

Система нормативных документов в строительстве  
**СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА**  
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Проект*

**СТРОИТЕЛЬСТВО  
В СЕЙСМИЧЕСКИХ  
РАЙОНАХ. НОРМЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**СНиП**

**Москва 2007**

**Федеральное агентство по строительству  
и жилищно-коммунальному хозяйству**

**Федеральное государственное унитарное предприятие  
"Научно-исследовательский центр "Строительство"  
(ФГУП "НИЦ "Строительство")**

**Филиал ФГУП "НИЦ "Строительство" –  
Центральный научно-исследовательский институт  
строительных конструкций имени В.А. Кучеренко  
(ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко)**

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. Генерального директора  
ФГУП "НИЦ "Строительство"

Н.В. Зацаринский

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2008 г.

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ**

**по теме: "Пересмотр (актуализация) СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических  
районах. Нормы проектирования»"**

**Договор № 1197/2340-07/СК от 15.06.07 г.**

**Руководитель темы**  
Директор ЦНИИСК

Ю.П. Назаров

**Зам. руководителя темы**  
Зав. лабораторией

Я.М. Айзенберг

**Ответственный исполнитель темы**  
Рук. Экспертной группы

В.И. Ойзерман

Москва 2007 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1. РАЗРАБОТАНЫ ЦНИИСК им. Кучеренко – филиалом ФГУП НИЦ "Строительство" (Руководитель темы – Ю.П. Назаров, зам. руководителя темы – Я.М. Айзенберг, ответственный исполнитель темы – В.И. Ойзерман).

ВНЕСЕНЫ

2. УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ

3. ВЗАМЕН СНиП II-7-81\*

Изменения в тексте по сравнению со СНиП II-7-81\* и СП 31-114-2004, а также новые положения норм выделены курсивом.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>1</b>
<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. РАСЧЕТЫ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.....</b>	<b>9</b>
РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ СООРУЖЕНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	9
МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	12
РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ .....	22
<b>3. ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКТИВНЫМ РЕШЕНИЯМ.....</b>	<b>24</b>
Приложение А. Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации ОСР-97.....	28

**СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ***Дата введения***Область применения**

Настоящие нормы следует соблюдать при разработке проектной документации на строительство жилых, общественных, производственных зданий и сооружений, возводимых или расположенных в сейсмических районах Российской Федерации.

**Нормативные ссылки**

Настоящие нормы разработаны в соответствии со стандартами и нормативными документами Российской Федерации, а также с использованием следующих нормативных документов:

1. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия
2. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений
3. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.
4. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений
5. СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
6. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции
7. СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах
8. СНиП II-22-81\* Каменные и армокаменные конструкции
9. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету
10. СП 31-114-2004. Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах
11. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений
12. СП 50-102-2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов
13. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры
14. СП 52-102-2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции
15. ТСН 31-304-95 (МГСН 4.04-94). Многофункциональные здания и комплексы

16. МГСН 4.19-2005. Временные нормы проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве.

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Требования настоящих норм необходимо соблюдать при проектировании жилых, общественных и производственных зданий и сооружений, начальная сейсмостойкость которых в единицах воздействия (напр., в баллах) ниже расчетной сейсмичности площадки.

1.1.1. За начальную сейсмостойкость здания (сооружения) принимается его сейсмостойкость до проведения мероприятий по усилению конструкций в соответствии с расчетными, конструктивными и планировочными требованиями настоящих норм.

1.1.2. При определении начальной сейсмостойкости сооружения следует руководствоваться алгоритмом, расчетными формулами и параметрами, принятыми в настоящих нормах для определения нагрузок на сооружение или усилий в элементах конструкций при особых сочетаниях нагрузок. В расчетах следует учитывать фактическую (или принятую в проекте) несущую способность конструкций. Допускается использование упрощенных методов определения расчетной сейсмической нагрузки на сооружение, указанных в разделе 2 настоящих норм.

1.1.3. Оценку начальной сейсмостойкости сооружения следует выполнять с учетом анализа его поведения при землетрясениях различной интенсивности, в соответствии с которым допускается приближенное назначение начальной сейсмостойкости зданий массового применения. Для жилых, общественных и производственных зданий традиционных конструкций начальную сейсмостойкость допускается принимать равной 6 баллам.

1.2. Сейсмическое воздействие представляет собой волновое поле, характеристики которого носят случайный характер и зависят, в частности, от параметра  $T$  – среднего периода повторяемости сотрясений.

Проектирование сооружений следует осуществлять для двух фиксированных режимов сотрясаемости, для которых реализуются следующие уровни воздействия:

- наиболее сильное землетрясение, которое может произойти за срок эксплуатации сооружения (ПЗ – проектное землетрясение);
- наиболее сильное расчетное (с заданной вероятностью не превышения в течение 50 лет) землетрясение, потенциально возможное на данной площадке. (МРЗ – максимальное расчетное землетрясение).

1.3. Расчетную сейсмичность площадки строительства следует определять с учетом:

1.3.1. Сейсмичности района строительства, принимаемой по картам ОСР-97 (А, В, С). Решение о выборе карты утверждается Заказчиком по представлению Генерального Проектировщика в зависимости от уровня ответственности (безопасности) сооружения.

1.3.2. Материалов сейсмического микрорайонирования (СМР), выполняемого в соответствии с составом работ, указанным в документах по инженерным изысканиям в строительстве.

В районах, для которых отсутствуют карты сейсмического микрорайонирования, допускается уточнять сейсмичность площадки строительства по данным табл. 1.1.

1.4. Для уровня ПЗ расчетная сейсмичность площадки вне зависимости от степени ответственности сооружения принимается по карте ОСР со средним периодом повторяемости 100 лет.

При отсутствии карт ОСР, соответствующих этому периоду повторяемости, допускается использовать карту ОСР-97-А с умножением интенсивности воздействия (выраженной в ускорениях колебания грунта) на коэффициент приведения  $K(T)$ , определяемый по материалам сейсмического районирования. Для предварительных расчетов значение  $K(T)$  допускается принимать равным 0,7.

1.5. Для уровня воздействия МРЗ расчетная сейсмичность площадки строительства принимается по картам ОСР-97 (А, В, С). Решение о выборе карты при проектировании конкретного объекта принимается Заказчиком по представлению генерального проектировщика в зависимости от уровня ответственности (безопасности) сооружения.

*1.6. Настоящие нормы содержат требования по расчету, конструированию и объемно-планировочным решениям сооружений, обеспечивающие их сейсмостойкость. Требования безопасности и надежности сооружений при сейсмических воздействиях считаются обеспеченными, если их сейсмостойкость выше, чем расчетная сейсмичность площадки строительства, и выполнены указания первого уровня особых конструктивных мероприятий раздела 3 настоящих норм.*

*При этом следует учитывать, что сейсмостойкость обеспечивается одновременным удовлетворением двух расчетных критериев: для уровней ПЗ и МРЗ.*

1.7. При получении новых (уточненных) данных о сейсмической опасности площадки следует, как правило, повторно выполнять работы по СМР на площадке с заменой фрагмента карты СМР и утверждением его в установленном порядке.

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

1.8. При отсутствии карт СМР для сооружений, указанных в п. 2.4, допускается упрощенное определение расчетной сейсмичности площадки строительства по материалам инженерно-геологических изысканий согласно табл. 1.1 и расчетной сейсмичности района строительства.

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



1.9. На площадках, расположенных в зонах активных тектонических разломов (разрывов), по которым возможны подвижки при землетрясениях, возводить сооружения не допускается.

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

    сложенные водонасыщенными грунтами, способными к виброразжижению при землетрясениях;

    с возможным проявлением осыпей, обвалов, оползней, карста, провалов и деформаций от горных выработок;

    расположенные в зонах возможного прохождения селевых потоков или снежных лавин;

    расположенные на цунамиопасных участках.

При необходимости строительства на указанных участках следует:

    проводить инженерные мероприятия по улучшению сейсмических свойств грунтов или их замене;

    принимать меры по укреплению оснований;

    в проектах зданий предусматривать дополнительное усиление несущих конструкций.

Повышение сейсмичности площадки строительства с целью косвенного учета перечисленных выше неблагоприятных факторов не допускается.

1.11. На площадках, расчетная сейсмичность которых превышает 9 баллов, возводить сооружения, как правило, не допускается.

При соответствующем научно-техническом и экономическом обосновании строительство в каждом конкретном случае может быть допущено по специальным техническим условиям, согласованным с Минэкономразвития, при обязательном научно-техническом сопровождении научно-исследовательской организацией, определенной этим Министерством.

1.12. При проведении специальных инженерных мероприятий по укреплению в основании грунтов III категории по сейсмическим свойствам (уплотнение, цементация, замена на крупнообломочные грунты и др.), уточнение сейсмичности площадки должно осуществляться на основе результатов повторного применения методов сейсмического микрорайонирования.

1.13. Объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений, эксплуатируемых в сейсмических районах, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1.13.1. Обеспечение совместной работы всех несущих элементов здания (как для пересекающихся вертикальных и горизонтальных диафрагм).

1.13.2. Применение многократно статически неопределимых конструктивных систем, в которых повреждения или выключения одного из несущих элементов не приводят к отказу

сооружения в целом.

1.13.3. Обеспечение возможности пластического деформирования и энергопоглощения конструкциями здания; обеспечение возможности развития в определенных элементах допустимых неупругих деформаций.

1.13.4. Обеспечение конструктивными решениями несущих конструкций, их узлов и соединений надежной работы на срез и сдвиг. При этом конструкции не должны разрушаться хрупко.

1.13.5. Вертикальные диафрагмы, стены, связи должны быть непрерывными по высоте (доходить до фундамента) и располагаться симметрично относительно центра жесткости здания. В каждом направлении должно предусматриваться не менее двух диафрагм (стен), воспринимающих сейсмические нагрузки, или связевых элементов.

1.13.6. Обеспечение регулярности распределения в плане и по высоте, а также симметрии масс и жесткостей здания на всех этапах деформирования конструкций при сейсмических воздействиях (в частности, "в начале" и "в конце" землетрясения).

1.13.7. Обеспечение устойчивости против опрокидывания при сейсмических воздействиях.

1.13.8. *Схема возможного разрушения здания должна предусматривать, что вначале, как правило, повреждаются (или исключаются) горизонтальные элементы, а затем – вертикальные.*

1.13.9. Фундаменты сейсмостойких зданий следует рассчитывать и конструировать согласно указаниями СНиП 2.02.01-83.

1.13.10. Расположение и количество лестничных клеток должно соответствовать требованиям противопожарных норм. При этом не менее одной лестничной клетки в пределах сейсмического отсека следует предусматривать закрытой, с освещением через проемы в наружных стенах. В сейсмических отсеках, в которых не предусматривается постоянное пребывание людей (венткамеры, галереи и т.п.) лестничные клетки допускается не устраивать, если это не требуется иными разделами норм. В зданиях высотой не более 3-х этажей допускается вместо устройства лестниц предусматривать выходы с этажей непосредственно на планировочную отметку земли.

1.13.11. *Принимать конструктивные решения сооружений и элементов, обеспечивающие возможно минимальные вертикальные нагрузки на несущие элементы от собственного веса и других статических нагрузок относительно несущей способности этих несущих элементов.*

1.13.12. *Избегать конструктивных решений, уязвимых с точки зрения возможности прогрессирующего разрушения, когда разрушение одного из несущих элементов приводит к разрушению сооружения в целом или его значительной части.*

*1.14. Допускается проектировать сооружения, оснащенные системами сейсмоизоляции или другими системами регулирования динамической реакции, при этом эффективность и целесообразность их применения оценивается с учетом того, насколько при расчетных сейсмических воздействиях снижаются усилия в элементах конструкций, оснащенных системами сейсмоизоляции, по сравнению с упомянутыми усилиями в конструкциях без систем сейсмоизоляции.*

1.15. Самонесущие стены, перегородки, конструкции, возвышающиеся над сооружением и имеющие по сравнению с ним незначительный вес (парапеты и др.), а также крепления технологического оборудования к конструкциям здания, следует рассчитывать на местную сейсмическую нагрузку, равную произведению массы стены (перегородки, оборудования) на ускорения колебаний сооружения при землетрясении, соответствующие рассматриваемому уровню сооружения. Значение местной сейсмической нагрузки умножается на 0,5.

Таблица 1.1

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Грунты	Сейсмичность площадки строительства при сейсмичности района, баллы			
		6	7	8	9
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
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
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	>9

*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  $E \geq 12$  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 невечномерзлые (по фактическому состоянию после оттаивания).

5. Если грунты I категории подстилаются грунтами II или III категории, то снижение сейсмичности площадки строительства допускается при мощности слоя грунта I категории не менее 30 м от планировочной отметки.

## 2. РАСЧЕТЫ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

2.1. Расчет конструкций и оснований сейсмостойких сооружений должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий.

При расчете на особые сочетания значения расчетных нагрузок следует умножать на коэффициенты сочетаний, принимаемые по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Виды нагрузок	Значение коэффициента сочетаний $n_c$
Постоянные	0,9
Временные длительные	0,8
Кратковременные (на перекрытия и покрытия)	0,5

2.2. Горизонтальные сейсмические нагрузки от масс на гибких подвесках, ветровые и температурно-климатические нагрузки, динамические воздействия от оборудования и транспорта, тормозные и боковые усилия от движения кранов в расчетах на особое сочетание, как правило, не учитываются.

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

Горизонтальную сейсмическую нагрузку от веса мостов и тележек кранов следует учитывать с коэффициентом 0,5. Возможность расположения двух кранов на одном крановом пути в смежных шагах колонн здания допускается не учитывать. Снижение крановых нагрузок, предусмотренное главой СНиП по нагрузкам и воздействиям, при этом не учитывается.

### **Расчетные модели сооружения и воздействия**

2.3. В расчетах на особые сочетания нагрузок с учетом сейсмических воздействий должны использоваться расчетные динамические модели сооружения (РДМ) и расчетные модели воздействия (РМВ), учитывающие особенности поведения сооружения при землетрясении и пространственный характер сейсмического воздействия.

2.3.1. При назначении РДМ учитывается следующая схема деформирования конструкций сооружения при землетрясении:

- стадия 1 – упругая; ей соответствует РДМ-1;
- стадия 2 – упруго-пластическая; ей соответствует РДМ-2;
- стадия 3 – упругая в поврежденном сооружении; ей соответствует РДМ-3.

*При формировании РДМ-1 используются физико-механические характеристики сооружения (в том числе жесткость и логарифмический декремент колебаний) в состоянии "до землетрясения".*

*При формировании РДМ-3 используются физико-механические характеристики сооружения в состоянии "в конце землетрясения" (с учетом полученных при землетрясении повреждений и изменений расчетной схемы конструкции).*

*Сооружение в состоянии "в конце землетрясения", находящееся в предельном (по условиям устойчивости и эксплуатационной безопасности) состоянии, условно называется "ядром" сооружения.*

*Формирование "ядра" сооружения и его РДМ-3 выполняется по результатам предварительного анализа сооружения и возможных повреждений элементов его конструкций при землетрясении.*

*Примечания:*

*1. Для каркасных зданий с диафрагмами жесткости и заполнением, участвующим в работе, в качестве "ядра" сооружения допускается принимать конструкции каркаса без учета возможной работы заполнения.*

*2. Для зданий со стенами из железобетона или каменной кладки в качестве "ядра" допускается принимать здание, для которого характеристики горизонтальной жесткости и логарифмический декремент колебаний принимаются с понижающими коэффициентами  $\lambda$ , значения которых рекомендуется принимать по результатам экспериментальных исследований. При этом расчетная схема здания остается как для состояния "до землетрясения".*

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

*дифференциальная РМВ – модель, когда для каждой точки грунтового основания сооружения задается вектор ускорения (скорости или перемещения);*

*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 и вектором углового ускорения вращения (ротации).*

*Для обеих моделей векторы сейсмического воздействия являются случайными как во времени, так и в пространстве.*

2.4. Для сооружений простой геометрической формы с симметричным расположением масс и жесткостей с наименьшим размером в плане не более 80 м для грунтов I категории, 60 м – для грунтов II категории и 30 м – для грунтов III категории при расчете на горизонтальные сейсмические воздействия допускается использование упрощенных моделей сооружения, представляющих собой невесомую вертикальную консоль с сосредоточенными массами, расположенными в уровнях перекрытий (рис. 1).

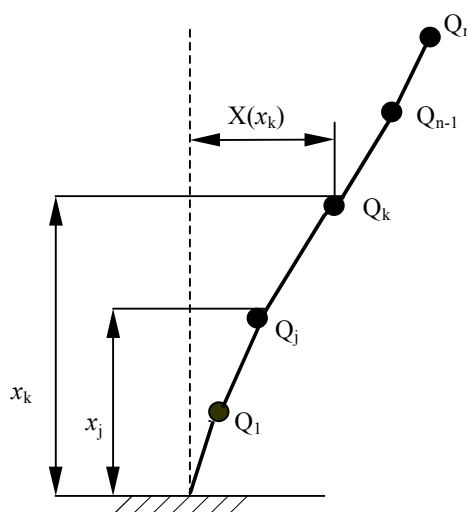


Рис. 1 Упрощенная модель сооружения

2.5. Сейсмические воздействия могут иметь любое направление в пространстве.

При расчете сооружений следует, как правило, учитывать наиболее опасные для данной конструкции или ее элементов направления действия сейсмических нагрузок.

*Ориентация векторов сейсмического воздействия  $\ddot{X}_0$  и  $\ddot{\alpha}_0$  характеризуется направляющими косинусами  $v_{\ddot{X}_{j0}}$  и  $V_{\ddot{\alpha}_{j0}}$ .*

*Расчетными принимаются значения  $v_{\ddot{X}_{j0}}$  и  $V_{\ddot{\alpha}_{j0}}$ , реализующие максимум динамической реакции по рассматриваемой форме колебаний – наиболее опасные направления воздействия для рассматриваемой формы колебаний или конкретной конструкции сооружения.*

*Проверочными принимаются значения  $v_{\ddot{X}_{j0}}$  и  $V_{\ddot{\alpha}_{j0}}$ , наиболее вероятные для заданной площадки строительства по материалам анализа сейсмологической обстановки.*

Для сооружений, указанных в п. 2.4., расчетные сейсмические нагрузки следует принимать действующими, как правило, горизонтально в направлении продольной и поперечной

осей. Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует учитывать раздельно.

2.6. Вертикальную составляющую сейсмического воздействия необходимо учитывать при расчетах:

- горизонтальных и наклонных консольных конструкций вылетом 12 м и более;
- конструкций пролетом 24 м и более;
- сооружений на устойчивость против опрокидывания или против скольжения;
- оснований и фундаментов сооружений;
- зданий высотой более 75 метров;
- конструкций, проверяемых на продавливание.

### **Методы расчетов на сейсмические воздействия**

2.7. Расчеты сооружений на сейсмические воздействия следует выполнять:

а) на нагрузки, *определяемые по результатам решения дифференциальных уравнений движения в частотной области* (спектральный метод в соответствии с указаниями п. 2.8). При этом используются линейно-упругие РДМ-1 (состояние здания "до землетрясения"). Расчеты по п. 2.7,а следует выполнять для всех видов сооружений. Работа элементов конструкций сооружения в неупругой стадии учитывается в данном случае введением в расчет коэффициента  $k_I$  (согласно табл. 2.4).

б) *прямым динамическим расчетом с учетом решения дифференциальных уравнений движения во временной области* с использованием набора инструментальных записей ускорений основания при землетрясениях, наиболее опасных для сооружения, или синтезированных акселерограмм. Максимальные амплитуды ускорений основания следует принимать не менее 25, 50, 100, 200 или 400 см/с<sup>2</sup> при расчетной сейсмичности площадок строительства 5, 6, 7, 8 и 9 баллов соответственно.

*Примечание.* Допускается использование локальных акселерограмм, получаемых на основе анализа реакции нелинейного фильтра на сейсмограмму землетрясения силой 5 и более баллов. При этом рекомендуется использовать локальную 3D геомодель системы «здание-грунтовое основание», учитывающую особенности и состояние слоя толщиной несколько десятков метров.

*При этом используются РДМ-2, которые (в связи с нестационарностью модели в этой стадии деформирования) изменяются от цикла к циклу колебаний здания.*

в) *по модифицированному спектральному методу ("методу трех моделей"), согласно которому напряженно-деформированное состояние элементов конструкций при сейсмических воздействиях оценивается не для всего сооружения, а для "ядра" здания.*

*При этом используется РДМ-3, сформированная с учетом допускаемых повреждений в сооружении.*

*Примечание.* Жесткость РДМ-3 всегда ниже соответствующей жесткости РДМ-1.



Расчеты по п. 2.7,б являются вспомогательными и применяются при анализе поведения конструкций сооружения во время землетрясения. При этом используется РДМ-2 сооружения, позволяющая анализировать поведение сооружения в упруго-пластической стадии (в частности, при появлении повреждений в отдельных элементах конструкций). В расчетах по 2.7,б следует использовать фактические значения параметров затухания и несущей способности конструкций.

Расчеты по п. 2.7,в применяются при МРЗ для всех видов сооружений.

2.8. При расчетах по спектральному методу согласно п. 2.7,а и по модифицированному спектральному методу согласно п. 2.7,в необходимо определять:

- поступательные сейсмические нагрузки (согласно п. 2.9);
- крутильные сейсмические нагрузки (согласно п. 2.10).

2.9. Поступательные сейсмические нагрузки на сооружение (реакции сооружения на сейсмические воздействия) при расчетах по п. 2.7,а и 2.7,в следует определять по формуле:

$$S_{ojik} = k_1 Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{jik} \quad (2.1)$$

где:  $k_1$  – коэффициент, учитывающий неупругую работу конструкций и допускаемые повреждения в них (согласно табл. 2.4);

$Q_k$  – вес сооружения, отнесенный к точке  $k$ , определяемый с учетом нагрузок на конструкции согласно п. 2.1;

$A$  – коэффициент сейсмичности, значения которого при расчетах на МРЗ следует принимать равным 0,1; 0,2; 0,4 соответственно для расчетной сейсмичности площадки строительства 7, 8, 9 баллов; при расчетах на ПЗ следует учитывать указания п. 1.4;

$\beta_i$  – коэффициент динамичности, соответствующий  $i$ -му тону собственных колебаний сооружения, принимаемый согласно п. 2.11;

$K_\psi$  – коэффициент, учитывающий способность сооружения к рассеиванию энергии колебаний, принимается согласно табл. 2.3;

$\eta_{jik}$  – коэффициент, зависящий от формы деформирования здания при его собственных колебаниях по  $i$ -му тону для  $j$ -го направления и от места расположения масс  $Q_k$ , определяемый согласно п. 2.12. Для сооружений, указанных в п. 2.4, значения коэффициента формы определяется согласно п. 2.13.

2.10. Значения крутильных сейсмических нагрузок (сейсмического момента)  $M_{jik}$  в точке  $k$  относительно оси  $j$  по  $i$ -ой форме собственных колебаний определяется по формуле:

$$M_{ojik} = k_1 g \Theta_{jk} A \beta_i K_\psi \bar{\eta}_{jik} \quad (2.2.)$$

где:  $k_1$ ,  $A$ ,  $\beta_i$  и  $K_\psi$  – согласно п. 2.9;

$g$  – ускорение силы тяжести;

$\bar{\eta}_{jik}$  - коэффициент формы колебаний для крутильной составляющей, определяемый согласно п. 2.12;

$\Theta_{jik}$  - момент инерции массы в  $k$ -й точке относительно  $j$ -й оси;

2.10.1. Значения коэффициента  $k_1$  принимаются:

- в расчетах по п.2.7,а – согласно табл. 2.4;
- в расчетах по п. 2.7,в – равным единице.

Значения коэффициентов  $\beta_i$ ,  $K_\psi$ ,  $\bar{\eta}_{jik}$  принимаются:

- в расчетах согласно п. 2.7,а – как для сооружения, которому соответствует РДМ-1;
- в расчетах по п.2.7,в - как для "ядра" сооружения (по РДМ-3).

2.11. Значение коэффициента динамичности  $\beta_i$ , зависит от расстояния до эпицентра землетрясения, категории грунта по сейсмическим свойствам и периода  $i$ -го тона свободных колебаний. При отсутствии данных о расстоянии до эпицентра прогнозируемого землетрясения значения  $\beta_i$  принимаются по графикам рис. 2 или по формулам табл. 2.2.

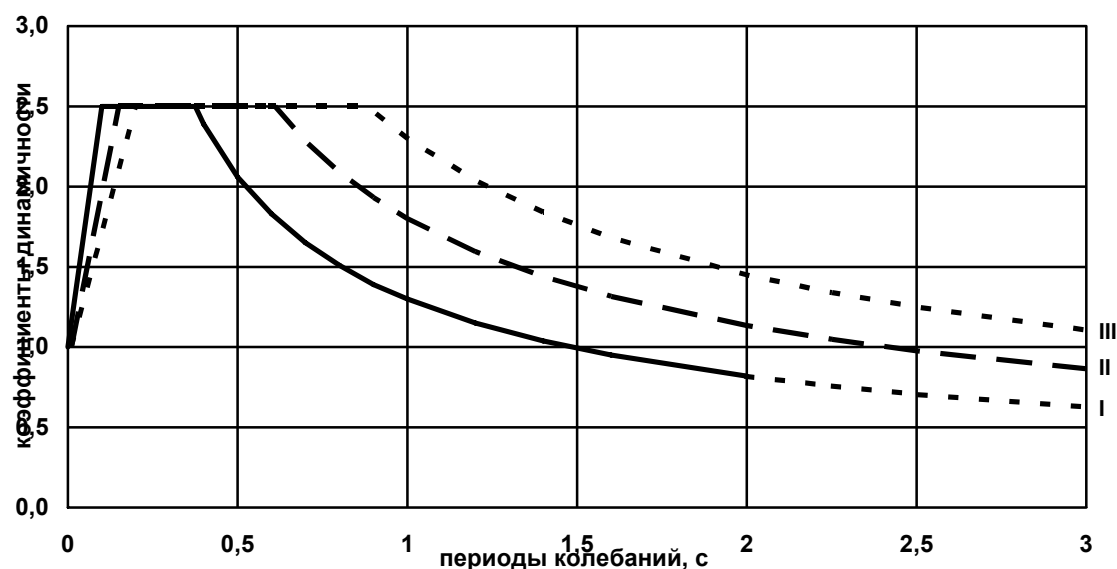
Таблица 2.2

Категория грунтов по сейсмическим свойствам	Участок графика (периоды $T$ , с)	Значение $\beta$ или формула для участка
I	от 0,00 с до 0,10 с	$1+15T$
	при $T$ более 0,10 с	$1,3 / T^{2/3}$ , но не более 2,5
II	от 0,00 с до 0,15 с	$1+10T$
	при $T$ более 0,15 с	$1,8 / T^{2/3}$ , но не более 2,5
III	от 0,00 с до 0,20 с	$1+7,5T$
	при $T$ более 0,20 с	$2,3 / T^{2/3}$ , но не более 2,5

Таблица 2.3

№№ п.п.	Характеристика конструкций	Значения $K_\psi$
1.	Высокие сооружения небольших размеров в плане (башни, мачты, дымовые трубы, отдельно стоящие шахты лифтов и т. п.)	1,3
2.	Каркасные здания, стеновое заполнение которых не оказывает влияния на его деформативность	1,2
3.	Здания и сооружения, не указанные в пп. 1 и 2	1

№№ п.п.	Сооружения или их конструктивные системы	Значения $k_l$
1.	Сооружения, в которых по условиям эксплуатации повреждения или пластические деформации не допускаются (железобетонные резервуары, газгольдеры, защитные оболочки, спецхранилища, пролетные несущие конструкции и т.п.), при расчетах на уровень ПЗ. В расчетах по п. 2.7,в	1
2.	Башни, дымовые трубы и высокие опоры без оттяжек, отдельно стоящие лифтовые шахты	0,5
3.	Металлический каркас	0,2
4.	Железобетонный каркас	0,35
5.	Стены (диафрагмы, ядра жесткости), на которые опираются перекрытия (покрытия): а. из железобетона б. из кирпичной (каменной) кладки	0,3 0,4
6.	Стены (диафрагмы, ядра жесткости), на которые перекрытия (покрытия) не опираются: а. из железобетона б. из кирпичной (каменной) кладки	0,2 0,25
7.	Заполнение каркасов из кирпичной (каменной) кладки, участвующее в работе	0,2

Рис. 2 Значение коэффициента динамичности  $\beta$ 

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

*Примечания.*

1. При сейсмичности площадки 8 баллов и более при грунтах III категории к значению  $S_{ik}$  вводится множитель 0,7, учитывающий нелинейное деформирование грунта при сейсмических воздействиях.
2. При наличии представительного статистического коллектива записей сейсмических воздействий допускается использование региональных значений  $\beta$ .
3. Периоды свободных колебаний при определении значений  $\beta$  принимаются при расчетах на ПЗ по РДМ-1, а при расчетах на МРЗ – по РДМ-3.

2.12. Коэффициенты пространственных форм колебаний  $\eta_{jik}$  и  $\bar{\eta}_{jik}$  следует определять по формулам:

$$\eta_{jik} = X_{jik} \cdot \eta_i; \tag{2.3}$$

$$\bar{\eta}_{jik} = \alpha_{jik} \cdot \eta_i, \tag{2.4}$$

где  $X_{jik}$  и  $\alpha_{jik}$  – перемещения и углы поворота  $k$ -го ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) узла РДМ по  $j$ -ому ( $j = 1, 2, 3$ ) направлению при  $i$ -ой форме колебаний, (рис. 3, б);

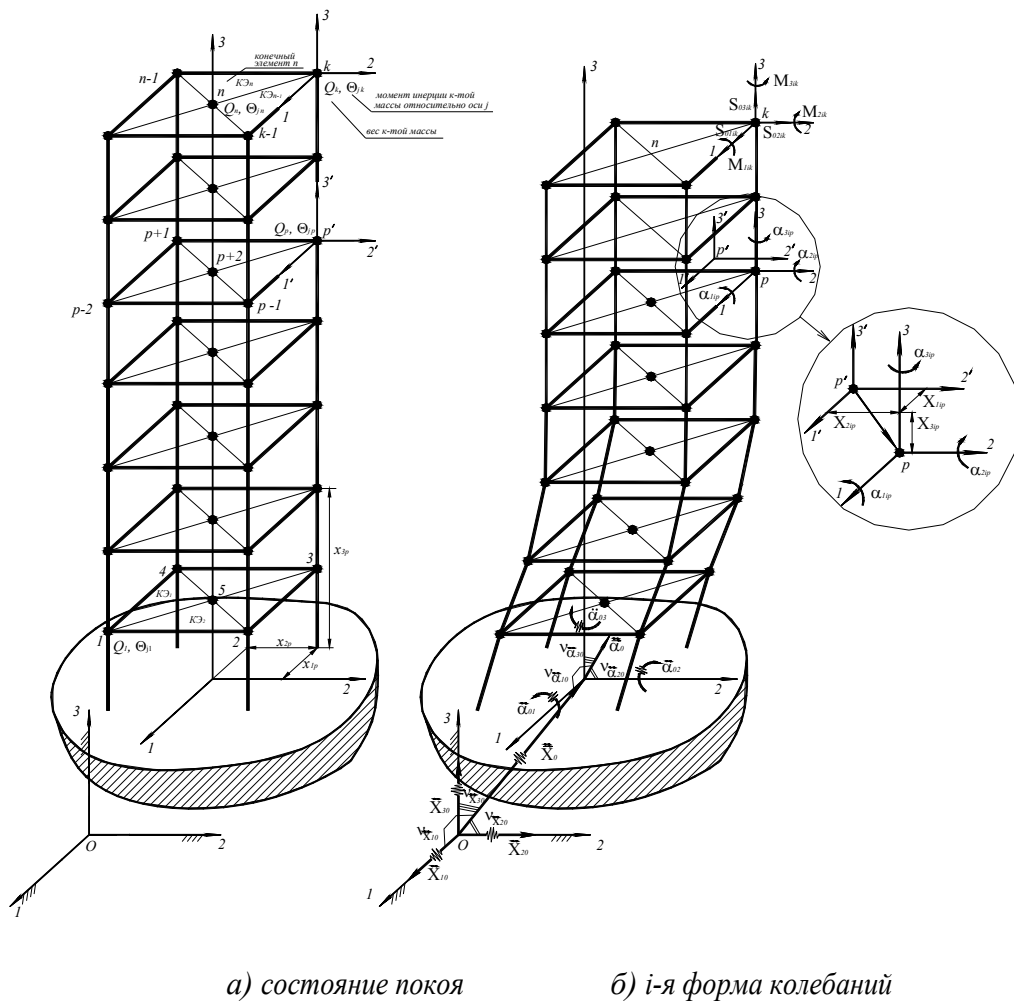


Рис. 3. Пространственная расчетная динамическая модель сооружения

$$\eta_i = \chi_1 \frac{\sum_{p=1}^n \sum_{j=1}^3 \left\{ m_p X_{jip} \left[ v_{\ddot{X}_{j0}} + w \chi_2 E_{jmn} (x_{mp} v_{\ddot{\alpha}_{n0}} - x_{np} v_{\ddot{\alpha}_{m0}}) \right] + w \chi_2 \Theta_{jp} \alpha_{jip} v_{\ddot{\alpha}_{j0}} \right\}}{\sum_{p=1}^n \sum_{j=1}^3 \left\{ m_p X_{jip}^2 + \Theta_{jp} \alpha_{jip}^2 \right\}} \tag{2.5}$$

где:  $E_{jmn}$  - символы, определяющие расстановку компонент следующим образом:

- при  $j = 1, m = 2, n = 3;$
- $j = 2, m = 3, n = 1;$

$$j = 3, m = 1, n = 2;$$

$x_{mp}$  и  $x_{np}$  - координаты  $p$ -го узла в осях основания сооружения ( $j = 1, 2, 3; p = 1, 2, \dots, n$ ), см. рис. 3;

$\chi_1$  - коэффициент, учитывающий спектр длин сейсмических волн, на которые выполняется расчет, определяют по п. 2.12.1;

$\chi_2$  - коэффициент, учитывающий спектр ротационных ускорений грунта в основании сооружения, определяют по п. 2.12.2;

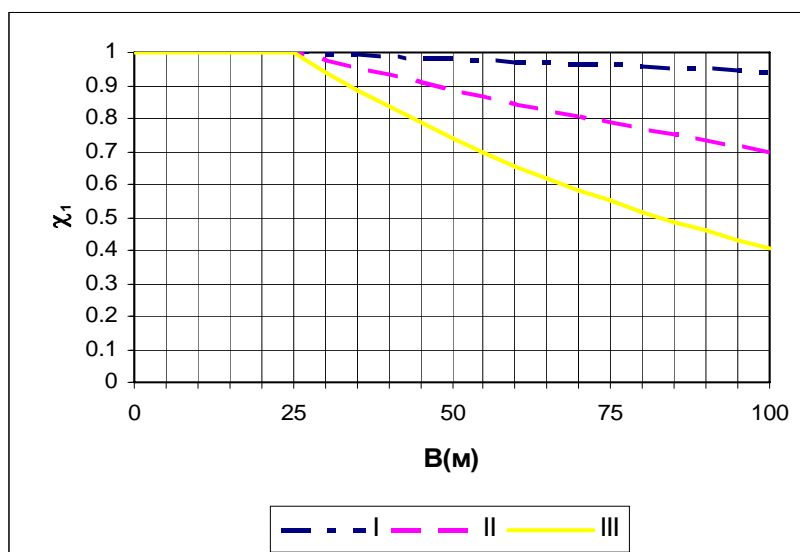
$w$  - относительная интенсивность угловых ускорений ротации сейсмического движения грунта в основании сооружения, определяемая по п. 2.12.3;

$V_{\ddot{x}_{j0}}$  и  $V_{\ddot{\alpha}_{j0}}$  ( $j = 1, 2, 3$ ) - направляющие косинусы векторов ускорения поступательного движения и вращения грунтового основания (рис. 3,б), удовлетворяющие следующим условиям:

$$\sum_{j=1}^3 V_{\ddot{x}_{j0}}^2 = 1 \quad \text{и} \quad \sum_{j=1}^3 V_{\ddot{\alpha}_{j0}}^2 = 1. \quad (2.6)$$

2.12.1. Значение коэффициента  $\chi_1$ , учитывающего спектр длин сейсмических волн, на которые выполняется расчет, зависит от расстояния до эпицентра землетрясения, категории грунта по сейсмическим свойствам, а также от размеров сооружения в плане. При отсутствии данных о расстоянии до эпицентра землетрясения и спектре прогнозируемых сейсмических волн значения коэффициента  $\chi_1$  определяются по графикам рис. 4 или по формулам табл. 2.5.

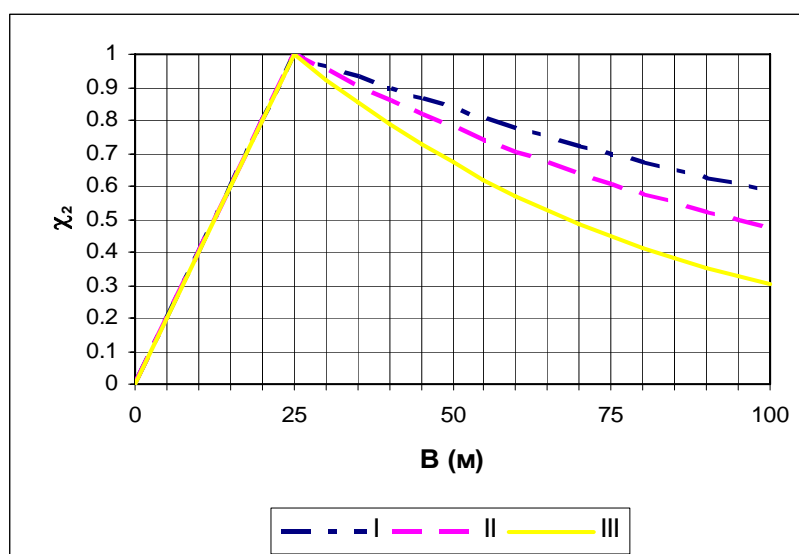
**Рис. 4.** Графики нормированных функций  $\chi_1(B)$ ,  $B$ , м наименьший размер сооружения в плане



Категория грунтов по сейсмическим свойствам	Участок графика рис. 4, параллельный размер сооружения в плане, В, м	Значение $\chi_1$ или формула для участка
I	от 0 до 25 м	1,0
	от 25 до 100 м	$e^{-8(B-25) \cdot 10^{-4}}$
II	от 0 до 25 м	1,0
	от 25 до 100 м	$e^{-4,8(B-25) \cdot 10^{-3}}$
III	от 0 до 25 м	1,0
	от 25 до 100 м	$e^{-1,2(B-25) \cdot 10^{-2}}$

2.12.2. Значения коэффициента  $\chi_2$ , учитывающего спектр ротационных ускорений грунта в основании сооружения, зависит от тех же параметров, что и  $\chi_1$ , и дополнительно от размеров сооружения в плане. Коэффициент  $\chi_2$  имеет тот же физический смысл, что и  $\chi_1$ , но для ротационных характеристик сейсмического движения грунта. При отсутствии данных о прогнозируемом землетрясении значения коэффициента  $\chi_2$  определяются по графикам рис. 5 или по формулам табл. 2.6.

**Рис. 5.** Графики нормированных функций  $\chi_2(B)$ , В, м – наименьший размер сооружения в плане



Категория грунтов по сейсмическим свойствам	Участок графика (параллельный размер сооружения в плане, В, м)	Значение $\chi_2$ или формула для участка
I	от 0 до 25 м	0,04·В
	от 25 до 100 м	$e^{-7,2(B-25) \cdot 10^{-3}}$
II	от 0 до 25 м	0,04·В
	от 25 до 100 м	$e^{-1 \cdot (B-25) \cdot 10^{-2}}$
III	от 0 до 25 м	0,04·В
	от 25 до 100 м	$e^{-1,6(B-25) \cdot 10^{-2}}$

2.12.3. Значения относительной интенсивности угловых ускорений ротации движения грунта в основании сооружения  $w$  зависят от спектра длин ротационных сейсмических волн, расстояния до эпицентра землетрясения и категории грунта по сейсмическим свойствам. В зависимости от этих параметров значения  $w$  вычисляются по специальным алгоритмам. При отсутствии этих данных о прогнозируемом землетрясении значения  $w$  следует принимать равными:  $2 \cdot 10^{-2}$ ,  $6 \cdot 10^{-2}$ ,  $9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^{-1}$  для грунтов I, II и III категорий по сейсмическим свойствам, соответственно.

2.13. При определении поэтажной сейсмической нагрузки для сооружений, указанных в п. 2.4, значения коэффициентов форм колебаний следует определять по формуле:

$$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n Q_j X_i(x_j)}{\sum_{j=1}^n Q_j X_i^2(x_j)}, \quad (2.7)$$

где:  $X_i(x_k)$  и  $X_i(x_j)$  - смещения здания или сооружения при собственных колебаниях по  $i$ -му тону в рассматриваемой точке  $k$  и во всех точках  $j$ , где в соответствии с расчетной схемой его вес принят сосредоточенным;

$Q_j$  – вес здания или сооружения, отнесенный к точке  $j$ , определяемый с учетом расчетных нагрузок на конструкцию согласно п. 2.1.

Для зданий высотой до 5 этажей включительно с незначительно изменяющимися по высоте массами и жесткостями этажей при  $T_l < 0,4$  с коэффициент  $\eta_k$  допускается определять по упрощенной формуле:

$$\eta_k = \frac{x_k \sum_{j=1}^n Q_j x_j}{\sum_{j=1}^n Q_j x_j^2}, \quad (2.8)$$

где:  $x_k$  и  $x_j$  - расстояния от точек  $k$  и  $j$  до верхнего обреза фундаментов.

2.14. При расчете сооружений, указанных в п. 2.4, помимо поступательной сейсмической нагрузки, определяемой согласно п. 2.9, необходимо учитывать крутящий момент относительно вертикальной оси сооружения, проходящей через его центр тяжести.

Значение расчетного эксцентриситета между центрами жесткостей и масс сооружения в рассматриваемом уровне следует принимать не менее  $0,025B$ ,  $0,07B$  или  $0,10B$  для грунтов основания I, II или III категории по сейсмическим свойствам.

2.15. Вертикальную сейсмическую нагрузку в случаях, предусмотренных п. 2.6., следует определять по формуле (2.1), при этом значение коэффициента  $K_v$  принимается равным единице, а значение вертикальной сейсмической нагрузки умножается на 0,7.

2.16. Перемещения (прогибы) в точке  $k$  сооружения определяются от суммарного действия сейсмических нагрузок, определенных по пп. 2.9 и 2.10. При этом значение коэффициента  $k_j$  принимается равным единице.

2.17. При расчете высотных зданий следует учитывать следующие дополнительные расчетные требования:

2.17.1. Здания необходимо проверять на устойчивость против опрокидывания, учитывая реальные характеристики грунтовых оснований.

2.17.2. Если начальная сейсмостойкость здания меньше расчетной сейсмичности площадки строительства высотного здания, то следует выполнять комплекс расчетов здания на сейсмические воздействия.

2.17.3. Расчетную сейсмичность площадки строительства следует определять с учетом:

- материалов дополнительного сейсмического микрорайонирования, выполненного специализированными организациями;
- вероятностных характеристик прогнозируемых сейсмических воздействий;
- принятой для здания категории ответственности (безопасности).

2.17.4. При оценке устойчивости здания против опрокидывания следует учитывать влияние вертикальных нагрузок, вызывающих дополнительный эксцентриситет нормальных сил.

2.17.5. При оценке динамических характеристик здания расчеты необходимо выполнять для двух его состояний:

- "до землетрясения" с использованием РДМ-1;
- "в конце землетрясения" с использованием РДМ-3.

2.17.6. При конструировании здания следует учитывать результаты расчетов на сейсмические воздействия по п.2.7,в (по модифицированному спектральному методу), при этом



допускается за "ядро" здания принимать конструкции каркаса без учета возможной работы ограждающих конструкций.

2.17.7. В расчетах допускается учитывать два значения спектральной характеристики  $\beta$ :

- "общую" согласно п. 2.11. настоящего раздела;
- "частную" – по результатам обработки записей удаленных землетрясений.

2.17.8. При конструировании следует не допускать снижения крутильной жесткости здания, особенно в его нижней части.

2.18. Ограждающие конструкции здания, а также перегородки и их крепления к несущим конструкциям должны быть рассчитаны на местные сейсмические нагрузки, соответствующие высоте их расположения (согласно п. 1.15).

2.19. В расчетах на МРЗ (по п. 1.5) при определении прочности нормальных сечений изгибаемых и внецентренно сжатых элементов предельную характеристику сжатой зоны бетона  $\xi_R$  следует принимать по СНиП на проектирование бетонных и железобетонных конструкций с коэффициентом 0,85.

2.20. Кладки в зависимости от их сопротивляемости сейсмическим воздействиям подразделяются на категории, определяемые временным сопротивлением осевому растяжению по неперевязанным швам (нормальное сцепление), значение которого должно быть в пределах:

- для кладки 1 категории –  $R_{nt} \geq 180$  кПа (1,8 кгс/см<sup>2</sup>);
- для кладки 2 категории –  $180 \text{ кПа} > R_{nt} \geq 120$  кПа (1,2 кгс/см<sup>2</sup>).

Для обеспечения нормативной величины временного сопротивления осевому растяжению кладки, при ее изготовлении следует применять растворы со специальными добавками, повышающими прочность нормального сцепления кирпича (камня, блока) с раствором.

2.20.1. В проекте необходимо указывать требуемое значение  $R_{nt}$  и предусматривать специальные мероприятия (составы растворов, технологию производства работ, уход за твердеющей кладкой), которые позволят с учетом климатических условий района строительства и особенностей применяемых строительных материалов получить необходимые прочностные показатели кладки. При проектировании значение  $R_{nt}$  следует назначать в зависимости от результатов испытаний, проводимых в районе строительства.

2.20.2. Значения расчетных сопротивлений кладки  $R_p$ ,  $R_{cp}$ ,  $R_{cl}$  по перевязанным швам следует принимать по СНиП по проектированию каменных и армокаменных конструкций, а по неперевязанным швам – определять в зависимости от величины  $R_p^g$ , полученной в результате испытаний, проводимых в районе строительства.

## Расчет элементов конструкций

2.21. Напряженно-деформированное состояние конструкций сооружения оценивается с учетом основного и особого сочетания нагрузок, в том числе совместного действия всех узловых сейсмических сил и сейсмических моментов по формулам (2.1) и (2.2) соответственно для каждой формы колебания.

*Кроме того, следует учитывать напряженно-деформированное состояние несущих конструкций, сложившееся в период эксплуатации сооружения.*

2.22. Расчетные значения силового фактора  $N_p$  (усилий, напряжений) в элементах конструкций от расчетных сейсмических нагрузок следует определять при условии статического действия их на сооружение по формуле:

$$N_p = \frac{m_1}{m_2} \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2}, \quad (2.9)$$

где:  $N_i$  - значения силового фактора в рассматриваемом сечении, вызываемого сейсмическими нагрузками, соответствующими  $i$ -й форме колебаний;

$n$  - число учитываемых в расчете форм колебаний;

$m_1$  – коэффициент ответственности элемента за переход здания в предельное состояние; принимается по данным табл. 2.7.

$m_2$  – коэффициент условий работы конструкции; принимается по данным табл. 2.8.

Таблица 2.7

№№ п.п.	Элемент конструкции	Значения $m_1$
1.	Колонны 1-го и 2-го этажей каркасных зданий	1,5
2.	Колонны каркасных зданий, кроме указанных в п. 1	1,3
3.	Связевые элементы каркасных зданий	1,2
4.	Несущие элементы покрытий пролетом 18 м и более	1,2
5.	Прочие элементы, не указанные в пп. 1-4	1,0

Таблица 2.8

№№ п.п.	Характеристика конструкций	Значения $m_2$
<b>При расчетах на прочность</b>		
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	1,3
4.	То же, при расчете по пространственным сечениям при действии крутящих моментов	1,4
5.	Каменные, армокаменные и бетонные - при расчете на внецентренное сжатие - при расчете на сдвиг и растяжение	1 0,8
6.	Сварные соединения	1,0
7.	Болтовые и заклепочные соединения	1,1
<b>При расчетах на устойчивость</b>		
8.	Стальные элементы гибкостью свыше 100	1,0
9.	То же, гибкостью до 20	1,2
10.	То же, гибкостью от 20 до 100	От 1,2 до 1,0 по интерполяции

*Примечание.* При расчете стальных и железобетонных конструкций, подлежащих эксплуатации в неотапливаемых помещениях или на открытом воздухе при расчетной температуре ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  следует принимать  $m_2 = 0,9$ ; в случае проверки прочности наклонных сечений  $m_2 = 0,8$ .

2.23. Если периоды  $i$ -го и  $(i+1)$ -го тонов собственных колебаний сооружения отличаются менее чем на 10% друг от друга, то вместо формулы (2.9.) допускается применять формулы, учитывающие взаимную корреляцию обобщенных координат.

2.24. 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 допускается учитывать только первую форму колебания.

2.25. При расчетах на уровень ПЗ принимаются:

- расчетная динамическая модель – РДМ-1;
- уровень воздействия – согласно п. 1.4;
- значение коэффициента  $K_I$  – равным единице.

2.26. При расчетах на уровень МРЗ принимаются:

- расчетная динамическая модель – РДМ-1 или РДМ-3 (в зависимости от метода расчета);
- уровень воздействия – согласно п. 1.5 в зависимости от уровня ответственности (безопасности) сооружения;
- значение коэффициента  $K_I$  – по табл. 2.4 (если расчет выполняется согласно п. 2.7,а) или единица (если расчет выполняется согласно п. 2.7,в)

### 3. ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКТИВНЫМ РЕШЕНИЯМ

3.1. Требования по расчету на сейсмические воздействия (раздел 1 и раздел 2 настоящих норм) относятся к зданиям, удовлетворяющим особым требованиям по планировочным и конструктивным решениям, указанным в настоящем разделе.

По степени соответствия этим требованиям особые конструктивные мероприятия подразделяются на два уровня:

- первый – обязательные для сейсмостойких зданий (сооружений);
- второй – рекомендуемые для зданий, сейсмостойкость которых проверяется расчетами согласно указаниям разделов 1 и 2.

3.2. Расчетные усилия, по которым конструируются сечения элементов конструкций и их соединений, в случаях, когда при проектировании и строительстве не выполняются мероприятия второго уровня, следует умножить на коэффициент конструктивных мероприятий –  $K_z$ , значение которого принимается равным 1,5 для колонн и 1,25 – для остальных элементов конструкций.

3.3. К особым требованиям первого уровня относятся следующие:

3.3.1. Здания (сооружения) следует разделять антисейсмическими швами в случаях, если:

- здание имеет сложную форму в плане;
- смежные участки здания имеют перепады высот 5 м и более.

*Примечание.* В одноэтажных зданиях высотой до 10 м при расчетной сейсмичности 7 баллов антисейсмические швы допускается не устраивать.

- горизонтальные жесткости смежных участков здания различаются между собой в 10 и более раз.

3.3.2. Высота зданий не должна превышать размеров, указанных в табл. 3.1.

**табл. 3.1.**

Несущие конструкции зданий	Высота, м (количество этажей)		
	Сейсмичность площадки, баллы		
	7	8	9
1. Стальной каркас	По требованиям для несейсмических районов		
2. Железобетонный каркас: связевый (в том числе с вертикальными железобетонными диафрагмами или ядрами жесткости, воспринимающими сейсмическую нагрузку) рамный с заполнением из штучной кладки рамный без заполнения безригельный связевый	51(16)  30(9) 30(6) 30(9)	39(12)  23(7) 24(5) 23(7)	30(9)  17(5) 14(4) 17(5)
3. Стены из монолитного железобетона	75(24)	63(20)	51(16)
4. Стены из железобетонных панелей	45(14)	39(12)	30(9)

5. Многослойные стены с внутренним слоем из монолитного железобетона и наружными слоями из штучной кладки	39(12)	30(9)	24(7)
6. Стены из крупных бетонных или виброкирпичных блоков. Стены из виброкирпичных панелей	30(9)	23(7)	17(5)
7. Стены комплексной конструкции из кирпича, природных или бетонных камней правильной формы или мелких блоков при кладке: 1 категории 2 категории	20(6) 17(5)	17(5) 14(4)	14(4) 11(3)
8. Стены из кирпича, природных или бетонных камней и мелких блоков, кроме указанных в поз. 7, при кладке: 1 категории 2 категории	17(5) 14(4)	14(4) 11(3)	11(3) 8(2)
9. Стены из мелких ячеистобетонных блоков	8(2)	8(2)	4(1)
10. Стены деревянные	8(2)	8(2)	4(1)
<i>Примечание.</i> За высоту здания принимается разность отметок низшего уровня отмостки или спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию, и низа верхнего перекрытия.			

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

3.3.4. Для каркасных зданий 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.

3.3.5. В качестве ограждающих стеновых конструкций каркасных зданий следует, как правило, применять легкие навесные панели. Допускается устройство кирпичного или каменного заполнения.

3.3.6. Применение самонесущих стен из каменной кладки допускается:  
при шаге пристенных колонн каркаса не более 6 м;  
при высоте стен зданий, возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, соответственно не более 18, 16 и 9 м.

3.3.7. Кладка самонесущих стен в каркасных зданиях должна иметь гибкие связи с каркасом, не препятствующие горизонтальным смещениям каркаса вдоль стен.

3.3.8. В каменных зданиях расстояния между осями поперечных стен или заменяющих их рам должны проверяться расчетом и быть не более приведенных в табл. 3.2.

табл. 3.2

Категория кладки	Расстояния, м, при расчетной сейсмичности, баллы		
	7	8	9
I	18	15	12
II	15	12	9
<i>Примечание.</i> Допускается увеличивать расстояния между стенами из комплексных конструкций на 30% против указанных в табл. 3.2.			

3.3.9. В изгибаемых и внецентренно сжатых стержневых железобетонных элементах, кроме колонн, стыкование рабочей арматуры внахлестку (без сварки) допускается только для стержней диаметром менее 20 мм. При этом длина перепуска арматуры принимается на 30% больше, определенных по требованиям для несейсмических районов.

3.3.10. В колоннах рамных каркасов многоэтажных зданий шаг хомутов не должен превышать  $1/2h$ , где  $h$  – наименьший размер стороны колонн прямоугольного или таврового сечения. Диаметр хомутов следует принимать не менее 8 мм.

3.3.11. При армировании железобетонных диафрагм жесткости следует предусматривать установку продольной арматуры у вертикальных торцевых граней с площадью сечения не менее 0,05% площади поперечного сечения диафрагмы. По полю диафрагмы у обеих боковых сторон следует предусматривать горизонтальное и вертикальное армирование с площадью сечения не менее 0,05% площади соответствующего поперечного сечения диафрагмы.

В вертикальных стыковых сопряжениях диафрагм или панелей следует предусматривать установку арматурных или иных стальных связей, надежно анкерованных в теле диафрагм. Сечение стальных связей следует назначать по расчету, но не менее  $1,0 \text{ см}^2$  на 1 м пог. стыка.

3.3.12. Во внецентренно сжатых элементах, а также в изгибаемых элементах, в которых учитывается сжатая арматура, хомуты должны устанавливаться по расчету с расстоянием между хомутами не более: при  $R_{ax} \leq 400 \text{ МПа}$  ( $4000 \text{ кг/см}^2$ ) – 400 мм и  $12d_s$ , при  $R_{ax} \geq 450 \text{ МПа}$  ( $4500 \text{ кг/см}^2$ ) – 300 мм и  $10d_s$  ( $d_s$  – наименьший диаметр стержней сжатой продольной арматуры).

3.3.13. В стержневых элементах на участках длиной  $2h$  (где  $h$  – высота сечения элемента), примыкающих к узлам рам, должны удовлетворяться следующие требования:

- шаг хомутов должен быть не более  $h/4$ ,  $10d_s$ , 100 мм (где  $h$  – высота сечения элемента);
- поперечная арматура должна быть вязаной, диаметр  $d_{sw}$  – не менее 8 мм;
- концы вязаной поперечной арматуры необходимо загигать вокруг стержня продольной арматуры и заводить внутрь бетонного тела стержневого железобетонного элемента на длину не менее  $6d_{sw}$ , считая от оси продольного стержня.

При общем насыщении внецентренно сжатых элементов продольной арматурой, превышающем 3%, хомуты должны устанавливаться на расстоянии не более  $8d_s$ , и не более 250 мм.

3.3.14. Для железобетонных колонн каркасных зданий с арматурой А400 и А500 общий процент армирования продольной арматурой не должен превышать 6% и 4% соответственно. При специальном обосновании может быть допущено более высокое насыщение колонн

продольной арматурой при условии усиления приопорных участков колонн (не менее  $\frac{1}{4}$  высоты колонны) сетками косвенного армирования, устанавливаемыми с шагом 75-100 мм.

3.3.15. Следует предусматривать конструктивное армирование стен монолитных зданий:

- по полю стен вертикальной и горизонтальной арматурой с площадью сечения не менее 0,05% площади соответствующего поперечного сечения стены;

- в местах пересечения стен, в местах изменения толщины стены, у граней проемов – с площадью сечения не менее  $2,0 \text{ см}^2$ .

Шаг арматуры не должен превышать 400 мм.

3.3.16. Безригельный каркас, в котором функцию ригеля выполняет плоская железобетонная плита перекрытия, допускается применять только в связевой конструктивной схеме. При этом толщина плит перекрытия должна быть не менее 200 мм. Шаг колонн безригельного каркаса следует принимать не более 6,6 м, расстояние между диафрагмами не должно превышать 15 м.

3.3.17. Длина участков опирания плит перекрытий и покрытий на несущие конструкции принимается не менее:

для кирпичных и каменных стен – 120 мм;

для железобетонных панелей и ригелей – 60 мм.

3.3.18. В зданиях с несущими стенами из кирпича или каменной кладки в уровне перекрытий и покрытий, выполненных из сборных железобетонных элементов, по всем стенам без пропусков и 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.

Антисейсмический пояс (с опорным участком перекрытия) должен устраиваться на всю ширину стены. В наружных стенах толщиной 500 мм и более ширина пояса может быть меньше на 100 – 150 мм. Высота пояса должна быть не менее толщины плиты перекрытия. Класс бетона – не ниже В 12,5.

3.3.19. Конструктивное решение вертикальных и горизонтальных стыковых соединений стен или панелей должно обеспечивать объединение панелей (стен) в единую пространственную систему. В вертикальных стыковых соединениях элементов стен следует предусматривать установку арматурных или иных стальных связей, надежно анкерованных в теле панелей.

Сечение стальных связей следует назначать по расчету, но не менее  $1,0 \text{ см}^2$  на 1 м. пог. стыка.

3.3.20. В зданиях, расположенных на площадках с расчетной сейсмичностью 9 баллов, не допускается применять без специальных анкеров арматурные канаты и стержневую арматуру периодического профиля диаметром более 28 мм.

3.3.21. Короткие колонны (с отношением высоты элемента к размеру наибольшего поперечного сечения  $l/h \leq 5$ ) следует усиливать сетками (спиралями) косвенного армирования или при помощи замкнутых многосрезных хомутов (шпилек), устанавливаемыми с шагом 75-100 мм таким образом, чтобы каждый продольный стержень был закреплен от изгиба в любом направлении.

3.3.22. Жесткость сборных железобетонных перекрытий и покрытий следует обеспечивать путем:

соединения панелей (плит) перекрытий и покрытий и заливки швов между панелями (плитами) цементным раствором;

устройства связей между панелями (плитами) и элементами каркаса или стенами, воспринимающих усилия растяжения и сдвига, возникающие в швах.

Боковые грани панелей (плит) перекрытий и покрытий должны иметь шпоночную или рифленую поверхность. Для соединения с антисейсмическим поясом или для связи с элементами каркаса в панелях (плитах) следует предусматривать выпуски арматуры или закладные детали.

3.4. К особым требованиям второго уровня относятся следующие:

3.4.1. Сейсмостойкость стен каменных зданий из штучной кладки рекомендуется повышать армированием кладки, введением железобетонных включений с созданием комплексных конструкций.

3.4.2. Жесткие узлы железобетонных каркасов зданий рекомендуется усиливать применением сварных сеток, спирали или замкнутых хомутов.

3.4.3. Ненесущие элементы типа перегородок и заполнений каркаса, не участвующих в восприятии сейсмических нагрузок, следует соединять с вертикальными несущими конструкциями (стенами, колоннами), а при длине 3 м и более – и с перекрытиями.

3.4.4. Для штучной кладки несущих и самонесущих стен зданий и заполнения каркаса рекомендуется применять следующие изделия и материалы:

а) кирпич керамический полнотелый или пустотелый марки не ниже 75, пустотностью не выше 25% со сквозными отверстиями, максимальный размер сечения которых не превышает минимального расстояния между ними и 16 мм; а также кирпич с несквозными пустотами диаметром до 60 мм; при сейсмичности 7 баллов допускается применение керамических камней марки не ниже 75;



б) сплошные и пустотелые камни и блоки из легкого бетона плотностью не менее 1200 кг/м<sup>3</sup> классов В 3,5 и выше и мелкие блоки из ячеистого бетона плотностью не менее 700 кг/м<sup>3</sup> из бетона классов В 2,5 и выше;

в) камни и блоки правильной формы из ракушечников, известняков, туфов (кроме фельзитового) и других природных материалов марки 50 и выше; для зданий высотой до 2 этажей сейсмичностью не более 8 баллов допускается использование известняков и ракушечников марки не ниже 35;

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