещин и зон пластических деформаций в сечениях при сейсмическом воздействии;
- несущей способности фундаментов по грунту и модулей деформации грунта по отношению к их статическим значениям.

4.5. Проекты транспортных сооружений следует разрабатывать исходя из расчетных значений ускорения, скорости и перемещения грунта при его сейсмических колебаниях, которые полагают равными соответствующим нормативным параметрам движения грунта в районе строительства, умноженным на коэффициенты, учитывающие особенности сейсмического режима пункта строительства, инженерно-геологические и геоморфологические условия участка строительства, а также на коэффициенты учета допускаемых повреждений конструкций и сочетания сейсмического воздействия с нагрузками от транспортных средств, оползней, обвалов и лавин.

4.6. Нормативные параметры колебаний грунта в районах сейсмичностью 7, 8, 9 и 10 баллов принимаются следующими:

- при сейсмичности 7 баллов нормативные значения ускорения 100 см/с^2 , скорости 8.0 см/с , перемещения 4.0 см ;
- при сейсмичности 8 баллов нормативные значения ускорения 200 см/с^2 , скорости 16.0 см/с , перемещения 8.0 см ;
- при сейсмичности 9 баллов нормативные значения ускорения 400 см/с^2 , скорости 32.0 см/с , перемещения 16.0 см ;
- при сейсмичности 10 баллов нормативные значения ускорения 800 см/с^2 , скорости 64.0 см/с , перемещения 32.0 см ;

П р и м е ч а н и е. Характеристики сейсмического воздействия относятся к ровным участкам земной поверхности, сложенным песчано-глинистыми грунтами, сейсмическая жесткость которых принимается равной $650 \text{ т/м}^2\text{с}$.

4.7. Сейсмичность площадок строительства транспортных сооружений повышенной (особой) ответственности следует устанавливать на основании карт ОСР-97 В(С) и данных специальных инженерно-сейсмологических работ, включающих сеймотектонические и сейсмологические исследования, а также результаты сейсмического микрорайонирования участка строящегося (реконструируемого) объекта.

4.8. Материалы инженерно-сейсмологических работ должны содержать детальную информацию об основных зонах возможных очагов землетрясений в радиусе не менее 50 км

от строительной площадки, характеристику сейсмического режима в пункте строительства, рекомендуемые для проектирования параметры сейсмического воздействия.

4.9. В соответствующих случаях материалы специальных инженерно-сейсмологических работ должны включать расчетные оценки сейсмоустойчивости склонов, а также амплитуд возможных разрывных нарушений в местах пересечения створа моста (тоннеля, галереи) тектоническими разломами. Положение на местности и современная активность разломов должны быть подтверждены данными дистанционных съемок и полевых инженерно-геологических работ.

4.10. Рекомендуемые параметры сейсмического воздействия должны определяться расчетными и инструментальными методами с учетом особенностей сейсмического режима в пункте строительства, рельефа местности и сейсмических свойств расчетной толщи грунта, границы которой определяются по данным общих инженерно-геологических изысканий в зависимости от вида сооружения и конструкции фундаментов.

4.11. При проектировании транспортных сооружений, не относящихся к объектам повышенной и особой ответственности, сейсмичность площадок строительства определяют с использованием карты ОСР-97 А. При этом уточнение исходной сейсмичности за счет особенностей сейсмического режима пункта строительства может не выполняться, а влияние грунтовых условий на сейсмичность площадки строительства допускается оценивать упрощенными методами, с использованием данных о прочности грунтов расчетной толщи и мощности слагающих её слоёв.

4.12. Сейсмичность площадок строительства транспортных сооружений с фундаментами мелкого заложения устанавливается в зависимости от сейсмических свойств грунта, расположенного на отметках заложения фундаментов. Если несущий слой грунта, непосредственно воспринимающий давление массивного фундамента мелкого заложения, подстилается слоем менее прочного грунта, то нижнюю границу расчетной толщи грунта следует принимать в уровне подошвы подстилающего слоя, а её верхнюю границу – в уровне подошвы фундамента.

4.13. Сейсмичность площадок строительства сооружений с фундаментами глубокого заложения, как правило, следует находить в зависимости от сейсмических свойств и мощности слоёв грунта, прорезаемого фундаментом. В этом случае верхняя граница расчетной толщи грунта устанавливается:

- для площадок, расположенных на суше, - с учётом планировки участка строительства;

– для площадок, расположенных в руслах и на поймах рек, - с учетом общего размыва грунта при паводках.

Из состава расчётной толщи исключаются залегающие с земной поверхности насыпные грунты, слои илы, торфа, склонные к разжижению песчаные и очень слабые глинистые грунты.

4.14. При проектировании сооружений с фундаментами из свай-стоек нижняя граница расчётной толщи грунта принимается в уровне кровли скальной породы или других малосжимаемых грунтов, на которые опираются сваи-стойки.

4.15. При проектировании сооружений с фундаментами из висячих свай нижняя граница расчётной толщи грунта принимается в уровне нижних концов свай, если в инженерно-геологическом разрезе стройплощадки ниже отметки заложения фундамента отсутствуют более слабые слои грунта, чем слой, в который погружены нижние концы свай. В противном случае нижняя граница расчётной толщи проходит по подошве наиболее заглублённого слабого слоя инженерно-геологического разреза.

4.16. Сейсмичность участков строительства горных тоннелей следует определять в зависимости от сейсмических свойств грунта, в который заложен тоннель.

4.17. Сейсмичность участков строительства насыпей допускается определять в зависимости от сейсмических свойств грунта верхнего 10-метрового слоя основания насыпи.

4.18. При постройке транспортных сооружений в сейсмических районах нужно принимать меры против опрокидывания сборных элементов сейсмическими силами на складских площадках и в местах сборки, а также обеспечивать устойчивость строительных кранов с учётом расчётного для периода строительства сейсмического воздействия, амплитудные характеристики которого принимаются в два раза меньше, чем для периода эксплуатации.

4.19. Работы по содержанию транспортных сооружений в сейсмических районах должны включать периодический контроль специализированных организаций за их состоянием, обследование после сильных сейсмических толчков, разработку и осуществление мер по ремонту и усилению конструкций, получивших повреждения при землетрясениях и других опасных геологических процессах, паводках, атмосферных и техногенных воздействиях.

4.20. По решению заказчика в проектах транспортных сооружений особой и повышенной ответственности предусматривается устройство пунктов инженерно-сейсмометрических наблюдений. Проектирование этих пунктов производится по техническому заданию, разрабатываемому организацией, на которую возлагается эксплуатация пунктов ИСН. Техническое задание на разработку ИСН подлежит утверждению заказчиком. Расходы на приобретение сейсмометрической аппаратуры и на выполнение строительно-

монтажных работ, связанных с установкой датчиков колебаний и с устройством помещений для размещения регистрирующей аппаратуры, должны предусматриваться в сметах на строительство соответствующего объекта или в сметах на выполнение обследований (испытаний) ранее построенного сооружения.

Раздел 5. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

5.1. Положения настоящих норм устанавливают специальные требования для гидротехнических сооружений (ГТС), размещаемых или расположенных в районах с нормативной сейсмичностью $I^{норм}$, равной 6 баллам и более по сейсмической шкале MSK-64.

Указанные требования следует выполнять при проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, обследовании реального состояния, декларировании безопасности, реконструкции, восстановлении, консервации и ликвидации ГТС.

5.2. Для обеспечения сейсмостойкости ГТС требуется:

- проведение на стадии проектирования комплекса специальных исследований с задачей установления расчетной сейсмичности площадки строительства, определения расчетных сейсмических воздействий (включая в необходимых случаях – установление вероятности и параметров повторных сейсмических воздействий), получение набора сейсмических записей или их спектров, моделирующих расчетные сейсмические воздействия;
- выполнение комплекса расчетов (а при необходимости и модельных испытаний) по определению напряженно-деформированного состояния, оценке прочности и устойчивости сооружений, их элементов и оснований;
- применение конструктивных решений и материалов, повышающих сейсмостойкость сооружений;
- включение в проекты особо ответственных сооружений специального раздела о проведении в процессе эксплуатации сооружения мониторинга сейсмических процессов и реакции ГТС на их проявления;
- периодическое обследование состояния гидротехнических сооружений и их оснований, в том числе после каждого перенесенного землетрясения силой не менее 5 баллов.

5.3. При обосновании сейсмостойкости ГТС используются сейсмические воздействия двух уровней: проектное землетрясение (ПЗ) и максимальное расчетное землетрясение (МРЗ).

В качестве ПЗ принимается землетрясение повторяемостью $T_{повт}^{ПЗ}$ 1 раз в 100 лет, МРЗ – 1 раз в 10 000 лет.

Допускается по усмотрению Заказчика принимать значение $T_{повт}^{ПЗ}$ в диапазоне 100-500 лет.

При специальном обосновании допускается устанавливать $T_{повт}^{МРЗ}$ в диапазоне 5 000-10

000 лет.

ПЗ должно восприниматься гидротехническим сооружением без нарушения режима его нормальной эксплуатации. При этом допускаются остаточные смещения, трещины и иные повреждения, не препятствующие возможности ремонта сооружения в условиях его нормального функционирования.

МРЗ должно восприниматься без угрозы разрушения сооружения или прорыва напорного фронта. При этом допускаются любые повреждения ГТС и его основания.

5.4. Расчетная сейсмичность площадки ГТС устанавливается в общем случае по 3-х стадийной схеме: нормативная сейсмичность → исходная сейсмичность → расчетная сейсмичность.

Нормативная сейсмичность $I^{норм}$ – сейсмичность района ГТС для нормативных периодов повторяемости, определяется по картам общего сейсмического районирования (для территорий стран, использующих комплект карт ОСР-97, $I^{норм}$ определяется по карте А при расчетах ГТС на ПЗ и по карте С – при расчетах ГТС I и II классов на МРЗ), а также по соответствующим спискам населенных пунктов (Приложения №№ 1 и 2).

Исходная сейсмичность $I^{исх}$ площадки ГТС определяется методами детального сейсмического районирования (ДСР) или уточнения исходной сейсмичности (УИС). При этом составляется также сеймотектоническая модель района расположения объекта, включающая карту и характеристики основных зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ).

При отсутствии результатов соответствующих исследований на предварительных стадиях проектирования допускается принимать величину $I^{исх}$ равной величине $I^{норм}$, определяемой по картам общего сейсмического районирования.

В тех случаях, когда нормативная сейсмичность района на соответствующих картах ОСР превышает 9 баллов, исходная сейсмичность площадки строительства независимо от вида и класса гидротехнического сооружения должна определяться на основе ДСР или УИС.

Расчетная сейсмичность $I^{расч}$ площадки ГТС определяется инструментальными и расчетными методами сейсмического микрорайонирования (СМР).

При отсутствии соответствующих исследований на предварительных стадиях проектирования допускается величину $I^{расч}$ принимать по табл. 1.1 с использованием результатов инженерно-геологических изысканий на площадке строительства.

Как при сейсмическом микрорайонировании, так и при инженерно-геологических изысканиях глубина слоя исследования сейсмических свойств грунта должна определяться,

исходя из особенностей геологического строения площадки, но не менее 40 м от подошвы сооружения (для сооружений III и IV классов, не входящих в состав напорного фронта, - не менее 20 м).

Категория грунта и его физико-механические и сейсмические характеристики должны определяться с учетом возможных техногенных изменений свойств грунтов в процессе строительства и эксплуатации сооружения.

5.5. В тех случаях, когда расчетная сейсмичность площадки определяется методами СМР, дополнительно устанавливаются скоростные, частотные и резонансные характеристики грунта основания сооружения.

5.6. На период нахождения водохранилища в опорожненном состоянии (например, в строительный или ремонтный периоды) расчетную сейсмичность площадки водоподпорных сооружений, при соответствующем обосновании, допускается понижать на 1 балл.

5.7. Строительство гидротехнических сооружений на площадках с расчетной сейсмичностью 9 баллов при наличии грунтов III категории по сейсмическим свойствам требует специального обоснования.

Строительство гидротехнических сооружений на площадках с расчетной сейсмичностью более 9 баллов допускается только по согласованию с директивными органами страны при обязательном научно-техническом сопровождении научно-исследовательской организацией, определяемой этими органами.

5.8. Проектирование надводных зданий, крановых эстакад, опор ЛЭП и других сопутствующих объектов, входящих в состав гидроузлов, следует производить в соответствии с указаниями разделов 2, 3 настоящего СНиП; при этом расчетную сейсмичность площадки строительства следует принимать в соответствии с указаниями настоящего (5-го) раздела СНиП.

В случае размещения этих объектов, а также конструктивных элементов и технологического оборудования на гидротехнических сооружениях сейсмическое воздействие задается ускорением, действующим в соответствующей точке основного сооружения.

Учет сейсмических воздействий и определение их характеристик

5.9. Сейсмические воздействия учитываются в тех случаях, когда величина $I^{расч}$ составляет 7 баллов и более.

Сейсмические воздействия включаются в состав особых сочетаний нагрузок и воздействий.

5.10. Для водоподпорных и подземных ГТС I и II классов, а также морских нефтегазопромысловых сооружений расчетные сейсмические воздействия моделируются расчетными акселерограммами (РА), подбираемыми в зависимости от расположения и характеристик основных зон ВОЗ с учетом данных о скоростных, частотных и резонансных характеристиках грунтов, залегающих в основании сооружения, а также по трассе движения сейсмических волн от очага к объекту.

Подбор аналоговых и построение синтезированных акселерограмм производится с использованием следующих параметров землетрясения: пикового ускорения a_{Π} , общей длительности сейсмических колебаний, длительности фазы сейсмических колебаний с интенсивностью 0,5 (0,3) от пиковой, периода колебаний с пиковым ускорением, преобладающего периода колебаний с интенсивностью 0,5 (0,3) от пиковой.

Расчетные акселерограммы в общем случае задаются как трехкомпонентные.

5.11. Для остальных гидротехнических сооружений, не указанных в п.5.10, характеристикой расчетного сейсмического воздействия служит величина сейсмического ускорения основания, определяемая в соответствии с указаниями п. 5.33.

5.12. В расчетах ГТС и их оснований учитываются следующие сейсмические нагрузки:

– распределенные по объему сооружения и его основания (а также боковых засыпок и наносов) инерционные силы $\vec{P}_v(\vec{x}, t)$ интенсивностью:

$$\vec{P}_v(\vec{x}, t) = -\rho(\vec{x})\ddot{\vec{U}}(\vec{x}, t),$$

где $\rho(\vec{x})$ – плотность материала в точке наблюдения \vec{x} с координатами (в общем случае) x_1, x_2, x_3 по осям 1,2,3 соответственно, а $\ddot{\vec{U}}(\vec{x}, t)$ – вектор ускорения точки \vec{x} в момент времени t в абсолютном движении системы «сооружение-основание»;

– распределенное по поверхности контакта сооружения с водой гидродинамическое давление, вызванное инерционным влиянием колеблющейся с сооружением части жидкости;

– гидродинамическое давление, вызванное возникшими при землетрясении волнами на поверхности водоема.

В необходимых случаях учитываются взаимные подвижки блоков в основании сооружения, вызванные прохождением сейсмической волны.

Учитываются также возможные последствия таких связанных с землетрясениями явлений, как:

– смещения по тектоническим разломам;

- проседание грунта;
- обвалы и оползни;
- разжижение водонасыщенных или слабосвязных грунтов;
- текучесть глинистых тиксотропных грунтов.

Расчеты сооружений на сейсмические воздействия

5.13. Гидротехнические сооружения, в зависимости от вида и класса сооружения и уровня расчетного землетрясения (ПЗ или МРЗ), рассчитываются на сейсмические воздействия:

- а) прямым динамическим методом (ПДМ) с представлением сейсмического воздействия в виде набора записей сейсмического движения основания как функций времени;
- б) линейно-спектральным методом (ЛСМ).

Области применения методов расчета на сейсмические воздействия представлены в табл. 5.1.

П р и м е ч а н и е. Перечень сооружений I и II классов, относящихся к водоподпорным сооружениям, может быть расширен по усмотрению проектной организации за счет напорных трубопроводов большого диаметра и иных объектов, разрушение которых по своим последствиям идентично прорыву напорного фронта.

Таблица 5.1

Области применения методов расчета ГТС

Расчетное землетрясение	Класс сооружения		
	I – II	III – IV	I – IV
	Водоподпорные, подземные и морские нефтегазопромысловые сооружения	Водоподпорные и подземные сооружения	Остальные ГТС
ПЗ	ПДМ	ЛСМ	ЛСМ
МРЗ	ПДМ	—	—

5.14. Динамические деформационные и прочностные характеристики материалов сооружений и грунтов оснований при расчете сейсмостойкости ГТС следует определять экспериментально.

В случаях отсутствия соответствующих экспериментальных данных в расчетах ЛСМ допускается использовать корреляционные связи между величинами статического модуля общей деформации E_0 (или статического модуля упругости E_c) и динамического модуля уп-

ругости E_d . Допускается также использование статических прочностных характеристик материалов сооружения и грунтов основания с использованием при этом дополнительных коэффициентов условий работы, устанавливаемых нормами проектирования конкретных сооружений для учета влияния на эти характеристики кратковременных динамических воздействий.

5.15. При наличии в основании, боковой засыпке или теле гидротехнического сооружения водонасыщенных несвязных или слабосвязных грунтов следует выполнять исследования для оценки области и степени возможного разжижения этих грунтов при сейсмических воздействиях.

Следует также учитывать влияние возможных при сейсмических воздействиях других видов разуплотнений и разрушений грунта, в частности, текучесть тиксотропных глинистых грунтов.

5.16. Расчет сейсмостойкости сооружений на повторные сейсмические воздействия следует производить по вторичным схемам.

На предварительных стадиях проектирования (при отсутствии оценок вероятности возникновения значимых повторных толчков на площадке рассматриваемого гидроузла) допускается производить проверку сейсмостойкости при повторных землетрясениях с интенсивностью, уменьшенной по сравнению с интенсивностью расчетного землетрясения на 1 балл.

5.17. Для определения напряженно-деформированного состояния ГТС при сейсмических воздействиях следует применять расчетные схемы, как правило, соответствующие таковым для расчета сооружения на нагрузки и воздействия основного сочетания. При этом следует учитывать направление сейсмического воздействия относительно сооружения и пространственный характер колебаний сооружения при землетрясении.

Допускается для ряда сооружений использовать двумерные расчетные схемы: для гравитационных и грунтовых плотин в широких створах, подпорных стен и других массивных сооружений – расчеты по схеме плоской деформации; для арочных плотин и аналогичных им конструкций – расчеты при схематизации указанных сооружений оболочками средней толщины, а также пластинами, работающими в срединной плоскости как изгибаемые плиты.

В отдельных случаях при специальном обосновании допускается использовать также одномерные расчетные схемы, применяемые для конструкций стержневого типа.

В расчетах учитывается масса жидкости, находящейся во внутренних полостях и резервуарах сооружений.

5.18. Размеры расчетной области основания в совокупности с другими грунтовыми массивами должны назначаться таким образом, чтобы при увеличении этих размеров возможно было пренебречь дальнейшим уточнением результатов расчета. Размеры расчетной области, занятой грунтовыми массивами, должны позволить проявиться предельным состояниям, характерным как для сооружения, так и для грунтовых массивов.

Для сооружений, входящих в состав напорного фронта, расчетная область основания, как правило, по своей нижней границе должна иметь размеры не менее $5H$, а по глубине от подошвы сооружения – не менее $2H$, где H – характерный размер сооружения (для водоподпорных сооружений H – высота сооружения).

Для других видов гидротехнических сооружений размеры расчетной области основания принимаются проектными организациями на основе опыта проектирования подобных сооружений.

Примечание. Если на глубине менее $2H$ находятся породы, характеризующиеся скоростями распространения упругих сдвиговых волн не менее 1100 м/с, то допускается совместить подошву расчетной области основания с кровлей указанных пород.

5.19. На смоченных поверхностях сооружений следует учитывать их взаимодействие с водой при сейсмических колебаниях. Такой учет осуществляется путем решения связанной задачи гидроупругости для системы "сооружение-основание-водоем" или путем присоединения к массе сооружения, отнесенной к точке k на смоченной поверхности сооружения, соответствующей массы колеблющейся воды. Присоединенная масса воды определяется для каждой из компонент вектора смещений в принятой расчетной схеме сооружения.

Сейсмическое давление воды на сооружение допускается не учитывать, если глубина водоема у сооружения менее 10 м.

5.20. В расчетах прочности ГТС с учетом сейсмических воздействий в случае контакта боковых граней сооружения с грунтом (в том числе - наносами) следует учитывать влияние сейсмических воздействий на величину бокового давления грунта.

Конкретные методы определения бокового давления грунта при учете сейсмического воздействия в расчетах прочности сооружений принимаются проектными организациями с учетом особенностей конструкции сооружения и условий их эксплуатации.

5.21. Проверка устойчивости ГТС и их оснований с учетом сейсмических нагрузок должна производиться в соответствии с указаниями норм проектирования конкретных сооружений.

В тех случаях, когда по расчетной схеме при потере устойчивости сооружение сдвигается совместно с частью грунтового массива, в расчетах устойчивости сооружений и их

оснований следует учитывать грунтовые сейсмические силы в сдвигаемой части расчетной области основания. Избрание иных схем учета грунтовых сейсмических сил требует соответствующего обоснования.

Во всех случаях сдвигаемые грунтовые области (откосы сооружений из грунтовых материалов, грунтовые массивы, слагающие основание, склоны и засыпку подпорных стен, а также наносы) определяются из условия предельного равновесия этих областей с учетом всех нагрузок и воздействий особого сочетания, включающего сейсмические воздействия.

Конкретные методы определения предельного состояния сдвигаемых грунтовых массивов, в том числе и в случае нахождения бокового давления грунта при сдвиге, принимаются проектными организациями с учетом особенностей конструкций и условий эксплуатации сооружений.

Примечание. Если грунтовые массивы примыкают к боковым граням сооружения с двух сторон, то в расчетах устойчивости следует принимать, что сейсмические силы в обоих грунтовых массивах действуют в одном направлении и тем самым увеличивают общее давление грунта на одну из боковых граней сооружения и одновременно уменьшают давление на противоположную грань.

5.22. В тех случаях, когда прогнозируется отложение у верховой грани сооружения наносов, следует учитывать влияние этих наносов в расчетах прочности и устойчивости сооружения при сейсмических воздействиях.

Особое внимание должно обращаться на установление возможности разжижения грунтов наносов при сейсмических воздействиях и размеров зоны этого явления.

5.23. В створе сооружения, в зоне водохранилища и нижнем бьефе подлежат проверке на устойчивость участки береговых склонов, потенциально опасные в отношении возможности обрушения при землетрясениях больших масс горных пород и отдельных скальных массивов, результатом чего могут быть повреждения основных сооружений гидроузла, образование волн перелива и затопление населенных пунктов или промышленных предприятий, разного рода нарушения нормальной эксплуатации гидротехнического сооружения.

Для береговых склонов "назначенный срок службы" принимается равным максимальному для сооружений данного гидроузла.

5.24. В расчетах устойчивости гидротехнических сооружений, их оснований и береговых склонов следует учитывать возникающие под влиянием сейсмических воздействий дополнительное (динамическое) поровое давление, а также изменения деформационных, прочностных и других характеристик грунта в соответствии с п. 5.15.

5.25. Высоту гравитационной волны Δh , м, учитываемую при назначении превышения гребня плотины над расчетным горизонтом воды, в случае возможности сейсмотектони-

ческих деформаций (подвижек) дна водохранилища при землетрясениях интенсивностью $I = 6 \div 9$ баллов, следует определять по формуле:

$$\Delta h = 0,4 + 0,76(I - 6) \quad (1)$$

Прямой динамический метод

5.26. Сейсмическое ускорение основания задается расчетной акселерограммой землетрясения, представляющей собой в общем случае трехкомпонентную ($j = 1, 2, 3$) функцию времени $\ddot{U}_0(t)$. При этом смещения (деформации, напряжения и усилия) определяются на всем временном интервале сейсмического воздействия на сооружение.

Расчетные акселерограммы, в дополнение к параметру a_{II} , должны соответствовать также всем остальным параметрам, характеризующим расчетное сейсмическое воздействие и указанным в п. 5.10.

Если имеющихся сейсмологических данных недостаточно для установления пиковых значений расчетных ускорений a_{II} , то на предварительной стадии проектирования допускается принимать, что значение a_{II} определяется в соответствии с указаниями п. 5.33.

П р и м е ч а н и е. В качестве исходного сейсмического воздействия могут задаваться как акселерограммы, так и велосигаммы либо сейсмограммы.

5.27. Расчет на ПЗ производится, как правило, с применением линейного временного динамического анализа, а на МРЗ – нелинейного или линейного временного динамического анализа.

Временной динамический анализ (линейный и нелинейный) производится с применением пошагового интегрирования дифференциальных уравнений; линейный динамический анализ допускается выполнять также методом разложения решения в ряд по формам собственных колебаний.

5.28. Значения максимального пикового ускорения в основании сооружения

$$a_{II} = \text{Max} \left| \ddot{U}_0(t) \right|, \quad (2)$$

должны быть не меньше ускорений, определяемых при соответствующей расчетной сейсмичности по картам сейсмического зонирования территории страны или с использованием карт общего сейсмического районирования по указаниям п. 5.33.

5.29. Для каждой из компонент вектора смещения в принятой расчетной схеме сейсмические воздействия определяются в виде акселерограмм, полученных по компонентам РА (с учетом их пространственной ориентации). Расчет производится на совместное дейст-

вие учитываемых компонент РА. При этом вычисленные величины (смещения, деформации, напряжения, усилия), характеризующие состояние сооружения при его колебаниях по каждой компоненте вектора смещения в принятой расчетной схеме, суммируются алгебраически во все моменты времени расчетного периода.

5.30. Число форм собственных колебаний q , учитываемых в расчетах с использованием разложения решения по указанным формам, выбирается таким образом, чтобы выполнялись условия:

$$\omega_q \geq 3\omega_1 \quad (3)$$

$$\omega_q \geq 2\omega_c \quad (4)$$

где ω_q – частота последней учитываемой формы собственных колебаний;

ω_1 – минимальная частота собственных колебаний;

ω_c – частота, соответствующая пиковому значению на спектре действия расчетной акселерограммы. При этом число используемых форм колебаний должно составлять не менее 25.

5.31. При выполнении динамического анализа сейсмостойкости следует использовать значения параметров затухания ζ , установленные на основе динамических исследований поведения сооружений при сейсмических воздействиях.

При отсутствии экспериментальных данных о реальных величинах параметров затухания в расчетах сейсмостойкости допускается применять параметры затухания ζ со значениями, не превышающими:

0,05 – для бетонных и железобетонных сооружений;

0,15 – для сооружений из грунтовых материалов;

0,08 – для скальных пород оснований;

0,12 – для полускальных и нескальных грунтов оснований.

5.32 Напряженно-деформированное состояние подземных сооружений следует определять исходя из единого динамического расчета системы, включающей вмещающую подземное сооружение грунтовую среду и само сооружение.

В расчетах подземных сооружений типа гидротехнических туннелей следует учитывать сейсмическое давление воды.

Линейно-спектральный метод

5.33. В расчетах сооружений ЛСМ материалы сооружения и основания считаются

линейно-упругими.

Сейсмическое ускорение основания задается постоянной во времени векторной величиной, модуль которой определяется по формуле:

$$\left| \ddot{U}_0 \right| = k_A \cdot g \cdot A, \quad (5)$$

где A – расчетная амплитуда ускорения основания (в долях g), определенная с учетом реальных грунтовых условий на площадке строительства для землетрясений с периодом повторяемости $T_{повт}^{норм}$, принятым в национальных нормах; для стран, использующих комплект карт ОСР-97, значения A даны в табл. 5.2;

k_A – коэффициент, учитывающий вероятность сейсмического события за назначенный срок службы сооружения $T_{сл}$, а также переход от нормативного периода повторяемости $T_{повт}^{норм}$ к периоду повторяемости, принятому для ПЗ или МРЗ в соответствии с указаниями п. 5.3; для стран, использующих комплект карт ОСР-97, значения k_A , соответствующие нормативным периодам повторяемости 500 (карта А) и 5 000 (карта С) лет, приведены в табл. 5.3;

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ мс}^{-2}$).

Таблица 5.2

Значения расчетной амплитуды A (в долях g)

Категория грунта	$I_{исх}$, баллы									
	6		7		8		9		10	
	$I_{расч}$, баллы	A	$I_{расч}$, баллы	A	$I_{расч}$, баллы	A	$I_{расч}$, баллы	A	$I_{расч}$, баллы	A
I	–	–	–	–	7	0,12	8	0,24	9	0,48
I-II	–	–	7	0,08	8	0,16	9	0,32	–	–
II	–	–	7	0,10	8	0,20	9	0,40	–	–
II-III	7	0,06	8	0,13	9	0,25	–	–	–	–
III	7	0,08	8	0,16	9	0,32	–	–	–	–

Таблица 5.3

Значения коэффициента k_A

Назначенный срок службы $T_{сл}$, годы	$T_{повт}^{пз}$, ГОДЫ					$T_{повт}^{мрз}$, ГОДЫ	
	100	200	300	400	500	5000	10000
10	0,55	0,60	0,65	0,68	0,70	0,70	0,80
20	0,63	0,70	0,74	0,78	0,80	0,80	0,90
50	0,70	0,78	0,83	0,87	0,90	0,90	1,00
100 и более	0,80	0,87	0,93	0,97	1,00	1,00	1,10

5.34 В тех случаях, когда при расчете сейсмостойкости сооружения система «сооружение-основание» разбита на отдельные дискретные объемы, то в качестве сейсмических нагрузок используются узловые инерционные силы \vec{P}_{ik} , действующие на элемент системы, отнесенный к узлу k , при i -ой форме собственных колебаний.

В общем случае значения компонент узловых сил P_{ijk} по трем ($j = 1, 2, 3$) взаимно ортогональным направлениям определяются по формуле:

$$P_{ijk} = k_f k_\psi m_k \ddot{U}_0 \beta_i \eta_{ikj}, \quad (6)$$

где: k_f – коэффициент, отражающий степень недопустимости в сооружении повреждений;

k_ψ – коэффициент, учитывающий демпфирующие свойства конструкций;

m_k – масса элемента сооружения, отнесенного к узлу k (с учетом присоединенной массы воды);

\ddot{U}_0 – сейсмическое ускорение основания;

$\beta(T_i)$ (или β_i) – коэффициент динамичности, соответствующий периоду собственных колебаний сооружения T_i по i -й форме колебаний;

η_{ikj} – коэффициент формы собственных колебаний сооружения по i -й форме колебаний:

$$\eta_{ikj} = U_{ikj} \frac{\sum_k m_k \sum_{j=1}^3 U_{ikj} \cos(U_{ikj}, \ddot{U}_0)}{\sum_k m_k \sum_{j=1}^3 U_{ikj}^2}; \quad (7)$$

где U_{ikj} – проекции по направлениям j смещений узла k по i -й форме собственных колебаний сооружения;

$\cos(U_{ikj}, \ddot{U}_0)$ – косинусы углов между направлениями вектора \ddot{U}_0 сейсмического воздействия и перемещениями U_{ikj} .

П р и м е ч а н и е. Указанные в пункте коэффициенты следует учитывать аналогичным образом в расчетах по методикам, позволяющим определять смещения, деформации, напряжения и усилия, возникающие в сооружении под влиянием сейсмического воздействия, без предварительного нахождения сейсмических нагрузок.

5.35. Для всех гидротехнических сооружений k_f принимается равным 0,45.

Для водоподпорных сооружений значение коэффициента k_ψ принимается: 0,9 – для бетонных и железобетонных сооружений; 0,7 – для сооружений из грунтовых материалов.

Для других видов гидротехнических сооружений значения коэффициента k_ψ допускается принимать на основе опыта проектирования этих сооружений с учетом сейсмических воздействий.

5.36. Значения коэффициента динамичности $\beta(T_i)$ определяются по зависимостям (8–10) или по графикам на рисунке 2.2:

$$\beta(T_i) = 1 + \frac{T_i}{T_1}(\beta_0 - 1), \quad 0 < T_i \leq T_1; \quad (8)$$

$$\beta(T_i) = \beta_0, \quad T_1 < T_i \leq T_2; \quad (9)$$

$$\beta(T_i) = \beta_0 \left(\frac{T_2}{T_i} \right)^{0,667}, \quad T_2 < T_i, \quad (10)$$

где β_0 , T_1 , T_2 – параметры, значения которых даны в таблице 5.4.

П р и м е ч а н и я:

1. Значения произведения $k_\psi \beta_i$ должны составлять не менее 0.80.
2. В дополнение к расчетам, выполненным с применением указанных функций $\beta(T_i)$, допускается производить расчеты, в которых используются спектры действия однокомпонентных расчетных акселерограмм, вычисленные при регламентируемых в п.5.31 значениях параметров затухания колебаний.

Таблица 5.4

Значения параметров β_0, T_1, T_2

Категория грунтов по сейсмическим свойствам	β_0	T_1	T_2
I	2,5	0,10	0,375
I - II и II	2,5	0,15	0,611
II - III и III	2,5	0,20	0,882

5.37. Направление сейсмического воздействия \ddot{U}_0 при расчетах ЛСМ должно выбираться таким образом, чтобы воздействие оказалось наиболее опасным для сооружения.

При этом водоподпорные ГТС следует рассчитывать на сейсмические воздействия, в которых вектор \ddot{U}_0 принадлежит вертикальной плоскости, нормальной к продольной оси сооружения, а контрфорсные и арочные плотины – также и на воздействия, у которых вектор \ddot{U}_0 лежит в одной плоскости с продольной осью сооружения.

При отсутствии данных о соотношении горизонтальной и вертикальной компонент сейсмического воздействия допускается рассматривать два значения угла между вектором \ddot{U}_0 и горизонтальной плоскостью: 0 и 30°.

Протяженные туннели допускается рассчитывать на сейсмическое воздействие в плоскости, нормальной к оси туннеля.

Отдельно стоящие гидротехнические сооружения, схематизируемые стержнями, рассчитываются на горизонтальные сейсмические воздействия в плоскостях наибольшей и наименьшей жесткости.

3.38. Допускается выполнять расчеты с числом учитываемых форм собственных колебаний:

- в расчетах по одномерной (консольной) схеме – не менее 3-4;
- в расчетах по двумерным схемам – не менее 10-15 для бетонных сооружений и 15-18 для сооружений из грунтовых материалов.

Число форм, принимаемых в расчетах с трехмерными схемами, устанавливается в каждом конкретном случае, но не менее 20 форм для бетонных сооружений и 25 – для сооружений из грунтовых материалов.

5.39. Расчетные значения возникающих в сооружении смещений (деформаций, напряжений и усилий) с учетом всех учитываемых в расчете форм собственных колебаний со-

оружений следует определять по формуле:

$$W = \sqrt{\sum_{i=1}^q W_i^2}, \quad (11)$$

где W – обобщенное значение расчетных смещений (деформаций, напряжений или усилий), возникших в рассматриваемых точках или сечениях под влиянием сейсмических воздействий;

W_i – обобщенное значение смещений (деформаций, напряжений или усилий), возникших в рассматриваемых точках или сечениях под влиянием сейсмических нагрузок (сил), соответствующих i -й форме собственных колебаний;

q – число учитываемых в расчетах форм собственных колебаний.

5.40. В расчетах подземных сооружений следует учитывать отдельно:

- а) сейсмическое давление грунта, вызванное прохождением в грунтовой среде сейсмических волн сжатия-растяжения и сдвига;
- б) инерционные сейсмические нагрузки от массы конструкции подземного сооружения и массы породного свода.

Мероприятия по повышению сейсмостойкости гидротехнических сооружений

5.41. При необходимости размещения сооружений на участке тектонического разлома основные сооружения гидроузла (плотины, здания ГЭС, водосбросы) следует размещать на едином структурно-тектоническом блоке, в пределах которого исключена возможность взаимных подвижек частей сооружения.

При невозможности исключения взаимных подвижек частей сооружения в проекте должны быть разработаны специальные конструктивные мероприятия, позволяющие воспринять дифференцированные подвижки без ущерба для безопасности сооружения.

5.42. Строительство водоподпорных и других сооружений, входящих в состав напорного фронта, на оползнеопасных участках допускается только при осуществлении мероприятий, исключающих образование оползневых деформаций в основании сооружения и береговых склонах в створе сооружения.

5.43. При возможности нарушения устойчивости сооружения, а также развития чрезмерных деформаций в теле сооружения и в основании вследствие разжижения и других деструктивных изменений состояния грунтов в основании или теле сооружения под влиянием сейсмических воздействий следует предусматривать искусственное уплотнение или укреп-

пление этих грунтов.

5.44. Для каменно-земляных плотин в сейсмических районах с верховой стороны ядер и экранов следует предусматривать устройство фильтров (переходных слоев), при этом подбор состава первого слоя фильтра должен обеспечивать кольматацию (самозалечивание) трещин, которые могут образоваться в противофильтрационном элементе при землетрясении.

5.45. Верховые водонасыщенные призмы плотин из грунтовых материалов следует проектировать из крупнозернистых грунтов с повышенными коэффициентами неоднородности и фильтрации (каменная наброска, гравелистые, галечниковые грунты и др.), которые обладают существенно ограниченной способностью к разжижению при сейсмических воздействиях. При необходимости уменьшения объема крупнозернистого материала в теле верховой призмы допускается введение горизонтальных слоев из крупнозернистых (крупнообломочных) сильнодренирующих материалов.

Примечание. Указания данного пункта не распространяются на гидротехнические сооружения из грунтовых материалов с экраном.

5.46. С целью повышения устойчивости верховой упорной призмы плотин из грунтовых материалов с ядрами или диафрагмами при сейсмических воздействиях надлежит разрабатывать мероприятия, обеспечивающие снижение избыточного порового давления в грунтах, в частности, максимальное уплотнение несвязных грунтов, крепление откосов каменной наброской, устройство дополнительных дренирующих слоев и т.д.

5.47. При проектировании плотин и других водоподпорных сооружений в сейсмических районах повышение их сейсмостойкости следует производить с помощью одного (или нескольких) мероприятий из нижеследующего перечня, осуществляя выбор на основании их технико-экономического сопоставления:

-) уширение поперечного профиля плотины;
-) облегчение верхней части сооружений за счет применения оголовков минимального веса, устройства верхней части сооружения в виде стенки, контрфорсной или рамной конструкции, выполнения полостей в пригребневой зоне сооружения и т. д.;
-) заглубление подошвы сооружения до скальных пород;
-) укрепление основания, сложенного нескальными грунтами, путем инъецирования этих грунтов;
-) обжатие бетона у верховой грани бетонных плотин с помощью напрягаемых анкеров;
-) защита напорной грани плотины из грунтовых материалов водонепроницаемым экраном;

-) использование для массивных гравитационных плотин клиновой («токтогульской») разрезки сооружения на секции;
-) применение пространственно работающих массивных гравитационных плотин;
-) устройство периметрального шва для арочных плотин;
-) использование сдвоенных контрфорсов, либо размещение распорных балок между контрфорсами для контрфорсной плотины;
-) создание перед бетонной плотиной стационарной воздушной подушки, снижающей интенсивность гидродинамического давления на колеблющееся сооружение;
-) устройство антисейсмических поясов;
-) использование «армированного грунта» для возведения земляных плотин.

5.48. Для повышения сейсмостойкости эксплуатируемых плотин, имеющих дефицит сейсмостойкости, следует рассматривать мероприятия «а, б, д, к, л» из перечня, приведенного в п.5.47, а также инъекцию упорных призм грунтовых плотин цементными или иными растворами.

5.49. Портовые оградительные сооружения (молы, волноломы) при расчетной сейсмичности площадки 8 и 9 баллов следует возводить из наброски камня, обыкновенных и фасонных массивов или массивов-гигантов. Углы наклона откосов этих сооружений при сейсмичности 8 и 9 баллов следует уменьшать соответственно не менее чем на 10 и 20% относительно допускаемых в несейсмических районах.

При проектировании ограждающего сооружения следует рассматривать целесообразность принятия (на основании технико-экономического сопоставления) перечисленных ниже конструктивных решений, повышающих сейсмостойкость указанных сооружений:

- а) размещение этих сооружений на основаниях, сложенных более прочными грунтами;
- б) возведение сооружений из массивов-гигантов;
- в) уширение подошвы и придание поперечным сечениям этих сооружений симметричного (относительно вертикальной продольной плоскости) профиля;
- г) разрезка протяженных сооружений антисейсмическими швами на участки, в пределах которых конструкция сооружения, грунтовые условия, глубины, нагрузки и другие подобные факторы практически не претерпевают изменений.

5.50. Причалные сооружения и набережные следует, как правило, возводить в виде конструкций, не подверженных одностороннему давлению грунта (сооружения эстакадного типа, мостового типа с гравитационными бычками и др.). При невозможности выполнения этого условия предпочтение следует отдавать заанкеренным шпунтовым стенкам при не скальных основаниях и стенкам из массивов-гигантов при скальных основаниях.

Для повышения сейсмостойкости причалов и набережных типа сборных гравитационных стен следует, как правило, укрупнять размеры сборных элементов, а омоноличивание конструкций выполнять со сваркой выпусков арматуры или стальных закладных деталей. При расчетной сейсмичности строительной площадки, не превышающей 8 баллов, допускается применение сборных гравитационных стен в виде кладки из элементов типа обыкновенных массивов с выполнением конструктивных мероприятий для создания условий совместной работы этих элементов.

5.51. Для причалов и набережных эстакадного типа в качестве опор следует применять сваи в виде стальных труб, коробок из шпунта, предварительно напряженных центрифугированных железобетонных оболочек; применение призматических железобетонных свай не рекомендуется.

Горизонтальную жесткость эстакад при необходимости следует обеспечивать применением наклонных свай или введением в рамы диагональных связей.

Целесообразность соединения между собой отдельных секций причалов и набережных эстакадного типа специальными связями в цепочки секций устанавливается по результатам расчетов на основное сочетание нагрузок с учетом сил навала судов и на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий. Конструкция связей между секциями должна исключать возможность хрупкого разрушения этих связей при сейсмических колебаниях сооружения.

5.52. Для повышения сейсмостойкости причалов и набережных типа заанкеренных шпунтовых стен целесообразно в качестве анкерных опор использовать свайные ростверки; в случаях применения в качестве опор анкерных плит или анкерных стенок следует предусматривать меры по тщательному уплотнению грунта перед этими конструкциями, а при необходимости – устройство плотных ядер из крупнообломочных грунтов.

При расчетной сейсмичности площадки строительства более 7 баллов следует применять конструкции, исключаящие защемление анкерных тяг на опорах при значительных деформациях лицевых шпунтовых стен при землетрясении; рекомендуется применять компенсаторы для выравнивания усилий в тягах и лицевых шпунтовых стенах и предупреждения перегрузки этих элементов.

Подкрановые пути за шпунтовыми стенами следует устраивать на свайных фундаментах.

5.53. При возведении причалов и набережных типа заанкеренных шпунтовых стен или гравитационных подпорных стен из массивов-гигантов или сборных элементов должна быть обеспечена такая плотность обратной засыпки, при которой исключаются значительные

осадки территории причалов или набережных при землетрясениях.

Устройство обратной засыпки из мелкого песка путем намыва допускается только при специальном обосновании.

Геодинамический мониторинг гидротехнических сооружений

5.54. В проектах водоподпорных сооружений I и II классов при расчетной сейсмичности площадки строительства для ПЗ 7 баллов и выше, а также при возможности опасных проявлений других геодинамических процессов (современных тектонических движений, оползней, резких изменений напряженно-деформированного состояния или гидрогеологического режима верхних частей вмещающей геологической среды и др.), следует предусматривать создание комплексной системы геодинамического мониторинга, включающей:

- сейсмологический мониторинг за естественными и техногенными землетрясениями на участке плотины и в зоне водохранилища;
- инженерно-сейсмометрический мониторинг на сооружениях и береговых примыканиях;
- геофизический мониторинг физико-механических свойств и напряженно-деформированного состояния сооружения и основания, а также района расположения гидроузла;
- геодезический мониторинг деформационных процессов, происходящих в сооружении и основании, а также земной поверхности в районе водохранилища;
- тестовые динамические испытания сооружения;
- проведение поверочных расчетов сейсмостойкости и оценка сейсмического риска в случае изменения сейсмических условий площадки строительства, свойств основания и сооружения во время эксплуатации;
- систему регламентных мероприятий персонала действующего гидротехнического сооружения по предотвращению либо снижению негативного влияния опасных геодинамических процессов и явлений в период эксплуатации.

Конкретные составы и методы наблюдений и исследований определяются специализированной проектной или исследовательской организацией.

Геодинамический мониторинг проводится комплексно и охватывает период от начала строительства до конца эксплуатации ГТС.

5.55. Все ГТС независимо от их назначения, класса, конструкции и материала изготовления должны подвергаться обследованию после каждого сейсмического воздействия интенсивностью 5 баллов и выше. При этом должны быть оперативно проанализированы пока-

зания всех видов КИА, установленной в сооружении, а также проведен осмотр сооружения. На основании установленных фактов проводится экспертная и расчетная оценка прочности, устойчивости и эксплуатационных качеств сооружения.

Раздел 6. ВОССТАНОВЛЕНИЕ, УСИЛЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЙ

6.1. Требования настоящего раздела распространяются на здания и сооружения

- 1) получившие повреждения во время землетрясения (Приложение № 10);
- 2) возведённые без соответствующих антисейсмических мероприятий или при их недостаточности;
- 3) расположенные в районах, уровень сейсмичности которых повышен вследствие принятия новых карт сейсмического районирования;
- 4) реконструируемые объекты.

6.2. При выборе способов усиления несейсмостойких жилых, общественных и промышленных зданий необходимо руководствоваться общими принципами проектирования сооружений для сейсмических районов, изложенными в настоящих нормах. Элементы здания с недостаточной несущей способностью выявляются расчетом. При разработке проекта усиления, вне зависимости от результатов расчёта, следует учитывать конструктивные требования, изложенные в 3-ем разделе норм.

6.3. В случаях, когда полное выполнение конструктивных требований норм невозможно, или их выполнение приводит к экономической нецелесообразности усиления, допускается реализация обоснованных расчетом технических решений усиления здания при неполном соответствии требованиям норм с их согласованием в установленном порядке.

6.4. Решения о восстановлении или усилении зданий должны приниматься с учетом их физического и морального износа и социально-экономической целесообразности мероприятий по восстановлению или усилению.

6.5. Проект повышения сейсмостойкости зданий и сооружений следует разрабатывать на основе проектной документации и материалов детального натурного обследования основания и конструктивных элементов здания.

6.6. Уровень восстановления назначается заказчиком в зависимости от ответственности здания и его функционального назначения, а также на основании результатов обследования и указываются в задании на проектирование (Приложение № 10)

6.7. В проекте следует использовать, как правило, следующие технические мероприятия:

- изменение объёмно-планировочных решений путём разделения зданий сложных конструктивных схем на отсеки простой формы антисейсмическими швами, разборки верхних этажей здания, устройства дополнительных элементов жесткости для обеспечения симмет-

ричного расположения жесткостей в пределах отсека и уменьшения расстояния между ними;

- усиление стен, рам, вертикальных связей для обеспечения восприятия усилий от статических и от расчетных сейсмических воздействий;
- увеличение жесткости дисков перекрытия, надёжности соединения их элементов, устройством или усилением антисейсмических поясов;
- обеспечение связей между стенами различных направлений, между стенами и перекрытиями;
- усиления элементов соединения сборных конструкций стен;
- изменение конструктивной схемы здания, в том числе путем введения системы дополнительных конструктивных элементов;
- снижение массы здания;
- использование сейсмоизоляции, пассивного демпфирования и других методов регулирования сейсмической реакции;
- изменение функционального назначения здания (снижение уровня ответственности).

6.8. При использовании принципиально новых конструктивных решений усиления или восстановления зданий и других сооружений разработка проекта должна производиться при научном сопровождении и с участием специализированной научно-исследовательской организации.

6.9. Восстановленные, усиленные и реконструируемые объекты подлежат обязательной приёмке в установленном для обычных объектов порядке с обязательным составлением технических паспортов.

ПРИЛОЖЕНИЯ

***Списки населенных пунктов,
расположенных в сейсмически опасных районах страны***

Приложение №2

***Карты общего сейсмического районирования
или карты сейсмического зонирования страны***

Средние значения скоростей распространения поперечных волн V_s^{cp} и преобладающих периодов T_0 по основному тону колебаний грунтов для различных категорий грунта (по табл. 1.1)

Категория грунтов в пределах 30-метрового слоя от планировочной отметки	Средняя скорость V_s^{cp} распространения поперечных волн для 30-метрового неоднородного слоя, м/сек	Преобладающий период T_0 для 30-метрового неоднородного слоя, сек
I	$V_s^{cp} > 650$	$T_0 < 0,4$
II	$350 < V_s^{cp} \leq 650$	$0,4 \leq T_0 < 0,7$
III	$180 < V_s^{cp} \leq 350$	$0,7 \leq T_0 < 1,0$
IV	$V_s^{cp} \leq 180$ по результатам специальных исследований	

Значения преобладающего периода колебаний T_0 неоднородных грунтовых оснований, если характеристики различных слоев мало отличаются друг от друга

$$T_0 = 4H \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n \rho_k \left[H_k + \frac{H}{\pi} \left(\sin \frac{\pi h_k}{H} - \sin \frac{\pi h_{k-1}}{H} \right) \right]}{\sum_{k=1}^n G_k \left[H_k - \frac{H}{\pi} \left(\sin \frac{\pi h_k}{H} - \sin \frac{\pi h_{k-1}}{H} \right) \right]}} \quad \text{или}$$

$$T_0 = \frac{4H}{V_s^{cp}}, \quad V_s^{cp} = \frac{\sum_{k=1}^n H_k}{\sum_{k=1}^n \frac{H_k}{V_{sk}}}$$

где H – общая мощность неоднородной многослойной поверхности толщи (до коренных пород с $V_s > 800$ м/сек, H_k , ρ_k , G_k , $V_{sk} = \sqrt{G_k / \rho_k}$ – соответственно мощность, плотность, модуль сдвига и скорость распространения поперечных волн k -ого слоя, $h_k = \sum_{i=1}^k H_i$ ($h_0 = 0$, $h_n = H$), n – число слоев. За расчетное значение T_0 принимается наибольшее из двух значений.

Особенности формирования моделей сооружений и сейсмического воздействия

1. Расчетные модели сооружения

1.1. В расчетах на сейсмические воздействия на разных стадиях расчета следует использовать следующие модели сооружения:

- расчетная статическая модель (РСМ);
- расчетная динамическая модель (РДМ).

1.2. **Расчетная статическая модель (РСМ)** сооружения – безинерционная упругая система, сформированная из любого типа упругих (линейных или нелинейных) элементов и моделирующая жесткость несущих конструкций сооружения.

РСМ служит для решения статических задач при определении жесткостных характеристик сооружения для построения матриц жесткостей (или податливости), а также для расчета поперечных сечений металлических конструкций и т.п. задач.

Расчетная динамическая модель (РДМ) – упругая (линейная или нелинейная) система, содержащая инерционные элементы.

РДМ служит для решения задач динамики сооружения при определении сейсмической нагрузки (сил и моментов) или перемещений и углов поворота.

1.3. Дискретно расположенные в РДМ массы, как правило, могут быть представлены:

- материальной точкой, которая может иметь не более трех степеней свободы и характеризуется величиной массы m_k ;
- твердым диском, имеющим три степени свободы и учитывающим геометрию распределения масс и упругих связей в плоскости диска. Диск движется в своей плоскости и характеризуется величиной массы m_k и центральным осевым моментом инерции Θ_k относительно оси, перпендикулярной к плоскости диска.

П р и м е ч а н и е. Переход от РСМ к РДМ и обратно при расчетах выполняется с помощью ряда специальных процедур. В одном пределе РДМ является геометрическим аналогом РСМ, а в другом пределе РДМ – консоль с точечными массами. Выбор РСМ, РДМ и процедур их обработки и взаимосвязи между ними является одной группой инструментария расчета.

2. Расчетные модели сейсмического воздействия

2.1. Расчетная модель воздействия (РМВ) – математическое описание сейсмического воздействия в форме, требуемой для расчета сооружения. РМВ должна быть определена в той же области пространства, в которой определена РДМ.

2.2. Для РДМ в виде консоли с точечными сосредоточенными массами РМВ следует принимать ускорение поступательного движения грунта в точке заделки консоли.

2.3. Для пространственных РДМ в качестве РМВ принимается поле сейсмического движения грунта основания, в зависимости от способа описания которого следует использовать следующие разновидности РМВ:

а. **Дифференцированная РМВ** – модель, когда для каждой точки грунтового основания сооружения задается вектор ускорения (скорости или перемещения). Соотношения между этими векторами нормируются параметрами соответствующего волнового поля сейсмического движения грунта в основании сооружения.

б. **Интегральная РМВ** – модель, когда в пределах массива грунтового основания сооружения выполнено осреднение и движение массива в пространстве как единого целого определяется:

- вектором ускорения поступательного движения $\ddot{X}_o = |\ddot{X}_{io}(t)|, (i = 1, 2, 3);$
- вектором углового ускорения вращения (ротации) $\ddot{\alpha}_o = |\ddot{\alpha}_{io}(t)|, (i = 1, 2, 3);$

П р и м е ч а н и е. Векторы моделей сейсмического воздействия являются случайными как во времени, так и в пространстве и определяются соответствующими параметрами.

2.4. В качестве **параметров сейсмического воздействия** следует принимать:

- инвариантную (независимую от ориентации в пространстве) интенсивность векторов воздействия, в качестве которой принимаются их модули;
- ориентацию векторов воздействия в пространстве, которая определяется их направляющими косинусами с соответствующими условиями нормировки;
- спектральный состав, описывающий изменение во времени как интенсивности, так и ориентации в пространстве векторов сейсмического воздействия.

2.5. Интенсивность угловых ускорений ротации $w = \frac{|\ddot{\alpha}_o|}{|\ddot{X}_o|}$, следует принимать рав-

ной $2 \cdot 10^{-2}$; $6 \cdot 10^{-2}$; $9 \cdot 10^{-2}$ для грунтов соответственно I, II и III категорий по сейсмическим свойствам.

3. Расчет сооружений на сейсмические воздействия с учетом пространственных моделей сейсмического воздействия

3.1. Расчет сооружения на сейсмические воздействия – процедура формирования расчетных моделей, их описание (определение их параметров) и процедура взаимосвязи между этими моделями (описание переходов от одной модели к другой). Общая схема этих процедур имеет вид:

$$\text{PCM} \Rightarrow \Leftarrow \text{PDM} \Rightarrow \Leftarrow \text{PMB}$$

Число циклов перехода от одной модели к другой определяется принятым методом расчета. Для спектральных методов расчета этот цикл выполняется один раз. Для динамического расчета во времени с целью определения развития пластических деформаций, их накопления этот цикл выполняется при каждом контроле развития пластических деформаций.

3.2. Расчет сооружений на сейсмические воздействия следует выполнять согласно указаниям раздела 2 СНиП РФ.

3.3. При определении крутильной сейсмической нагрузки (сейсмического момента) согласно п. 2.11. норм значение коэффициента формы колебаний следует определять по формулам:

$$\eta_{jik} = X_{jik}(x_{jk}) \cdot \eta_i, \quad \bar{\eta}_{jik} = \alpha_{jik}(x_{jk}) \cdot \eta_i \quad (1)$$

где: $X_{jik}(x_{jk})$ и $\alpha_{jik}(x_{jk})$ - перемещения и углы поворота k -ой ($k = 1, 2, \dots, n$) массы по j -ому ($j = 1, 2, 3$) направлению при i -ой форме колебаний, (см. рис. 1.B);

$$\eta_i = \frac{\sum_{p=1}^n \sum_{j=1}^3 \left\{ Q_p X_{jip}(x_{jp}) \cdot \left[V_{\ddot{X}_{j0}} + w(B) E_{jmn} (x_{mp} V_{\ddot{\alpha}_{n0}} - x_{np} V_{\ddot{\alpha}_{m0}}) \right] + w(B) g \Theta_{jp} \alpha_{jip}(x_{jp}) V_{\ddot{\alpha}_{j0}} \right\}}{\sum_{p=1}^n \sum_{j=1}^3 \left\{ Q_p X_{jip}^2(x_{jp}) + g \Theta_{jp} \alpha_{jip}^2(x_{jp}) \right\}} \quad (2)$$

Здесь: E_{jmn} - символы, определяющие расстановку компонент следующим образом 1, 2, 3 - для $j = 1; 2, 3, 1$ - для $j = 2; 3, 1, 2$ для $j = 3$; x_{jp} ($j = 1, 2, 3, p = 1, 2, \dots, n$) - координаты p -ой массы в осях основания сооружения; $V_{\ddot{X}_{j0}}$ и $V_{\ddot{\alpha}_{j0}}$ ($j = 1, 2, 3$) направляющие косинусы векторов ускорения поступательного движения и вращения грунтового основания (см. рис. 1.B), удовлетворяющие следующим условиям нормировки:

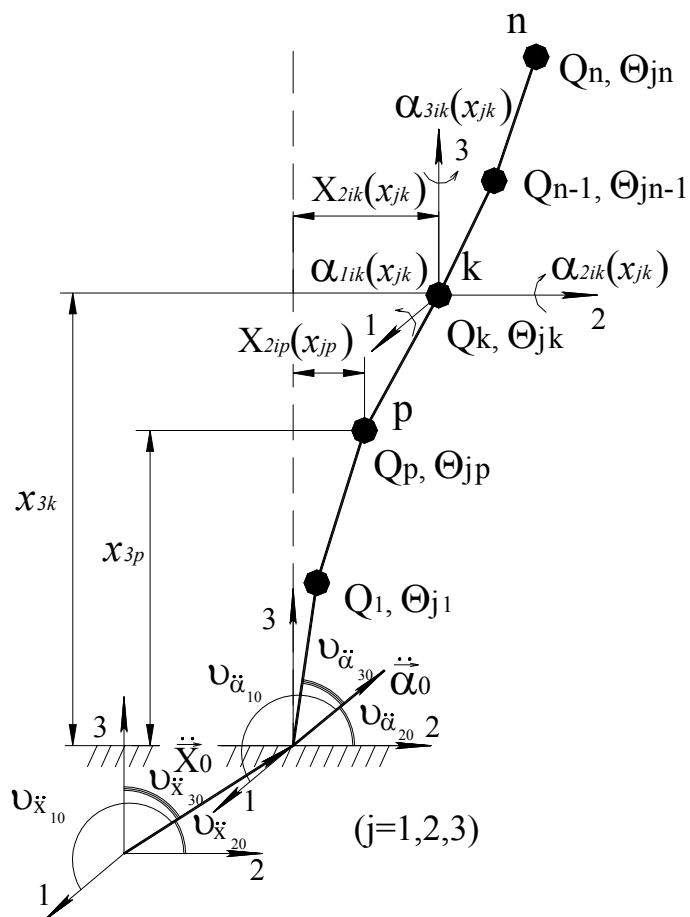
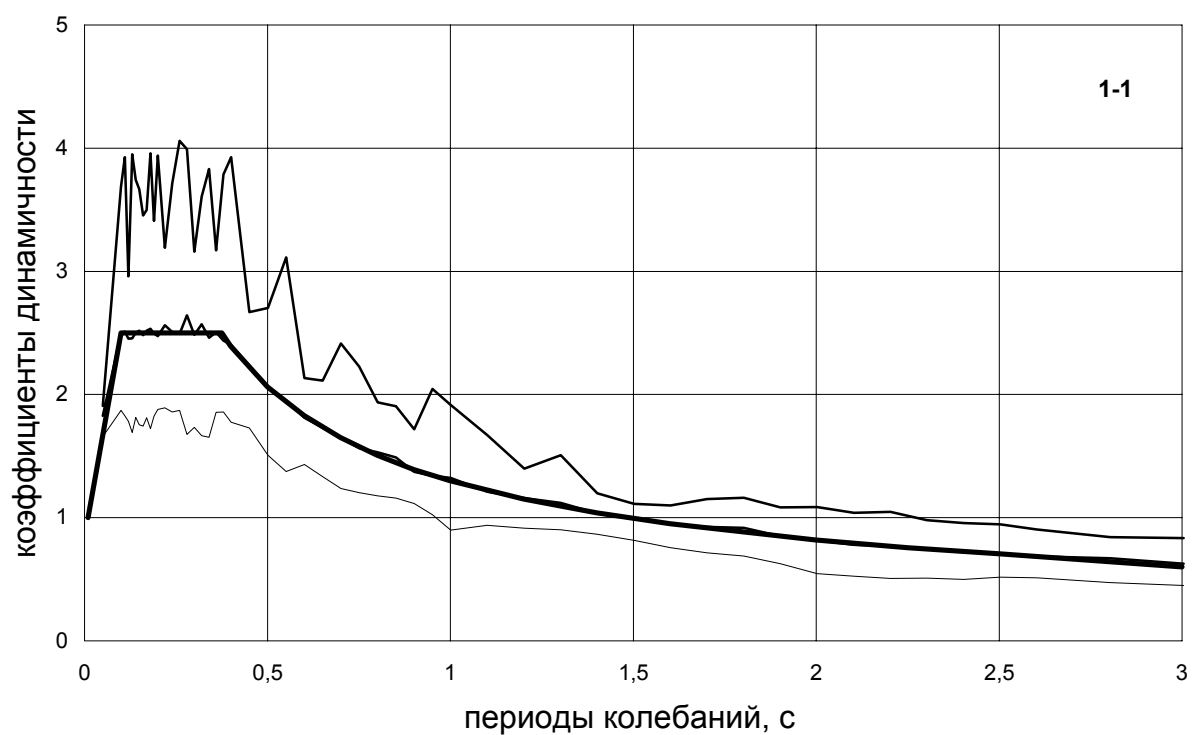


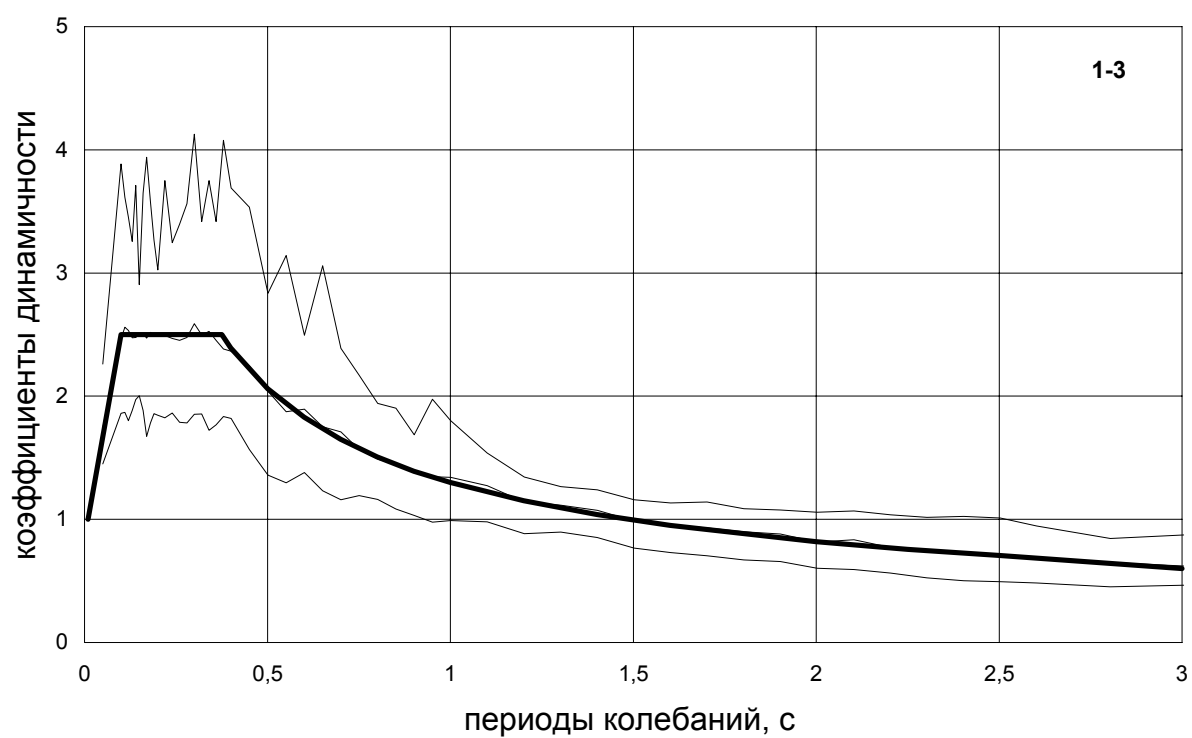
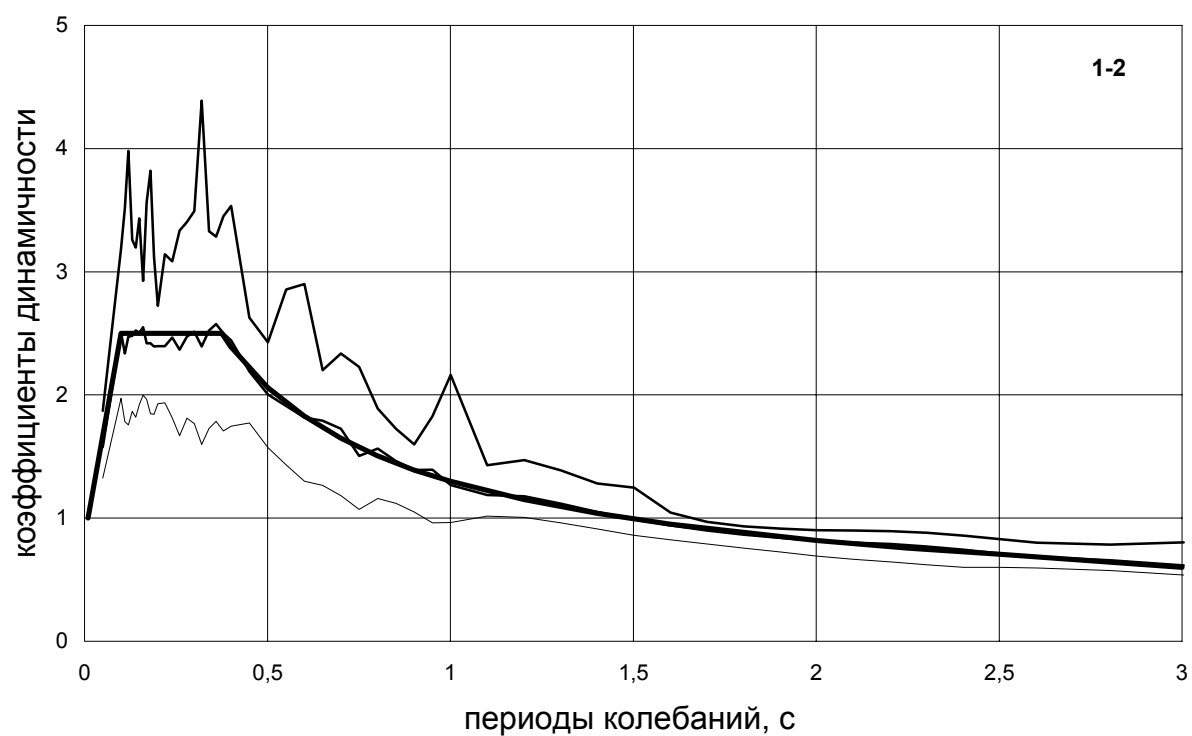
Рис. 1.В

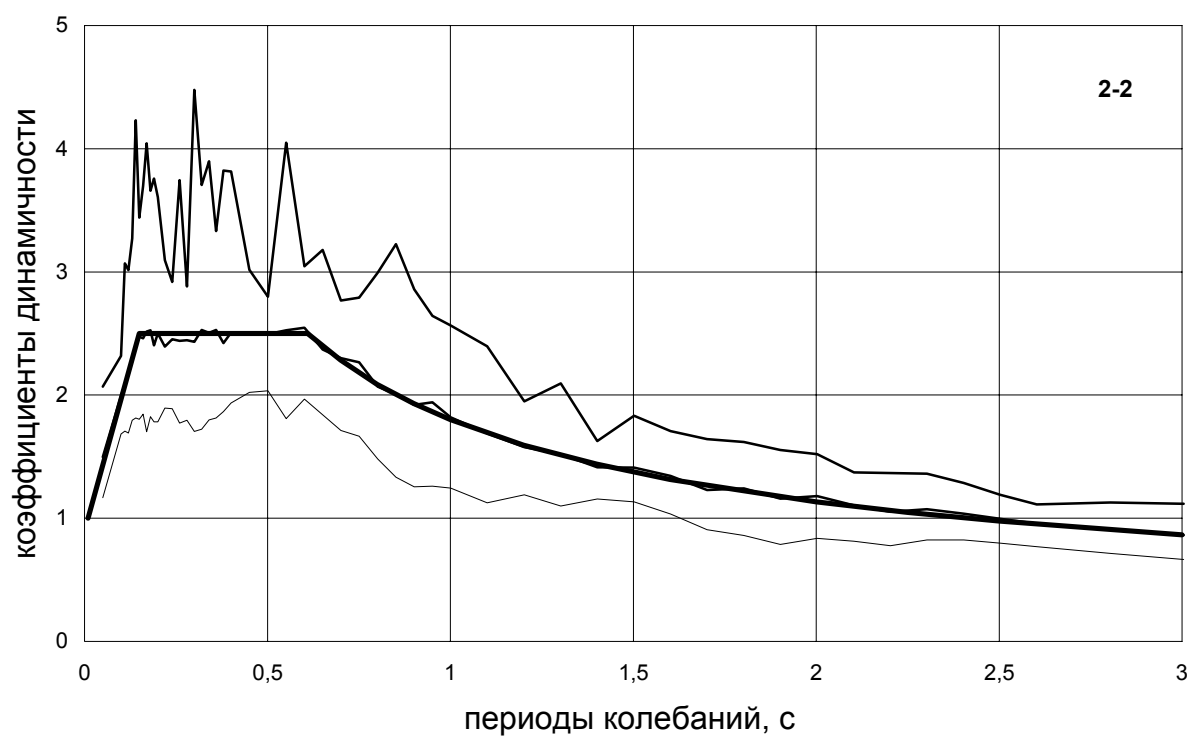
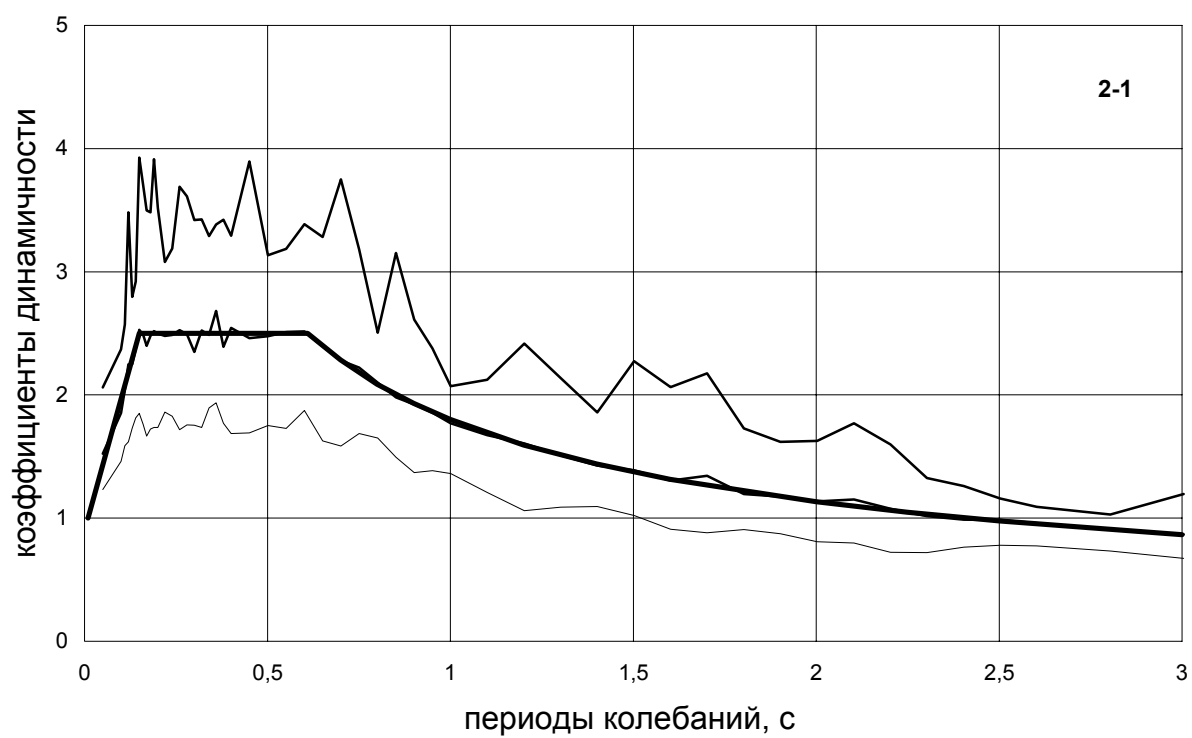
$$\sum_{j=1}^3 v_{\ddot{X}_{j0}}^2 = 1 \quad \text{и} \quad \sum_{j=1}^3 v_{\ddot{\alpha}_{j0}}^2 = 1 \quad (3)$$

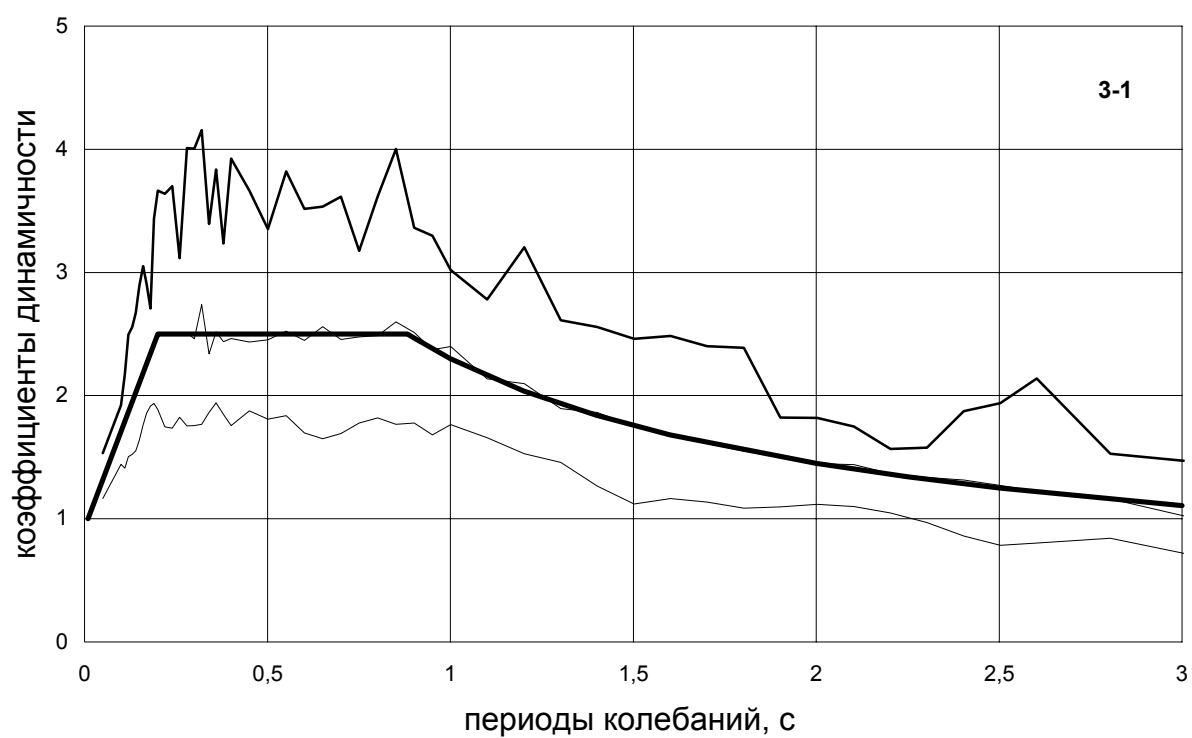
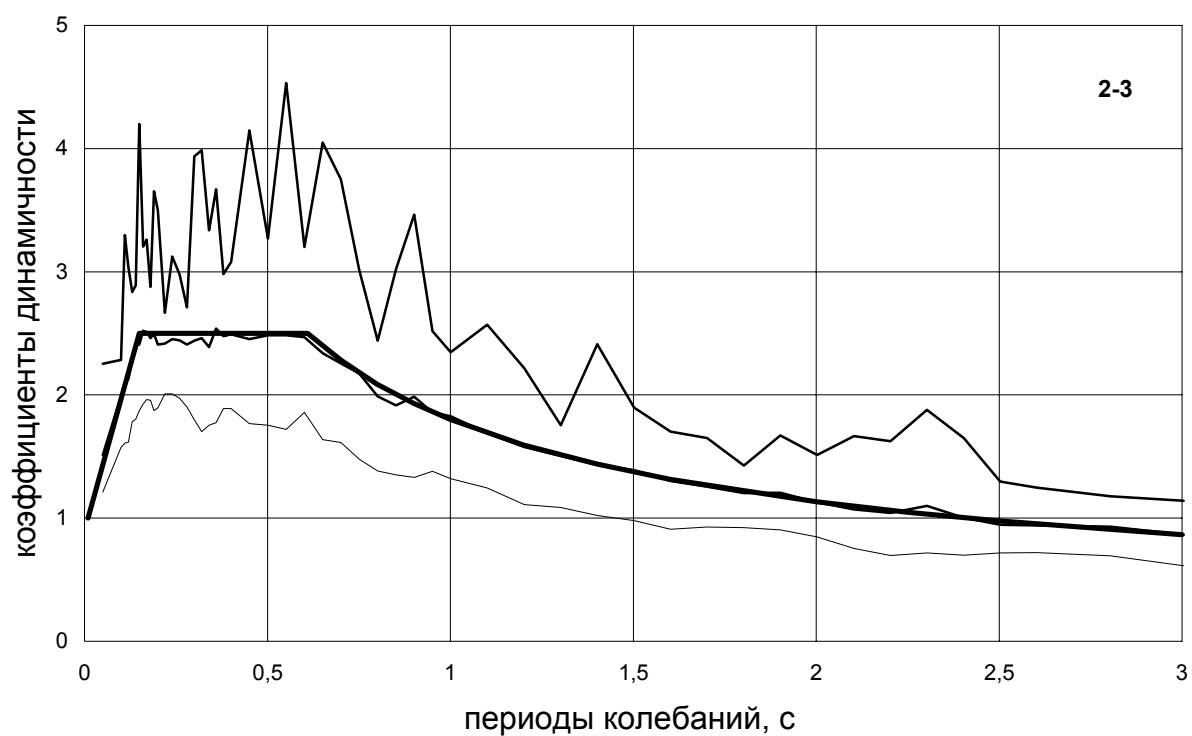
Направляющие косинусы $v_{\ddot{X}_{j0}}$ и $v_{\ddot{\alpha}_{j0}}$ определяют ориентацию векторов сейсмического воздействия \ddot{X}_0 и $\ddot{\alpha}_0$ в пространстве и принимаются в расчет из условия наиболее опасного направления воздействия для рассматриваемой формы колебаний или конкретной конструкции сооружения.

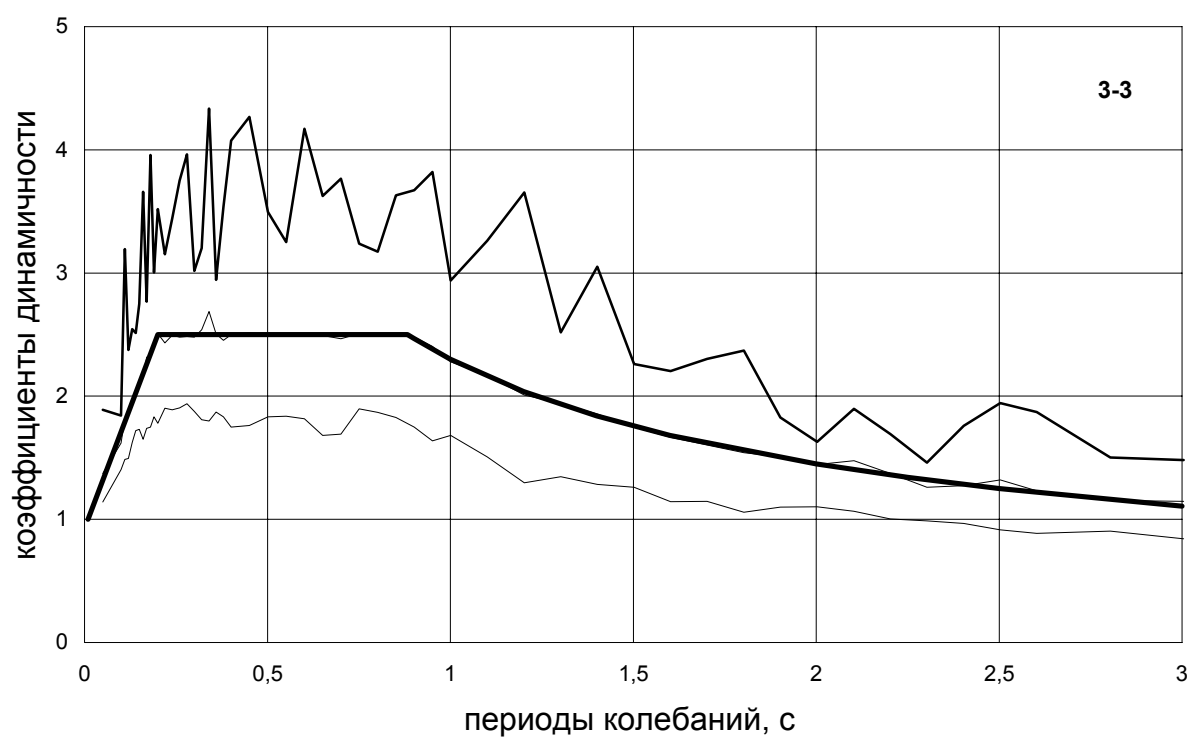
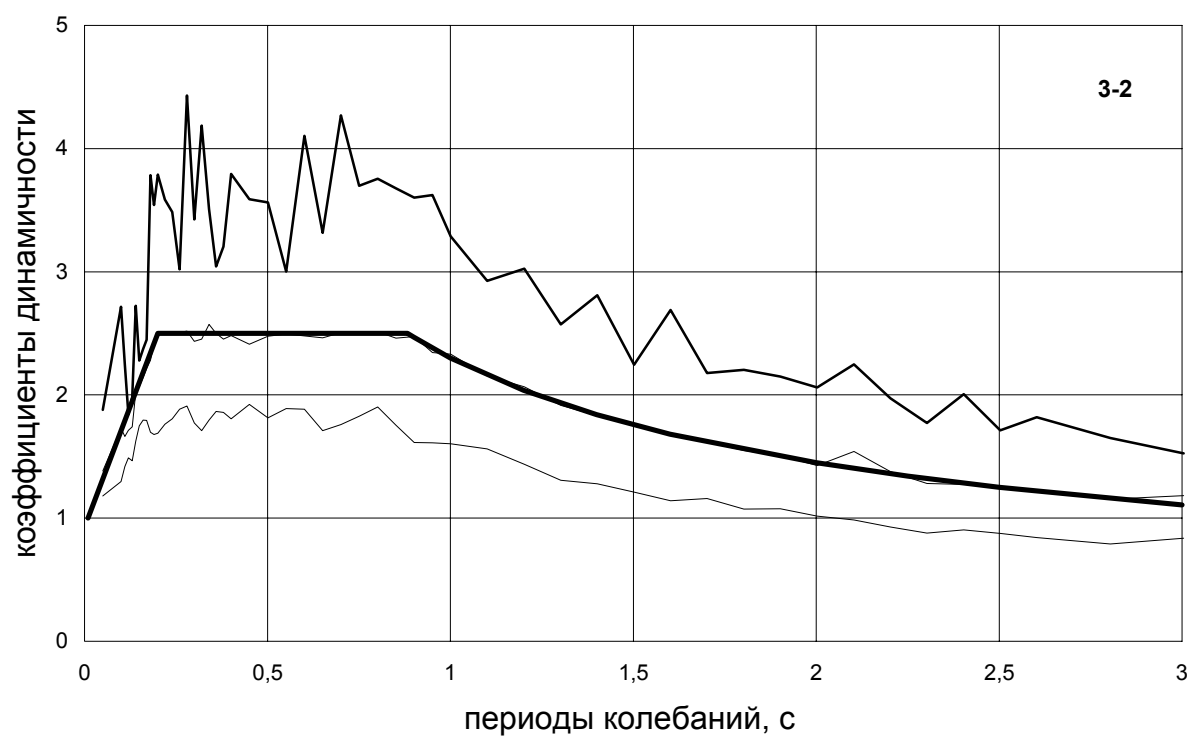
**Стандартный набор синтезированных расчетных акселерограмм,
синтезированных путем компьютерного моделирования
для грунтов I, II и III категории (согласно табл.1.1),
отвечающих графикам β (раздел 2)**











Критерии регулярности сооружений

В плане:

- 1) Распределение жесткостей и масс симметрично в плане относительно двух ортогональных направлений.
- 2) Конфигурация в плане компактна, т.е. она не содержит открытых форм подобных Н, I, X и т.д. Общие площади выступающих или врезанных частей не превышают 25% от общей площади сооружения во внешнем плане в обоих направлениях.
- 3) Жесткость перекрытия в своем плане существенно выше по сравнению с боковой жесткостью вертикальных конструктивных элементов и таким образом деформативность перекрытия мало влияет на закон распределения сейсмических сил между вертикальными элементами.
- 4) При приложении сейсмических сил, определенных по упрощенной схеме (с учетом только первой формы колебаний) эксцентрично с учетом случайных эксцентриситетов, равных 5% от поперечного размера этажа в плане, максимальное перемещение по направлению действия сейсмических сил не должно превысить среднее перемещение этажа более чем на 20% (влияние случайного эксцентриситета).

По высоте:

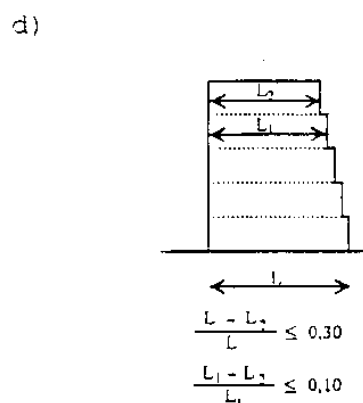
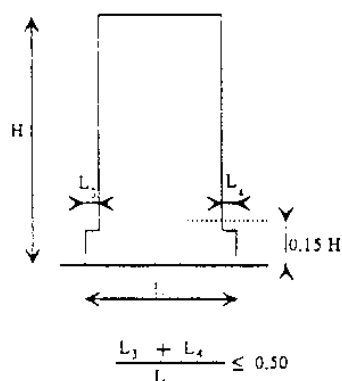
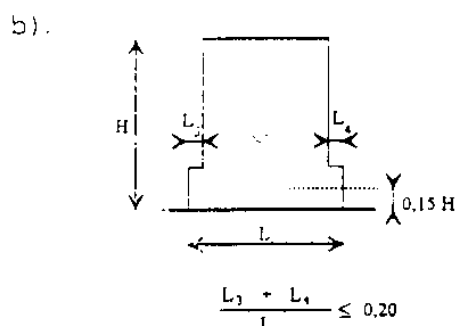
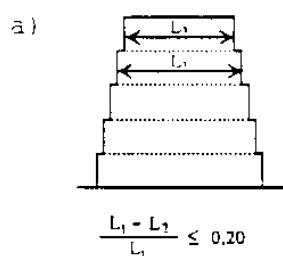
- 1) Все конструктивные системы, создающие боковую жесткость сооружения, такие как ядро, стены или рамы, непрерывны от фундаментов до верха сооружения, или, в случаях, когда имеются перерывы верха соответствующей зоны сооружения.
- 2) Боковая жесткость и масса каждого этажа остаются постоянными или изменяются постепенно без резких изменений от низа до верха этажа.
- 3) В рамных конструкциях отношение реальной жесткости этажа к жесткости требуемой расчетом, не должно отличаться чрезмерно между этажами (влияние ненесущего заполнения).
- 4) Когда жесткость сооружения имеет перерывы по высоте, возникают дополнительные требования:
 - а) при наличии постепенных изменений жесткости при сохранении осевой симметрии, врезка на каждом этаже не должна быть больше 20% размера в плане предыдущего этажа в направлении врезки (рис. 1а, 1б);

б) в случае единичной врезки ниже отметки, расположенной в пределах 15% от высоты сооружения, врезка не должна быть больше, чем 50% от размера на нижележащем уровне (Рис. 1с). В этом случае конструкция нижней части сооружения должна быть запроектирована таким образом, чтобы она в пределах отсека, создаваемого вертикальными стенами вышележащих этажей, могла воспринимать по крайней мере 75% от сдвигающих сил, которые будут возникать в этой зоне сооружения без наличия уширения;

с) в случаях, когда врезки несимметричны, на каждой стороне сооружения сумма врезок на всех этажах не должна быть больше 30% от размера на первом этаже, а отдельные врезки должны быть не более чем 10% от нижерасположенного размера (рис.1d).

В зависимости от регулярности сооружения выбирается конструктивная модель и метод анализа по схеме, приведенной в таблице.

Регулярность		Допустимые упрощения	
В плане	По высоте	Конструктивная модель	Метод анализа
да	да	плоская	упрощенный
да	нет	плоская	Многомодульный
нет	да	специальная	Многомодульный
нет	нет	специальная	многомодульный



Приложение 8

**Приближенные значения периодов T_1 первой формы колебаний
жилых и общественных зданий с регулярным расположением
масс и жесткостей при числе этажей n**

№№	Несущие конструкции зданий	Величина T_1/n
1	Каменные и кирпичные стены	0,05
2	Крупнопанельные стены	0,03-0,04
3	Монолитные ж.б. стены	0,04-0,06
4	Железобетонный каркас	0,07-0,1
5	Железобетонные каркасы с вертикальными диафрагмами	0,05-0,06
6	Металлические каркасы	0,08-0,12

П р и м е ч а н и е. Ориентировочные значения периодов 2-й и 3-й формы принимаются $T_2 = 0,33 T_1$; $T_3 = 0,2T_1$.

**Приближенные оценки сейсмических разрушений
и рекомендуемые мероприятия по восстановлению
и усилению зданий и сооружений**

Степень повреждения	Уровень повреждения	Характерные особенности и количественные показатели повреждения	Увеличение периода колебаний зданий с камен. и ж/б несущими конструкциями по сравнению с периодом колебаний неповрежденных объектов	Рекомендуемые мероприятия по восстановлению и усилению
0	Повреждений нет	- нет повреждений - осыпание чешуек побелки стен и потолка	0	Не требуется
I	Легкие повреждения ненесущих элементов	- мелкие трещины (до 0,5 мм) в штукатурке - отпадание кусков штукатурки - тонкие трещины по контуру перегородок и панелей	0-5	Ремонт отделки здания
II	Легкие повреждения конструкций	- небольшие трещины (0,5-1 мм) в каменных перемычках, простенках, стенах - отпадание облицовки, больших кусков штукатурки на больших участках - трещины до 0,5 мм в несущих железобетонных элементах и выколы бетона вблизи оснований колонн - повреждения дымоходов, карнизов, бетонных труб, парапетов	10-15	Ремонт отделки здания с восстановлением поврежденных элементов
III	Умеренные повреждения конструкций	- сквозные, наклонные и диагональные трещины (1-10 мм) в стенах - расслоение кладки в отдельных элементах, не влияющее на пространственную жесткость здания - смещение отдельных плит перекрытий - отдельные трещины в примы-	30-40	Временная эвакуация людей для восстановления, усиления и ремонта здания, после чего оно пригодно к дальнейшей эксплуатации

		<p>каниях наружных и внутренних стен</p> <ul style="list-style-type: none"> - локальные отколы бетона в шпонках замоноличивания и его раздробление - трещины до 0,5 мм и выколы бетона, оголение арматуры колонн - обвал и наклонение дымоходов, обрушение отдельных участков парапетов 		
IV	Сильные повреждения конструкций	<ul style="list-style-type: none"> - обрушение наружных самонесущих и частично несущих стен - разрыв антисейсмических поясов и отрыв наружных стен от внутренних - значительные смещения перекрытий и площадок опирания; падение панелей перекрытий, лестничных маршей и площадок; - разрушение значительного количества перемычек и простенков и частично- стеновых панелей крупнопанельных зданий, разрушение участков стен монолитных зданий - разрушение бетона, оголение арматуры, - выпучивание продольной арматуры колонн, отрыв закладных деталей 	50-100	<p>Немедленная эвакуация людей. Следует произвести снос здания или кардинальные работы по его усилению для обеспечения пригодности к эксплуатации. Вопрос решается для каждого отдельного объекта с учетом технико-экономических и социальных факторов</p>
V	Обрушение	<ul style="list-style-type: none"> - обрушение отдельных частей здания - частичное или полное обрушение здания 	0	Очистка места застройки

**Минимально допустимый уровень восстановления несущих
и ограждающих конструкций зданий и сооружений
в зависимости от их функционального назначения**

№№ п/п	Типы зданий	Уровень повышения сейсмостойкости		
		Восстановле- ние	Повышение сейсмостой- кости	Усиление
I. Жилые дома				
1	Одно- и двухэтажные	+		
2	Дома высотой 3-5 этажей	+		
3	Дома высотой 6 и более этажей		+	
II. Общественные здания				
4	Детские дошкольные учреждения		+	
5	Учебные заведения всех видов (школы, училища, учебные комбинаты и др.)		+	
6	Предприятия розничной торговли площадью до 100 м ²	+		
7	То же, с торговой площадью более 100 м ²		+	
8	Предприятия общественного предприятия с количеством мест до 50	+		
9	То же, с количеством мест более 50		+	
10	Больницы с количеством коек 100		+	
11	То же, с количеством коек более 100			+
12	Родильные дома			+
13	Поликлиники, санитарно-эпидемиологические станции		+	
14	Гостиницы, спальные корпуса санаториев и учреждений отдыха и туризма, пансионатов, профилакторий вместимостью до 250 мест, высотой до 3 этажей	+		
15	То же, вместимостью более 250 мест, высотой свыше 3 этажей		+	
16	Здания вспомогательного и хозяйственного назначения, в составе комплексов общественных зданий	+		
17	Здания управлений		+	
18	Крытые спортивные сооружения без мест для зрителей, а также с местами для зрителей до 400 человек	+		
19	Крытые спортивные сооружения с трибунами для зрителей на 400 и более мест		+	
20	Театры, цирки, кинотеатры, концертные и танцевальные залы, дворцы и дома культуры, клубы, музеи и выставочные залы, библиотеки		+	

21	Станции скорой помощи		+	
22	Конструкторские, проектные, научно-исследовательские институты		+	
23	Иностранные представительства		+	
24	Малые предприятия пищевой промышленности с количеством рабочих мест до 20 человек, предприятия бытового обслуживания населения с количеством рабочих мест до 15 человек	+		
III. Предприятия, здания промышленности и энергетики				
25	Производственные корпуса, складские здания объектов химической промышленности токсичных отравляющих веществ			+
26	Взрывоопасные корпуса химфармацевтической промышленности			+
27	Компрессорные станции магистральных газопроводов		+	
28	Здания электростанций		+	
29	Трансформаторные подстанции мощностью свыше 1000 кВт		+	
30	Производственные корпуса машиностроительной промышленности		+	
31	То же, стройиндустрии и промышленности стройматериалов	+		
32	То же, пищевой, мясной и молочной промышленности		+	
33	Хлебозаводы, элеваторы и зернохранилища		+	
34	Предприятия алкогольной и безалкогольной, консервной промышленности	+		
35	Склады хранения продовольственных, непродовольственных и смешанных товаров	+		
36	Административно-бытовые и вспомогательные здания (к пунктам 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11)	+		
37	Холодильники для хранения мяса, масла и др. скоропортящихся товаров	+		
IV. Предприятия, здания транспорта				
38	Здания и сооружения локомотивного и вагонного хозяйства, тепловозные и электровозные депо		+	
39	Тяговые подстанции магистральных железных дорог, трансформаторные подстанции для объектов ж/д транспорта, здания систем сигнализации и электрической централизации, связи и радио, автоматизации		+	
40	Служебно-пассажирские здания аэропор-		+	

	тов, аэровокзалы			
41	Здания технического обслуживания аэропортов		+	
42	Склады материально-технического имущества гражданской авиации	+		
43	Автотранспортные предприятия, станции технического обслуживания, крытые автостоянки	+		
44	Автовокзалы, железнодорожные вокзалы		+	
V. Здания и сооружения связи				
45	Здания и сооружения телефонной и радиосвязи, телевидения, и почтовой связи		+	
VI. Транспортные сооружения				
46	Большие и средние мосты и искусственные сооружения (тоннели, подземные переходы, эстакады, путепроводы) на железных и автомобильных дорогах общей сети I и II категории, скоростных городских дорогах и магистральных улицах общегородского значения		+	
47	Большие и средние мосты на железных и автомобильных дорогах общей сети III, IV, и Ic, IIc, IIc, IIIп, IVп категории, магистральных улицах районного значения, малые мосты, трубы, подпорные стены, деревянные мосты, деревянные мосты на дорогах всех категорий и другие искусственные сооружения (полумосты, галереи, защитные конструкции, подземные переходы)	+		
VII. Предприятия, здания и сооружения сельского хозяйства и мелиорации				
48	Водозаборные сооружения	+		
49	Насосные станции, каналы и сооружения на каналах, трубопровода и сооружения на трубопроводах	+		
50	Плотины и водосборные сооружения		+	
VIII. Санитарно-технические здания и сооружения				
51	Насосные станции на водозаборных скважинах и водонасосные станции		+	
52	Станция по обеззараживанию питьевой воды и сточных вод		+	
53	Резервуары для воды, водонапорные башни, сооружения по подготовке питьевой воды		+	
54	Градирни, здания ТЭЦ, котельные зданий жилищно-гражданского и производственного назначения, центральные тепловые пункты и др.		+	
IX. Складские сооружения				

55	Склады и резервуары для хранения нефти, нефтепродуктов и сжиженного газа, эстакады железнодорожные сливные		+	
56	Склады и резервуары химической промышленности, газгольдеры		+	

П р и м е ч а н и е. Термины, относящиеся к уровню повышения сейсмостойкости, используются в данном приложении в смысле, представленном ниже:

Восстановление – доведение сейсмостойкости до первоначального уровня.

Усиление – доведение сейсмостойкости до уровня, отвечающего требованиям действующих норм.

Повышение сейсмозащиты – промежуточный уровень усиления.

Особенности производства и контроль качества строительных работ

1. При изготовлении материалов, изделий и возведении объектов следует соблюдать уровень качества, обеспечивающий функционирование объекта в течении установленного срока службы.

Правила приемочного контроля качества строительных материалов, элементов зданий и строительно-монтажных работ должны удовлетворять требованиям соответствующих государственных стандартов, норм по организации строительного процесса, проектной документации и настоящего документа.

2. Прочность бетона в проектном возрасте должна определяться одним из следующих методов:

- неразрушающими методами;
- по образцам, изготавливаемым в процессе бетонирования;
- по образцам высверливаемым из тела конструкций»

При неразрушающих методах контроля прочности бетона следует назначать не менее трех контролируемых участков в конструкции. Количество контролируемых конструкций должно быть не менее 15% от общего объема.

Для контроля прочности по образцам, изготовленным одновременно с конструкциями, следует испытывать не менее трех серий контрольных образцов за период не более 5 рабочих дней. Высверливание образцов из тела конструкций следует осуществлять в случае неудовлетворительных результатов испытаний по двум первым методам.

3. Визуальный осмотр и измерение длины швов в сварных соединениях арматуры железобетонных конструкций должны проводиться не менее, чем на 15% их общего количества. Для механических испытаний сварных соединений и основного металла следует отбирать контрольные образцы в количестве не менее 6 шт. от партии.

4. Прочность сцепления раствора с кирпичом или камнем в лабораторных условиях следует определять по результатам испытаний не менее 10 образцов для заданного состава раствора и партии кирпича, или камня.

При определении сцепления раствора с кирпичом или камнем в построечных условиях на каждом этапе должно быть проведено не менее 5 испытаний.

5. Подвижность растворной смеси для кладки из обыкновенного кирпича и бетонных камней должна соответствовать 9-13 см, из пустотелого кирпича и керамического камня

7-8 см глубины погружения стандартного конуса. Глубину погружения конуса следует оценивать по результатам испытаний трех проб растворной смеси одного замеса.

Подвижность растворной смеси должна подбираться с учетом ее водоудерживающей способности, водопоглощения кирпича или камня и климатических условий. Вододерживающая способность растворной смеси должна быть не менее 98%.

6. Требования к периодичности и объемам контроля качества материалов, изделий, производства работ, изложенные в п.п.7.2-7.5, должны указываться в проектной документации.

7. Кладка стен должна выполняться с применением однорядной перевязки. Участки кладки в местах сопряжения стен следует выкладывать одновременно, укладку каменных материалов выполнять на всю толщину стены в каждом ряду, все швы кладки заполнять раствором полностью с подрезкой его на наружных сторонах кладки; простенки шириной в 2,5 кирпича и менее выкладывать из целого кирпича за исключением случаев, когда неполномерный кирпич нужен для перевязки швов кладки,

8. Кирпич и камни керамические из лессовых суглинков с водопоглощением 15% и более в сухую погоду с устойчивой температурой более 25°C следует перед укладкой погружать в воду не менее, чем на I мин. При этом кладку стен следует поливать водой в течение трех суток.

9. При производстве бетонных работ в условиях сухого и жаркого климата при температуре воздуха выше 25°C и относительной влажности менее 50% должны применяться цементы, марочная прочность которых превышает проектную прочность бетона не менее, чем на 20%. Уход за свежеложенным бетоном следует осуществлять до достижения им не менее 70% проектной прочности.

10. Новые нетрадиционные конструктивные решения зданий для массового строительства должны пройти испытания с участием научно-исследовательских институтов, специализирующихся в области сейсмостойкого строительства.

11. После окончания строительно-монтажных работ и приема объекта в эксплуатацию следует составлять паспорт здания (сооружения) в соответствии с методическими указаниями по паспортизации.

12. Надзор за выполнением мероприятий по обеспечению сейсмостойкости зданий (сооружения) должен осуществляться органами Государственного архитектурно-строительного надзора.

Расчет комплексных конструкций (каменные конструкции, усиленные бетонными и железобетонными включениями)

Рекомендуется комплексные конструкции подразделять на следующие типы.

1) **Комплексные конструкции I-го типа** – это конструкции, в которых кладка возводится после монтажа железобетонных элементов. В таких конструкциях при вертикальных загрузках кладка выполняет, в основном, функцию заполнения и частично включается в работу при горизонтальных загрузках.

2) **Комплексные конструкции II-го типа** – (каркасно-каменные здания) это конструкции, в которых железобетонные элементы, используя заранее возведенную кладку в качестве опалубки, возводятся монолитным способом. Благодаря наличию хороших контактов в таких конструкциях имеет место совместная работа кладки и железобетонных элементов при вертикальных и горизонтальных загрузках.

3) **Комплексные конструкции III-го типа** – это конструкции из кладки, пространство между стенками которой заполняется бетоном и железобетоном. Этот тип конструкции принципиально может изменить конструктивную схему здания, создав комбинацию из каменных зданий и зданий из монолитного бетона в отличие от комплексных конструкций I-го и II типов, которые создают здания каркасно-каменной конструкции.

Расчет комплексных конструкций при центральном и внецентренном сжатии

1. Расчет элементов комплексных конструкций II-го типа при центральном сжатии рекомендуется производить исходя из определения распределения действующего усилия на части, воспринимаемые кладкой и элементами усиления по формулам:

$$N_{кл} = N \cdot \frac{B_{кл}}{B_{кл} + B_{жб}} \quad (12.1)$$

$$N_{жб} = N \cdot \frac{B_{жб}}{B_{кл} + B_{жб}} \quad (12.2)$$

где: $N_{кл}$ – часть общей действующей продольной силы, воспринимаемой кладкой, определяемой по формуле (1.1.)

$N_{жб}$ – часть общей действующей продольной силы, воспринимаемой бетонной (или железобетонной) частью определяемой по формуле:

$$N_{жб} = K^{\kappa} \cdot \varphi \cdot m_g \cdot (0,78 \cdot A_b \cdot R_b + A_{sc} R_{sc}) \quad (12.3)$$

A_b – площадь железобетонного элемента без учета площади арматуры,

A_s – площадь всей продольной арматуры,

R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры сжатию,

R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию,

K^{κ} – коэффициент, принимаемый равным 1, в случае, когда открыты две стороны железобетонного элемента усиления и равным 0,9 когда открыты три стороны,

$B_{кл}$ и $B_{жб}$ – жесткость элементов кладки и железобетонной частей конструкции, определяемые как произведение площадей их сечения на величины начальных модулей упругости по формуле (12.1) – для кладки и СНиП 2.03.01.84 – для бетона.

2. Расчет элементов комплексных конструкций III-го типа при центральном сжатии рекомендуется производить по формулам (12.1) и (12.2) с введением следующих коэффициентов:

$$N_{кл} = \frac{N}{m_1} \cdot \frac{B_{кл}}{B_{кл} + B_{жб}} \quad (12.4)$$

$$N_{жб} = \frac{N}{m_2} \cdot \frac{B_{жб}}{B_{кл} + B_{жб}} \quad (12.5)$$

где: m_1 и m_2 – коэффициенты условия работы, соответственно, для кладки и бетона комплексных конструкций III-го типа. $m_1=m_2=0,8$ – при одноразовом бетонировании бетонной части и равны 0,7 и 0,5 – при послойном бетонировании этой части.

3. Расчет элементов комплексных конструкций II-го типа при внецентренном сжатии рекомендуется производить по следующей формуле:

$$N \leq 0,5 \cdot m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot \left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) \cdot \left(1 + \frac{e_0}{h} K\right) \frac{B_{жб} + B_{кл}}{B_{кл}} \quad (12.6)$$

В этой формуле обозначения приняты по формуле (2.1)

4. Расчет элементов комплексных конструкций III-го типа при внецентренном сжатии при эксцентриситете сжимающей силы вдоль поперечной оси сечения рекомендуется производить по формуле:

$$N_{ви} \leq N \left[\frac{1}{1 + \frac{1,6e_0(B_{кл} + B_{жб})}{ZB_{кл}}} \right] \quad (12.7)$$

где N – продольная сила по формулам (12.4.),

Z – расстояние между центрами наружных слоев комплексной конструкции III-го типа.

5. Расчет элементов комплексных конструкций III-го типа при внецентренном сжатии при эксцентриситете сжимающей силы вдоль продольной оси сечения рекомендуется производить по формуле :

$$N \leq 0,4m_{\kappa}\varphi_1 R \left(1 - \frac{2e_0}{h} \right) \left(1 + \frac{e_0}{h} K \right) \frac{B_{\text{жб}} + B_{\text{кл}}}{B_{\text{кл}}} \quad (12.8)$$

Расчеты комплексных конструкций при одновременном воздействии вертикальных и горизонтальных нагрузок

6. Расчеты несущей способности кладки с железобетонным замкнутым обрамлением из сборных элементов (каркаснокаменная кладка 1-го типа) при $0,9 < \beta < 2,15$ рекомендуется производить по формуле :

$$S = 3,3 \cdot f \cdot R_t \cdot L \cdot h \cdot (0,467 + 0,248\beta) \quad (12.9)$$

где : f – коэффициент трения камня по раствору. В кладке из камней правильной формы механической распиловки из известняков ракушечников Азербайджанской Республики $f=0,9$.

7. Расчеты несущей способности кладки с монолитным железобетонным обрамлением (каркаснокаменная кладка 2-го типа) при $0,9 < \beta < 2,15$ рекомендуется производить по формуле:

$$S = (5,9f \cdot R_t \cdot L \cdot h + 0,6N_0) \cdot (0,467 + 0,248\beta) \quad (12.10)$$

где: N_0 – вертикальная нагрузка на кладку, определяемая по формуле:

$$N_0 = \frac{N \cdot E_{\text{кл}} \cdot A_{\text{кл}}}{E_{\text{кл}} \cdot A_{\text{кл}} + E_{\text{жб}} \cdot A_{\text{жб}}} \quad (12.11)$$

8. Расчеты несущей способности элементов комплексной конструкции III-го типа рекомендуется производить по формуле :

$$S \leq \frac{0,27\tau_h \cdot l_T \cdot h}{\beta} \cdot \frac{B_{\text{жб}} + B_{\text{кл}}}{B_{\text{кл}}} \quad (12.12)$$

где:

$$\tau_h = \frac{0,395}{F_{\text{кл}}} \cdot \frac{N \cdot B_{\text{кл}}}{B_{\text{жб}} + B_{\text{кл}}} + 0,241 \quad (12.13)$$

Приложение №13

Термины и определения

1. Расчетная сейсмическая интенсивность для площадки – расчетная величина сейсмического воздействия, выраженная в баллах шкалы сейсмической интенсивности, в ускорениях или в других физических единицах. Расчетная величина сейсмического воздействия соответствует определенной величине вероятности превышения (или непревышения) этой величины за единицу времени.

2. Сейсмостойкость сооружения – способность сооружения сохранять после расчетного землетрясения функции, предусмотренные проектом, например

- отсутствие глобальных обрушений или разрушений сооружения или его частей, могущих обусловить гибель и травматизм людей,
- продолжение функционирования сооружений при необходимости более или менее значительного восстановления ремонта.

3. Антисейсмические мероприятия – совокупность конструктивных и планировочных решений основанных на выполнении указаний норм, которая обеспечивает определенный, регламентированный нормами уровень сейсмостойкости сооружений.

4. Сейсмоизоляция – снижение сейсмических нагрузок на сооружение за счет использования специальных конструктивных элементов:

1. Элементов, повышающих гибкость и периоды собственных колебаний (гибкие стойки, качающиеся опоры, резинометаллические опоры и др.).
2. Элементов, увеличивающих поглощение (диссипацию) энергии сейсмических колебаний (демпферы сухого трения, скользящие пояса, гистерезисные, вязкие демпферы).
3. Резервные, выключающиеся элементы.
4. Упоров – ограничителей горизонтальных перемещений.

П р и м е ч а н и е. В зависимости от конкретного проекта используются все или некоторые из перечисленных элементов.

5. Каркасные здания – здания с несущими рамами (каркасом) полностью воспринимающими вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Взаимодействующие элементы рам, каркаса (колонны, стойки) и ригели (балки) сопротивляются осевым нагрузкам, перерезывающим силам и изгибающим моментам.

6. Рамно-связевая система – система, состоящая из рам (каркаса) и вертикальных диафрагм, стен или ядер жесткости и воспринимающая горизонтальные и вертикальные на-

грузки. При этом горизонтальная и вертикальная нагрузка распределяется между рамами (каркасами) и вертикальными диафрагмами (и другими элементами) в зависимости от соотношения жесткостей этих элементов.

7. Связевая система – система, состоящая из рам (каркаса) и вертикальных диафрагм, стен и (или) ядер жесткости. При этом расчетная горизонтальная нагрузка полностью воспринимается диафрагмами, стенами и (или) ядрами жесткости.

8. Комплексная конструкция – стеновая конструкция из кладки, выполненной с применением кирпича, бетонных блоков, пильного известняка или других естественных или искусственных камней и усиленная железобетонными включениями, которые не образуют рамы (каркас) в смысле, определенном в п.1.

9. Каркас с заполнением – несущая система, состоящая из рам, заполненных целиком или частично кладкой с применением естественных и искусственных камней, воспринимает вертикальные нагрузки совместно с элементами каркаса. Распределение усилий между рамами и заполнением производится в зависимости от конкретных конструктивных решений с использованием известных методов теории сооружений строительной механики и сопротивления материалов.

10. Каркасно-каменные здания – здания с монолитными железобетонными каркасами, при возведении которых используется специфическая технология: вначале возводится кладка, которая используется в качестве опалубки при бетонировании элементов каркаса.

11. Монолитно-каменные – здания с трехслойными или многослойными стенами, в которых бетонирование основного несущего слоя из монолитного железобетона, производится с использованием 2-х наружных слоев кладки с применением естественных или искусственных камней, использующихся в качестве несъемной опалубки. В необходимых случаях устраиваются дополнительные термоизолирующие слои.

Примечания к Приложениям

1. - **Приложения 1 и 2** являются обязательными; утверждаются директивными органами страны.
- **Приложения 3-12** являются рекомендуемыми.
2. Рекомендуемые приложения подготовлены с использованием предложений членов Рабочей Группы и экспертов:
 - **Приложения №3 и №4** – Э.Е. Хачиян (Армения);
 - **Приложение №5** – Ю.П. Назаров (Россия);
 - **Приложение №6** – И.Э. Ицков, Н.Б. Чернов (Казахстан);
 - **Приложение №7** – Г.К. Габричидзе (Грузия);
 - **Приложение №8** – Э.Е. Хачиян (Армения);
 - **Приложения №9 и №10** – А.С. Золотков, Ю.В. Измайлов (Молдова), Т.Г. Маркарян (Армения), Б.Г. Пустовитенко (Украина);
 - **Приложение №11** – Ш.А. Хакимов, Р.С. Ибрагимов, А.Б. Кузанов, К.А. Плехтий (Узбекистан);
 - **Приложение №12** – Ф.М. Оруджев (Азербайджан);
 - **Приложение №13** – Я.М. Айзенберг (Россия).