

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**к Стандарту организации "Строительство**  
**в сейсмических районах. Основные положения"**

Работа выполнена в соответствии с техническим заданием по теме.

При подготовке проекта Стандарта организации использовался СП 31-114-2004, который содержит положения по пространственным методам расчета на сейсмические воздействия, ранее не входившие в СНиП II-7-81\*.

Приложения к СНиП II-7-81\* – «Список населенных пунктов» и Карты общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97, разработанные ИФЗ РАН, изменениям не подвергались.

Инженерный анализ последствий сильных землетрясений, происшедших после утверждения СНиП II-7-81\*, свидетельствует о том, что в целом действующие нормы обеспечивают сейсмостойкость зданий и сооружений, выполненных качественно и в полном соответствии с проектом. Однако, в ряде случаев, когда уровень сейсмического воздействия был близок к прогнозируемому или несколько превышал его, надежность некоторых зданий обеспечивалась не в полной мере. Это привело к необходимости корректировки некоторых положений нормативного документа.

В подготовленной редакции Стандарта сохранены основные принципиальные положения действующих норм.

В проект включены некоторые положения, учитывающие новую концепцию сейсмостойкости зданий и сооружений, основы которой разработаны в ЦНИИСК им. Кучеренко (филиал ФГУП НИЦ «Строительство»). При подготовке проекта документа учитывались рекомендации международных организаций по сейсмостойкому строительству, положения нормативных документов стран СНГ, а также предложения специалистов, принимавших участие в работе.

Основные расчетные положения проекта Стандарта сформулированы в соответствии с указаниями и рекомендациями действующего Стандарта организации СТО 36554501-014-2008 "Надежность строительных конструкций и оснований".

Рассмотрим новые положения проекта Стандарта организации.

1. Важным является положение о том, что при расчетах на сейсмические воздействия применяется расчетно-экспериментальный метод, когда некоторые характеристики, используемые в расчетах, принимаются по результатам экспериментальных исследований. Ясно, что такие характеристики с позиций теории расчета не всегда имеют строгое обоснование.

2. В п. 4.1 Стандарта указывается, что его следует соблюдать при проектировании зданий (сооружений), возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. Вместе с тем, при проектировании высотных зданий, пространственных конструктивных систем и некоторых других сооружений следует учитывать сейсмические воздействия меньшей интенсивности, если расчетный анализ подтвердил необходимость и целесообразность выполнения таких расчетов.

В частности, расчет высотных зданий должен включать в себя раздел проверки их надежности на сейсмические воздействия, соответствующие сейсмичности площадки строительства.

3. Стандартом устанавливается физическое предельное состояние сооружения после прошедшего землетрясения: оно должно соответствовать условиям его нормальной эксплуатации, несмотря на повреждения в отдельных элементах конструкций. Расчетные предельные состояния назначаются в зависимости от особенностей рассчитываемых конструкций, принимаемых расчетных динамических моделей, методов и критериев расчета.

4. Кроме обычно используемых расчетных моделей воздействий и сооружения, в Стандарте рекомендуется рассматривать еще одну модель – модель взаимодействия между собой упомянутых уже моделей воздействия и сооружения.

В частности, следует рассмотреть модель взаимодействия сооружения с колеблющимся грунтом (сейсмическим воздействием). Эта модель, по существу, характеризует (определяет) выполняемые нами расчеты.

В результате взаимодействия колеблющегося грунта с расчетной динамической моделью сооружения последнее деформируется, проходя следующие стадии: 1 – упругую, 2 – упруго-пластическую и 3 – вновь упругую, но в поврежденном сооружении. Им соответствуют различные расчетно-динамические модели. При формировании расчетной динамической модели-3 используются физико-механические характеристики сооружения в состоянии "в конце землетрясения" (с учетом полученных при землетрясении повреждений).

Конструктивная система сооружения в состоянии " в конце землетрясения", соответствующая остановке процесса повреждений конструкций, условно называется "предельной системой" сооружения.

Например, для каркасных зданий с диафрагмами жесткости и заполнением, участвующим в работе, в качестве предельной системы допускается принимать конструкции каркаса без учета возможной работы заполнения.

5. В разделе "Методы расчетов на сейсмические воздействия" принято, что расчеты сооружений на сейсмические воздействия следует выполнять:

а) На нагрузки, определяемые по результатам решения дифференциальных уравнений движения в частотной области (спектральный метод).

При этом используется линейно-упругая модель сооружения (состояние здания "до землетрясения). Расчет ведется на реальные (прогнозируемые с заданной вероятностью) воздействия, которые принимаются по картам ОСР-97 в зависимости от средней повторяемости землетрясений. Алгоритм расчета предусматривает определение реакции упругого аналога сооружения на сейсмические воздействия. Если эта реакция находится в форме силы, то ее считают сейсмической нагрузкой на сооружение, на действие которой конструируются элементы или их сечения.

Заметим, однако, что иногда эту нагрузку ошибочно считают нагрузкой от "слабого" землетрясения, интенсивность которого по сравнению с реальным уменьшена в " $k_I$ " раз. Известно, что вероятностные характеристики "слабого" землетрясения существенным образом отличаются от вероятностных характеристик землетрясения расчетного уровня. Введение в расчет коэффициента  $k_I$  не влияет на значения вероятностных характеристик воздействия, поэтому они остаются соответствующими расчетному (прогнозируемому) землетрясению.

Таким образом, расчет выполняется не на заниженное в  $k_I$  раз, "слабое" землетрясение, а на реальное (по вероятностным характеристикам) воздействие. Работа элементов конструкции в неупругой стадии учитывается в данном случае введением в расчет коэффициента  $k_I$  (согласно табл. 5.4).

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 100, 200 или 400 см/с<sup>2</sup> при сейсмичности площадок строительства 7, 8 и 9 баллов соответственно.

При этом используются расчетная динамическая модель-2, которая (в связи с нестационарностью модели в этой стадии деформирования) изменяется от цикла к циклу колебаний сооружения.

В расчете используются (проверяются) следующие характеристики:

- деформационная – максимальные значения коэффициента податливости  $\mu_{max}$  в каждом цикле колебаний конструкции (коэффициент  $\mu$  есть отношение максимального значения деформационной характеристики при воздействии к ее наибольшему допустимому значению в упругой стадии).

Полученные в расчете максимальные значения  $\mu$  не должны превышать указанных в табл. 5.2.

Проверка деформационной характеристики обеспечивает ненаступление хрупкого разрушения в элементах конструкций.

Таблица 5.2

№№ п/п	Материал конструкции	Допустимые значения [ $\mu$ ]
1	Бетон, неармированная кирпичная кладка	1,5
2	Железобетон, армированная кирпичная кладка	3,5
3	Пластичный металл	4,0
4	Хрупкий металл	1,5

*Примечание.* Значения [ $\mu$ ] допускается применять по результатам экспериментальных исследований.

- силовая – усилия в элементах расчетной динамической модели-3 не должны превышать предельных значений, принимаемых согласно СНИП по конструкциям.

Проверка силовой характеристики обеспечивает остановку процесса повреждений сооружения в заданном предельном состоянии.

- дополнительная – реакция сооружения  $S_{упр.}$ , соответствующая началу развития в конструкциях неупругих деформаций (предельный упругий уровень). Интенсивность сейсмического воздействия  $I_{упр.}$  (в баллах), соответствующая реакции  $S_{упр.}$ , должна быть не менее 6 баллов.

Проверка дополнительной характеристики гарантирует упругую работу конструкций сооружения при интенсивности воздействия равной или менее 6 баллов.

Расчеты уникальных зданий (перечень которых согласовывается с Минрегионразвития) должен производиться с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейностей с учетом совместной работы надземной конструкции, фундаментов и грунтов основания.

Принципиальные положения используемой методики расчета должны подтверждаться результатами экспериментальных исследований.

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 расчетной динамической модели, соответствующей предельному состоянию сооружения после прошедшего землетрясения.

Для всех видов сооружений следует выполнять расчеты по п. 5.4,а или в.

Для объектов особо высокого уровня ответственности (согласно п. 4.8) расчеты следует выполнять по п. 5.4,*а* и по п. 5.4,*б*.

Расчеты по п. 5.4,*б* следует также выполнять:

- для зданий высотой более 75 м и сооружений с пролетами более 50 м;
- для зданий, оснащенных системой сейсмоизоляции или другими системами регулирования сейсмической реакции;
- для зданий с принципиально новыми конструктивными решениями, не прошедшими экспериментальную проверку.

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

$$N_p = \frac{m_1}{m_2} \sqrt{\sum_{i=1}^n N_i^2}, \quad (5.5)$$

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. 5.7.

$m_2$  – коэффициент условий работы конструкции; принимается по данным табл. 5.8.

Таблица 5.7

№№ 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 5.8

№№ 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.	Сварные соединения	1,0
6.	Болтовые и заклепочные соединения	1,1
<b>При расчетах на устойчивость</b>		
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

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

Новым является введение в расчет коэффициента ответственности элемента конструкции за переход здания в предельное состояние –  $m_1$ .

Для колонн 1-го и 2-го этажей здания значения этого коэффициента приняты равными 1,5, а для колонн других этажей – 1,3.

Значения коэффициента условий работы конструкций –  $m_2$  приняты как в действующем СНиП II-7-81\*.

7. При расчете элементов конструкций следует учитывать новое положение: "Количество учитываемых в расчете форм колебаний следует принимать таким образом, чтобы сумма модальных масс соответствующих форм была не менее 90% по каждому направлению  $X, Y, Z$ .

8. Конструктивные требования к жилым, общественным и производственным зданиям (сооружениям), изложенные в разделе 6 Стандарта, в основном совпадают с указаниями, принятыми в действующем СНиП II-7-81\*. Это связано с тем, что соответствующий раздел в действующих нормах разрабатывался под руководством и при непосредственном участии Святослава Васильевича Полякова – руководителя всех основных работ многих лет по сейсмостойкому строительству.

В тексте стандарта учтены также предложения сотрудников НИИЖБ им. Гвоздева.

9. Впервые в нормативный документ по сейсмостойкому строительству включен раздел 7 "Противопожарные мероприятия", разработанный коллективом авторов под руководством д-ра техн. наук, проф. Ю.В. Кривцова.