

**Особенности проектирования
оснований и фундаментов
зданий и сооружений в
сейсмических
районах
(продолжение 1)**

2 Основные положения

2.1 При проектировании зданий и сооружений надлежит:

- применять материалы, конструкции и конструктивные схемы, обеспечивающие снижение сейсмических нагрузок, в том числе системы сейсмоизоляции, динамического демпфирования и другие эффективные системы регулирования сейсмической реакции;
- принимать, как правило, симметричные конструктивные и объемно-планировочные решения с равномерным распределением нагрузок на перекрытия, масс и жесткостей конструкций в плане и по высоте;
- располагать стыки элементов вне зоны максимальных усилий, обеспечивать монолитность, однородность и непрерывность конструкций;

- предусматривать условия, облегчающие развитие в элементах конструкций и их соединениях пластических деформаций, обеспечивающие устойчивость сооружения.

При назначении зон пластических деформаций и локальных разрушений следует принимать конструктивные решения, снижающие риск прогрессирующего разрушения сооружения или его частей и обеспечивающие "живучесть" сооружений при сейсмических воздействиях.

Не следует применять конструктивные решения, допускающие обрушение сооружения в случае разрушения или недопустимого деформирования одного несущего элемента.

2.2 Проектирование зданий высотой более 75 м должно осуществляться при сопровождении компетентной организации.

2.3 Интенсивность сейсмических воздействий в баллах (сейсмичность) для района строительства принимается на основе комплекта карт общего сейсмического районирования

территории Российской Федерации (ОСР-2016), утвержденных Российской академией наук.

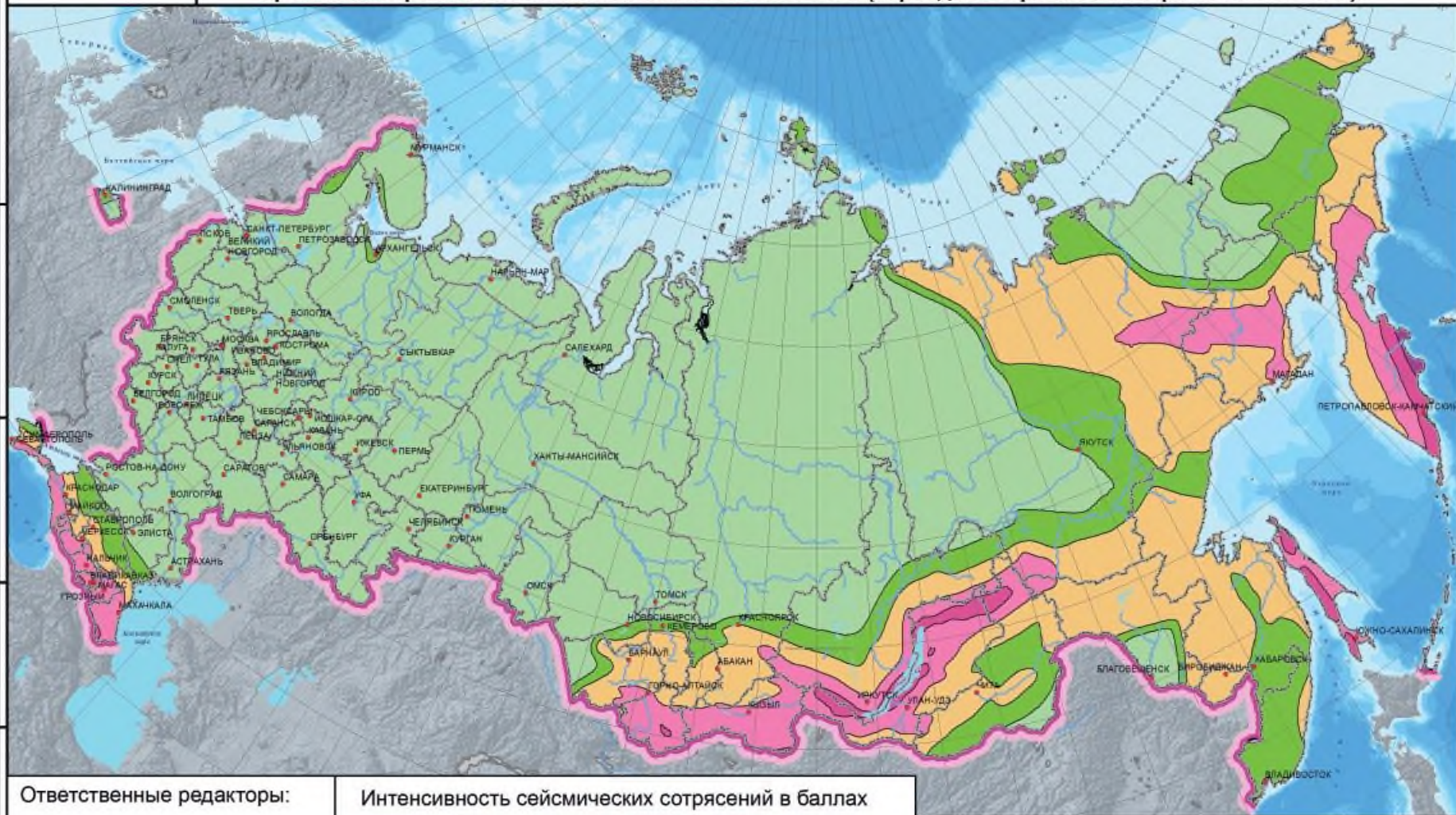
Комплект карт предусматривает осуществление антисейсмических мероприятий при строительстве объектов и отражает карта А - 10%, карта В - 5%, карта С - 1% вероятности возможного превышения (или 90%, 95% и 99% вероятности непревышения) в течение 50 лет указанных на картах значений сейсмической интенсивности.

Значениям вероятностей соответствуют следующие средние интервалы времени между землетрясениями расчетной интенсивности: 500 лет (карта А), 1000 лет (карта В), 5000 лет (карта С).

Список населенных пунктов РФ, расположенных в сейсмических районах, с указанием расчетной сейсмической интенсивности в баллах шкалы MSK-64 для средних грунтовых условий и трех степеней сейсмической опасности - А (10%), В (5%), С (1%) в течение 50 лет приведен в СП 14.13330.2014.

Жипхеген	7	8	9*
Жирекен	6	7	8
Забайкальск	-	6	7
Заречное	6	7	7
Заречный	7	8	9
Засопка	7	8	9
Захарово	7	8	9
Зеленое Озеро	6	7	7
Новый Дурулгуй	6	6	7
Новый Олов	6	7	8
Норинск	-	6	7
Нуринск	6	7	8
Октябрьский	-	6	7
Олекан	6	7	8
Оленгуй	7	7	8
Олинск	6	7	8
Чиндант 2-й	6	6	7
Чирон	7	8	9
Чита	7	8	9
Чупрово	-	6	7
Шара	6	6	7
Шаранча	6	6	7
Шелопугино	6	7	8
Шерловая Гора	6	6	7

ОБЩЕЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 МАКСИМАЛЬНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОТЯСЕНИЙ (I, баллы) 10%-ная вероятность превышения расчетной интенсивности в течение 50 лет (период повторяемости сотрясений – 500 лет).



Ответственные редакторы:

В.И.Уломов - © ИФЗ РАН
М.И.Богданов - © ООО ИГИИС

Интенсивность сейсмических сотрясений в баллах

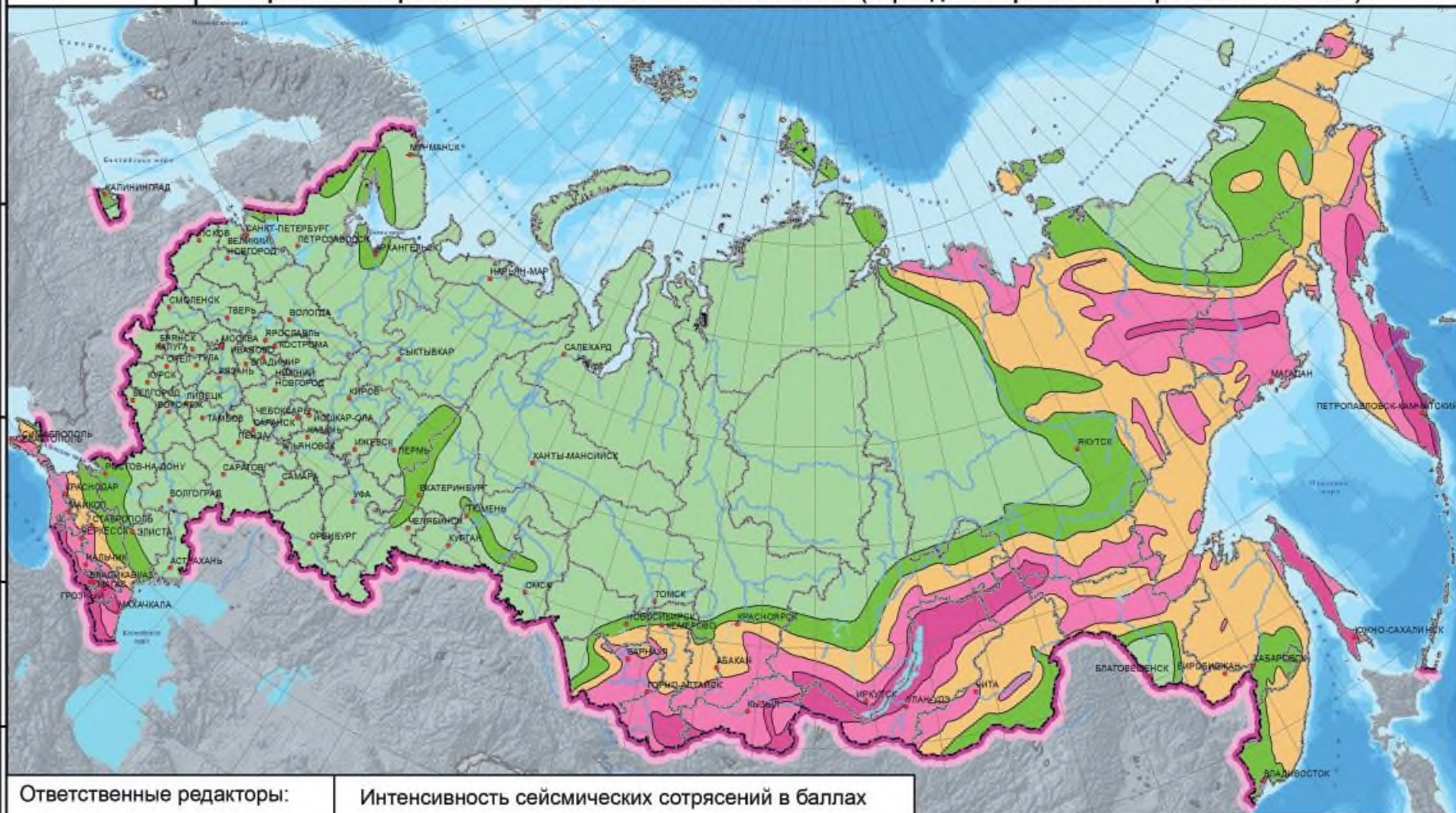


0 280 560 1120 1680 2240 Километры

ОСР-2016-В

ОБЩЕЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАКСИМАЛЬНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОТЯСЕНИЙ (I, баллы) 5%-ная вероятность превышения расчетной интенсивности в течение 50 лет (период повторяемости сотрясений – 1000 лет).



Ответственные редакторы:

В.И.Уломов - © ИФЗ РАН
М.И.Богданов - © ООО ИГИИС

Интенсивность сейсмических сотрясений в баллах

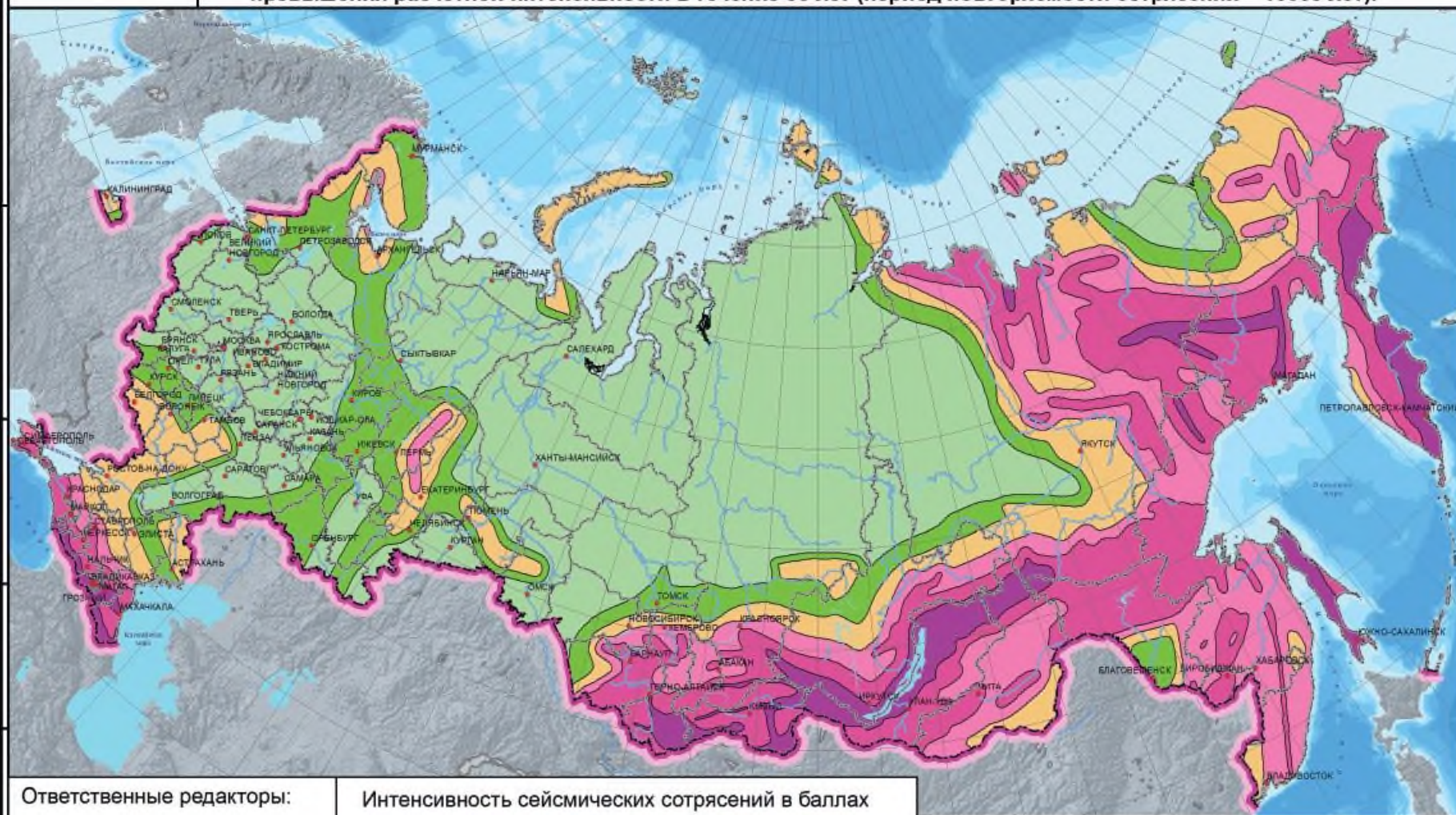


0 280 560 1 120 1 680 2 240 Километры

ОСР-2016-D

ОБЩЕЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАКСИМАЛЬНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОТЯСЕНИЙ (I, баллы) 0,5%-ная вероятность превышения расчетной интенсивности в течение 50 лет (период повторяемости сотрясений – 10000 лет).



Ответственные редакторы:

В.И.Уломов - © ИФЗ РАН
М.И.Богданов - © ООО ИГИИС

Интенсивность сейсмических сотрясений в баллах



0 280 560 1120 1680 2240 Километры

Комплект карт ОСР-2016 (А, В, С) позволяет оценивать на трех уровнях степень сейсмической опасности и предусматривает осуществление антисейсмических мероприятий при строительстве объектов трех категорий, учитывающих ответственность сооружений:

- карта А - массовое строительство;
- карта В - объекты повышенной ответственности
- карта С - особо ответственные объекты.

При возведении объекта массового гражданского или промышленного строительства сейсмичность отдельного населенного пункта определяется по карте А.

Карта В используется при строительстве объектов, функционирование которых обязательно при разрушительном землетрясении (аэропорты, вокзалы, и т.д.).

Карта С используется для особо ответственных объектов, разрушение которых при землетрясении может повлечь за собой экологическую катастрофу (АЭС, ГЭС, химзаводы и т.д.).

Необходимо отметить, что комплект карт ОСР-2016 составлен для грунтов среднего качества по сейсмическим свойствам (II категории), согласно табл. 1.

В реальности на любой территории существуют как средние, хорошие, так и слабые грунты. При этом наблюдения показали, что эффект проявления землетрясения на слабых грунтах сильнее на 1-2 балла, чем, например, на соседних скальных. Следовательно, здания на слабых грунтах получают большую степень повреждения.

Поэтому при проектировании какого-либо объекта необходимо корректировать сейсмичность площадки строительства в зависимости от качества грунтов, залегающих в ее основании.

Решение о выборе карты для оценки сейсмичности района при проектировании конкретного объекта принимает заказчик по представлению генерального проектировщика, при необходимости основываясь на заключениях компетентной

организации.

Для уточнения сейсмичности района строительства объектов повышенной ответственности дополнительно проводят специализированные сейсмологические и сейсмотектонические исследования.

2.4 Расчетная сейсмичность площадки строительства устанавливается по результатам сейсмического микрорайонирования (СМР), выполняемого в составе инженерных изысканий, с учетом сейсмотектонических, грунтовых и гидрогеологических условий.

Сейсмичность площадки строительства объектов, использующих карту А, при отсутствии данных СМР допускается предварительно определять по таблице 1.

Таблица 1 – Расчетная сейсмичность площадки строительства

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Описание грунта	Характеристика сейсмических свойств грунтов		Расчетная сейсмичность площадки при сейсмичности района, баллы			
		Сейсмическая жесткость $\rho \cdot V_s$, г/см ³ ·м/с	Скорость поперечных волн V_s , м/с Отношение скоростей продольных и поперечных волн V_p/V_s	6	7	8	9
I	Скальные грунты (в том числе вечномерзлые и вечномерзлые оттаявшие) неветрелые и слабоветрелые; крупнообломочные грунты плотные, маловлажные из магматических пород, содержащие до 30 % песчано-глинистого заполнителя; выветрелые и сильновыветрелые скальные и дисперсные твердомерзлые (многолетнемерзлые) грунты при температуре минус 2 °С и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии)	>1500	>700 1,7–2,2	–	6	7	8
II	Скальные грунты выветрелые и сильновыветрелые, в том числе вечномерзлые, кроме отнесенных к категории I; крупнообломочные грунты, за исключением отнесенных к категории I; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ для глин и суглинков и $e < 0,7$ – для супесей; вечномерзлые нескальные грунты пластичномерзлые или сыпучемерзлые, а также твердо-мерзлые при температуре выше минус 2 °С при строительстве и эксплуатации по принципу I	350–1500	250–700 1,7–2,2 (не водонасыщенные) 2,2–3,5 (водонасыщенные)	–	7	8	9

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Описание грунта	Характеристика сейсмических свойств грунтов		Расчетная сейсмичность площадки при сейсмичности района, баллы			
		Сейсми- ческая жесткость $\rho \cdot V_s$, г/см ³ ·м/с	Скорость поперечных волн V_s , м/с Отношение скоростей продольных и поперечных волн V_p/V_s	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; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L > 0,5$; глинистые грунты с показателем консистенции с $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e \geq 0,9$ для глин и суглинков и $e \geq 0,7$ – для супесей; вечномерзлые дисперсные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допускается оттаивание грунтов основания)	200–350	150–250 3,5–7	7	8	9	>9
IV	Наиболее динамически неустойчивые разновидности песчано-глинистых грунтов, указанные в категории III, склонные к разжижению при сейсмических воздействиях	<200	60–150 7–15	7*	8*	9*	>9*

* Грунты с большей вероятностью склонны к разжижению и потере несущей способности при землетрясениях интенсивностью более 6 баллов.

Из таблицы 1 видно, что сейсмичность строительной площадки может совпадать или не совпадать с сейсмичностью района, определенной по картам ОСР-2016.

Если строительная площадка сложена грунтами хорошего качества (I категория), то ее сейсмичность снижается на один балл по сравнению с сейсмичностью района.

Если площадка сложена грунтами плохого качества (III, IV категории), то ее сейсмичность повышается на один балл.

При грунтах среднего качества сейсмичность площадки строительства совпадает с сейсмичностью района строительства.

Примечания

1. Скорости , а также значение сейсмической жесткости грунта являются средневзвешенными значениями для 30-метровой толщи, считая от планировочной отметки.

2. В случае многослойного строения грунтовой толщи, грунтовые условия участка относят к более неблагоприятной категории, если в пределах верхней 30-метровой толщи (считая от планировочной отметки) слои, относящиеся к этой категории, имеют суммарную мощность более 10 м.

3. При отсутствии данных о консистенции, влажности, сейсмической жесткости, скоростях глинистые и песчаные грунты при положении уровня грунтовых вод выше 5 м относятся к категории III или IV по сейсмическим свойствам.

4. При прогнозировании подъема уровня грунтовых вод и обводнения грунтов (в том числе просадочных) категорию грунтов следует определять в зависимости от свойств грунта в замоченном состоянии.

5. При строительстве на вечномёрзлых грунтах по принципу II грунты основания следует рассматривать по их фактическому состоянию после оттаивания.

2.5 Площадки строительства, в пределах которых отмечены тектонические нарушения, перекрытые чехлом рыхлых отложений мощностью менее 10 м, участки с крутизной склонов более 15° , с оползнями, обвалами, осыпями, карстом, селями, участки, сложенные грунтами III и IV категорий являются неблагоприятными в сейсмическом отношении.

При необходимости строительства на таких площадках следует принимать дополнительные меры по укреплению их оснований, усилению конструкций и инженерной защите территории от опасных геологических процессов.

2.6 Тип фундамента, его конструктивные особенности и глубина заложения, а также изменения характеристик грунта в результате его закрепления на локальном участке не могут быть основой для изменения категории площадки строительства по сейсмическим свойствам.

При выполнении специальных инженерных мероприятий по укреплению грунтов оснований на локальном участке категория грунта по сейсмическим свойствам должна быть определена по результатам СМР.

2.7 Системы сейсмоизоляции следует предусматривать с применением одного или нескольких типов сейсмоизолирующих и (или) демпфирующих устройств, в зависимости от конструктивного решения и назначения сооружения, вида строительства - новое строительство, реконструкция, усиление, а также от сейсмологических и грунтовых условий площадки.

Здания и сооружения с применением систем сейсмоизоляции следует возводить, как правило, на грунтах категорий I и II по сейсмическим свойствам. В случае необходимости строительства на площадках, сложенных грунтами категории III, необходимо специальное обоснование.

Проектирование зданий и сооружений с системами сейсмоизоляции рекомендуется выполнять при сопровождении компетентной организации.

2.8 С целью получения достоверной информации о работе конструкций и прилегающих к зданиям и сооружениям колебаниях грунтов при интенсивных землетрясениях в проектах зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, следует предусматривать установку станций наблюдения за динамическим поведением конструкций и прилегающих грунтов.

3 Расчетные нагрузки

3.1 Расчет конструкций и оснований зданий и сооружений, проектируемых для строительства в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом расчетной сейсмической нагрузки.

При расчете зданий и сооружений на особое сочетание нагрузок значения расчетных нагрузок следует умножать на коэффициенты сочетаний, принимаемые по таблице 2. Нагрузки, соответствующие сейсмическому воздействию, следует рассматривать как знакопеременные нагрузки.

Таблица 2 - Коэффициенты сочетаний нагрузок n_c

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

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.

Для зданий и сооружений с простым конструктивно-планировочным решением расчётные сейсмические нагрузки следует принимать действующими горизонтально в направлении их продольной и поперечной осей.

Действие сейсмических нагрузок в указанных направлениях следует учитывать отдельно.

Расчётные сейсмические нагрузки на здания и сооружения, имеющие сложное конструктивно-планировочное решение, следует определять с применением пространственных расчётных динамических моделей зданий и с учётом пространственного характера сейсмических воздействий.

Конструктивно-планировочное решение зданий и сооружений считается простым, если выполняются все нижеперечисленные условия:

а) первая и вторая формы собственных колебаний сооружения не являются крутильными относительно вертикальной оси;

б) максимальное и среднее значения горизонтальных смещений каждого перекрытия по любой из поступательных форм собственных колебаний сооружения различаются не более чем на 10%;

в) значения периодов всех учитываемых форм собственных колебаний должны отличаться друг от друга не менее чем на 10%;

г) в перекрытиях отсутствуют большие проемы, ослабляющие диски перекрытий;

д) высота здания не должна превышать предельное значение, регламентируемое СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах».

Расчёт зданий на сейсмические воздействия, соответствующие уровню ПЗ, производится в следующей последовательности:

- 1) определяется сейсмичность района строительства;
- 2) определяется сейсмичность площадки строительства;

3) формируется расчётная динамическая модель здания и определяются ее параметры;

4) определяются периоды, частоты и формы собственных колебаний каркаса;

5) определяется расчётная сейсмическая нагрузка;

6) определяются усилия в элементах каркаса от действия сейсмических нагрузок;

7) определяются усилия в элементах каркаса от особого сочетания нагрузок;

8) производится поверочный расчёт основных элементов каркаса и узлов их соединений.

9) производится оснований и фундаментов .

3.2 При выполнении расчетов сооружений с учетом сейсмических воздействий следует применять две расчетные ситуации:

а) сейсмические нагрузки соответствуют уровню ПЗ (проектное землетрясение). Целью расчетов на воздействие ПЗ является предотвращение частичной или полной потери эксплуатационных свойств сооружением. Расчетные модели сооружений следует принимать соответствующими упругой области деформирования.

б) сейсмические нагрузки соответствуют уровню МРЗ (максимальное расчетное землетрясение). Целью расчетов на воздействие МРЗ является предотвращение глобального обрушения сооружения или его частей, создающего угрозу безопасности людей. Формирование расчетных моделей сооружений следует проводить с учетом возможности развития в несущих и ненесущих элементах конструкций неупругих деформаций и локальных хрупких разрушений.