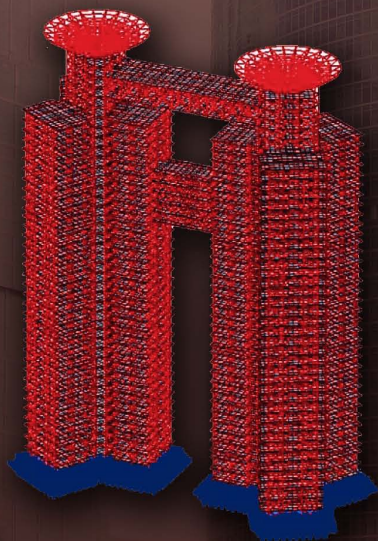


Я.М.Айзенберг Э.Н.Кодыш И.К.Никитин
В.И.Смирнов Н.Н.Трекин

СЕЙСМОСТОЙКИЕ МНОГОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КАРКАСОМ



**Я.М. Айзенберг, Э.Н. Кодыш, И.К. Никитин
В.И. Смирнов, Н.Н. Трекин**

**СЕЙСМОСТОЙКИЕ
МНОГОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ
С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КАРКАСОМ**



Издательство АСВ
Москва, 2012

УДК 7253.31/001.6

П791

Рецензенты:

*Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Строительные конструкции» МАКХиС,
лауреат Государственной премии Ю.Н. Хромец*

*Кандидат технических наук, главный инженер ЦНИИПромзданий
Н.Г. Келасьева*

Айзенберг Я.М., Кодыш Э.Н., Никитин И.К., Смирнов В.И., Трекин Н.Н. Сейсмостойкие многоэтажные здания с железобетонным каркасом. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 264 с.

ISBN 978-5-93093-840-1

Книга содержит указания актуализированного СНИП II-7-81* по проектированию многоэтажных сейсмостойких зданий с железобетонным каркасом, методы определения сейсмических нагрузок, указания по расчету узлов каркаса, стен и фундаментов, а также конструктивные требования к несущим и ограждающим конструкциям. Приведена методика расчета и проектирования сейсмоизолирующих конструкций. Даны рекомендации по повышению сейсмостойкости построенных и эксплуатируемых зданий.

Издание предназначено для инженеров-проектировщиков, разработчиков программ по расчету строительных конструкций, а также студентов строительных вузов.

ISBN 978-5-93093-840-1

© Издательство АСВ, 2012
© Айзенберг Я.М., Кодыш Э.Н.,
Никитин И.К., Смирнов В.И.,
Трекин Н.Н.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Нормативная база	11
1.1. История создания нормативных документов	11
1.2. Корректировки, связанные с уточнением порядка использования карт общего сейсмического районирования (ОСР-97)	13
1.3. Включение положений по проектированию сейсмоизоляции	15
1.4. Применение в антисейсмическом проектировании новых материалов и новых конструктивных форм	16
1.5. Введение двух расчетных стадий	17
1.6. Разделение конструктивных схем здания на сложные и простые	18
1.7. Обзор различных нормативных документов по проектированию зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах, и сопоставление их с действующими нормами Российской Федерации.....	19
2. Общие положения проектирования	36
2.1. Сейсмичность площадки строительства с учетом категории грунта.....	36
2.2. Общие положения линейно-спектрального расчета.....	39
2.3. Сейсмоизоляция.....	41
3. Расчет каркасов	42
3.1. Основные расчетные требования	42
3.1.1. Нагрузки	42
3.1.2. Простые и сложные конструктивные решения зданий	43
3.2. Расчет зданий простого конструктивно-планировочного решения	44
3.2.1. Определение сейсмической нагрузки	44
3.2.2. Определение частот и амплитуд собственных колебаний	49
3.2.3. Расчет каркаса на действие сейсмических сил и моментов	56
3.3. Расчет зданий сложного конструктивно-планировочного решения	60
3.3.1. Расчетная модель сейсмического воздействия	60
3.3.2. Определение сейсмических нагрузок по спектральной методике	62
3.3.3. Методика проведения расчета зданий на динамическое воздействие с использованием акселерограмм.....	65

3.4. Дополнительные указания по расчету каркасов	68
3.5. Расчет жестких узлов рам	73
3.6. Расчет закладных деталей	78
4. Конструктивные требования к каркасам и их элементам	82
4.1. Общие положения	82
4.2. Требования к зданиям простого конструктивного решения	84
4.3. Стыки и узлы	87
4.4. Безригельные каркасы	91
4.5. Армирование элементов	92
5. Фундаменты, основания, стены подвалов	94
5.1. Расчет фундаментов	94
5.2. Конструктивные требования	99
6. Стены	102
6.1. Общие положения	102
6.2. Особенности проектирования стен из штучной кладки	111
7. Перегородки	117
8. Лестницы и лифты	121
9. Примеры расчета	125
9.1. Пример 1. Определение сейсмических нагрузок, действующих на железобетонный каркас многоэтажного здания в поперечном и продольном направлениях	125
9.2. Пример 2. Расчет жесткого узла железо-бетонной рамы многоэтажного здания	166
9.3. Пример 3. Расчет самонесущей кирпичной стены	170
10. Проектирование сейсмоизоляции	188
10.1. Общие принципы устройства сейсмоизоляции	188
10.2. Сейсмоизолирующая система для каркасных зданий	194
10.3. Основные принципы проектирования	196
10.3.1. Методы моделирования и расчета	196
10.3.2. Упрощенный линейный расчет	198
10.3.3. Эквивалентный линейный расчет	202
10.3.4. Расчет зданий с системой сейсмоизоляции по линейно-спектральному методу	207
10.3.5. Расчет зданий с системой сейсмоизоляции по акселерограммам	208
10.4. Классификация резинометаллических изоляторов	209

10.4.1. Классификация опор в зависимости от демпфирующих характеристик	209
10.4.2. Классификация изоляторов по конструктивному решению	211
10.4.3. Классификация изоляторов по предельным параметрам	212
10.5. Описание сейсмоизолирующих опор	214
10.6. Требование к сейсмоизолирующим опорам	217
10.7. Основные факторы, влияющие на проектирование опор	218
10.8. Правила по проектированию резинометаллической опоры со свинцовым сердечником	219
11. Повышение сейсмостойкости построенных зданий	229
12. Повышение сейсмостойкости конструкций, обеспечивающих возможность эвакуации людей при землетрясении	252
Список использованной литературы	254
Об авторах	257

ВВЕДЕНИЕ

Землетрясение – одно из самых грозных и труднопредсказуемых явлений природы.

Легенды и предания, передающиеся из поколения в поколение, позволяют с достаточной достоверностью утверждать, что активные процессы в земной коре не утихают на протяжении тысячелетий.

Первое дошедшее до нас упоминание о природном явлении, похожем на землетрясение, содержится в Книге Исхода, где говорится о колебании горы Синай, когда Моисей ожидал получения десяти заповедей.

В древних рукописях есть упоминания о землетрясениях, происходивших до нашей эры в ряде стран, таких как Китай, Греция.

Знаменитому извержению вулкана Везувий, разрушившему города Геркуланум и Помпеи в 79 г. н.э., раскопки которых видят большинство туристов, побывавших в Италии, также предшествовали на протяжении многих лет подземные толчки.

Более достоверная и подробная фиксация землетрясений началась в I тысячелетии нашей эры.

Мощность землетрясения характеризуется его магнитудой M , измеряемой по шкале Рихтера и баллами интенсивности по шкале MSK.

Число погибших и количество разрушенных зданий и сооружений зависит от многих факторов. Кроме глубины и места расположения очага землетрясения, влияет величина и амплитуда ускорений, периоды горизонтальных и вертикальных составляющих колебаний, конструктивные системы, качество строительства и материалы зданий и сооружений. К тому же во многих случаях при обрушении зданий возникают пожары, в прибрежных городах гигантские волны и возможность значительного подъема уровня воды, сели, оползни и лавины при горном или холмистом рельефе местности.

В качестве примеров, иллюстрирующих природные катастрофы, сопровождающиеся наибольшими жертвами и разрушениями, приведем ряд землетрясений в зарубежных странах в хронологической последовательности:

В Сирии в 1138 г. был разрушен город Алеппо. При этом погибло около 100 тыс. человек.

В Китае в 1556 г. произошло грандиозное землетрясение в районе города Сиань столицы провинции Шэньси. Число погибших превышало 800 тыс. человек.

В Японии в 1730 г. на острове Хоккайдо погибло около 140 тыс. человек.

В Индии в 1737 г. в городе Калькутта погибло 300 тыс. человек.

В Португалии в 1755 г. была разрушена столица страны г. Лиссабон погибло 60 тыс. человек. Причем землетрясение сопровождалось гигантской волной (цунами), которая унесла в море корабли и лодки и разрушила сооружения. Волна, двигаясь на восток, достигла Голландии, а на Северо-востоке – Англии. Высота ее местами превышала 10 м. При этом в основном разрушались дома в припортовой части города построенные на слабых грунтах.

В Италии 1908 г. зона пролива между Аппенинским полуостровом и островом Сицилия явилась эпицентром землетрясения с магнитудой 7,5 баллов и возникновения гигантской волны. Число погибших по разным данным колеблется от 60 до 100 тысяч человек. Были целиком разрушены города Мессина (о. Сицилия) и Реджо-ди-Калабрия и более 40 населенных пунктов.

В Японии в 1923 г. произошло, так называемое, Кантой-ское землетрясение с магнитудой 8,3 баллов. Оно затронуло столицу страны г. Токио и г. Иокогаму, расположенные на расстоянии 32 км. Погибло 140 тыс. человек. Возникло много пожаров, а сильный ветер, перешедший в ураганный, способствовал их распространению. Уровень местности в отдельных местах поднялся на 2 м. Гигантские цунами вызвали также большие разрушения.

В Перу в 1970 г. произошло сильнейшее на этом континенте землетрясение магнитудой 7,5 баллов. Погибло 66 тыс. человек, а 20% населения страны остались без жилищ. Оползни уничтожили много населенных пунктов.

В Китае в 1976 г. крупный индустриальный центр г.Таншань в провинции Хэбэй с населением более миллиона человек был полностью разрушен землетрясением с магнитудой 8,2 балла. При этом погибли около 600 тыс. человек.

В Японии 1995 г. в районе крупного города Кобе с населением более 1,5 млн. человек произошел сдвиг трех тектонических плит – Евразийской, Тихоокеанской и Филиппинской, в результате которого образовался разлом длиной 9 км с перемещением грунта по высоте до 1,3 м, а по горизонтали до 1,7 м («Великое Ханшинское землетрясение»).

Несмотря на относительно небольшие человеческие жертвы – погибло 6,5 тыс. человек – землетрясение вызвало разрушение более 100 тыс. зданий и принесло убытки на 130 млрд. долларов США.

При этом нужно отметить, что здания построенные после 1960 г. с соблюдением требований сейсмического строительства, уцелели.

В Турции во второй половине 1999 года произошло два интенсивных землетрясения, связанных с подвижкой Евразийской и Анатolianской тектонических плит. Число погибших составило около 18 тыс. человек.

В Иране в 2003 г. в районе г. Бам в результате землетрясения с магнитудой 6,3 балла погибло 45 тыс. человек и 90% зданий было разрушено.

В Индонезии в 2004 г. в 200 км от острова Суматра, сильнейшее землетрясение с магнитудой 9,3 балла сопровождалось разрушительным цунами с высотой волны до 30 м. Погибло более 250 тыс. человек и разрушены жилища более 2,5 млн. человек.

В Пакистане в 2005 г. на расстоянии 90 км от столицы г. Исламабада произошло сильное землетрясение (интенсивность 10 баллов), в результате которого погибли около 50 тыс. человек.

В Китае в 2008 г. в провинции Сычуань произошло сильное землетрясение магнитудой 8 баллов. Погибло около 88 тыс. человек. 15 млн. человек были эвакуированы и около 5 млн. человек остались без крова. От подземных толчков в горах произошли оползни и камнепады, разрушившие автомобильные и железные дороги.

В 2010 г. на острове Гаити произошло землетрясение с магнитудой 7 баллов. Число погибших превысило 220000 чел., 300000 получили ранения.

В 2010 г. произошло землетрясение в Чили с магнитудой 8,8. Число погибших 800 чел.

В 2011 г. произошло землетрясение на острове Хонсю в Японии с магнитудой 9 баллов. Число погибших и без вести пропавших составляет 28000 чел., и были повреждены реакторы атомной электростанции.

Наиболее разрушительные землетрясения на территории бывшего СССР

Сейсмоопасные зоны бывшего СССР расположены на восточных, южных и юго-западных границах страны. Малая населенность территории, запоздалое культурное развитие затрудняет датировку крупных землетрясений в прошлом, хотя отдельные сведения содержатся в летописях и преданиях.

Поэтому мы ограничимся XX и XXI веками, за исключением «великого землетрясения» 1802 г. Это «Карпатское» землетрясение охватило территорию от Стамбула до Петербурга площадью более

2 млн. км². Эпицентр располагался между Бухарестом и Кишиневом. Интенсивность в эпицентре оценивается в 9–10 баллов, в Кишиневе, Черновцах и Одессе – 7 баллов и даже в Москве – 3 балла, которые вызвали разрушение нескольких домов.

В Крыму в 1927 г. произошло 2 землетрясения интенсивностью 7 и 9 баллов, они сопровождалась камнепадами, оползнями. Разрушено было 1600 домов, повреждено более 11 тысяч.

Интересно отметить, что произошли многочисленные выбросы со дна моря смеси горючих газов – метана, водорода и сероводорода, которые, взорвавшись, образовали огненные столбы и полосы дыма до 500 м высотой и до 2,5 км шириной.

В Карпатах в 1940 г. произошло сильное землетрясение интенсивностью 9 баллов с площадью распространения до 2 млн. км². При этом интенсивность толчков оценивается 7–8 баллов в Кишиневе, 7 – в Одессе и даже в Москве 4 балла. Наибольшие разрушения, сопровождавшиеся гибелью людей, произошли в Бухаресте.

В столице Туркмении г. Ашхабаде в 1948г. произошло наиболее катастрофичное землетрясение на территории СССР в XX веке. Число погибших составило 110 тыс. человек. Город был полностью разрушен. Интенсивность была более 9 баллов. Сильнейший вертикальный удар и последующие горизонтальные колебания в течение 8-10 секунд вызвали такие катастрофические потери. Кроме Ашхабада пострадали города Батир, Безмеин и окружающие селения.

В столице Узбекистана, г. Ташкенте в 1966 г. произошло землетрясение интенсивностью 8 баллов. Эпицентр землетрясения располагался в самом центре города. Большое количество домов было разрушено.

Газлийское землетрясение в Узбекистане в 1976 г. произошло в поселке Газли Бухарской области, построенном в Кызылкумах в 10 км от Бухары для освоения газовых месторождений. По счастливой особенности сначала был толчок небольшой силы и последовавший через 15 мин. толчок интенсивностью 9 баллов. За это время все жители успели покинуть свои, впоследствии разрушенные дома. Следует отметить, что сейсмичность района была ошибочно оценена в 6 баллов. Существуют предположения сейсмологов, что причиной вызвавшей землетрясение была интенсивная откачка газа на небольшой территории.

На острове Сахалин в 1985 г. в поселке Нефтегорск произошло землетрясение интенсивностью 8–8,5 баллов. При этом, погибло 1800 человек и было разрушено 70% зданий.

В Таджикистане в 1985 г. на берегу Кайраккульского водохранилища произошло землетрясение интенсивностью 9–10 баллов в малонаселенной местности. Погибло несколько человек и было разрушено 5–7 строений.

В Армении в 1988г. произошло печально известное «Спитакское землетрясение». Кроме г. Спитака, большие разрушения были в г.г. Ленинакане, Кировакане, Степанакерте и почти в 100 селениях. Интенсивность составляла 9–10 баллов в районе г. Спитак, 8–9 в Ленинакане и 6 баллов в Ереване. К сожалению, сейсмичность района оценивалась в 7 баллов. Число погибших превышает 25 тыс. человек. Из-под развалин было извлечено и спасено около 45 тыс. человек.

На острове Сахалин в г. Нефтегорск в 1995 г. произошло землетрясение интенсивностью до 9 баллов, которое полностью разрушило город и при этом погибло более 3 тыс. человек.

На территории республики Алтай, в Хакасии, Бурятии, в Красноярском крае, Новосибирской, Кемеровской и Томской областях и прилегающих районах Казахстана и Китая в 2003г. произошло землетрясение, интенсивность которого ближе к эпицентру была 7 баллов, уменьшаясь по мере удаления.

На Корякском нагорье в 2006 г. произошло землетрясение интенсивностью 8,5–9 баллов. В ближайших поселках: Тиличики, Осора и Корф были разрушены и повреждены жилые и общественные здания.

Из приведенного перечня наиболее крупных землетрясений видно сколь грозно это явление природы. По данным М.А. Клячко («Землетрясение и мы». – С.П., 1999 г.) за последние 500 лет во время землетрясений погибло более 3 млн. человек.

Как правило, причиной гибели людей является обрушение зданий, возникающие при этом пожары и цунами в прибрежных районах.

1. НОРМАТИВНАЯ БАЗА

1.1. История создания нормативных документов

С веками накапливался практический, еще не формализованный, опыт строительства сейсмостойких зданий.

В Италии после землетрясения 1783 г. были разработаны технические требования к строительству зданий, которые, правда, в большинстве случаев нарушались, что особенно наглядно проявилось при землетрясении в Мессине (1908 г.). В 1909 г. специально созданный технический комитет разработал рекомендации, ограничившие этажность зданий в сейсмических районах Италии, требования к перекрытиям и др. Впервые было предложено ввести сейсмический коэффициент и рассматривать одномассовую модель здания при затухающих колебаниях.

После катастрофического землетрясения в Сан-Франциско в 1906 г. были сделаны выводы о необходимости строительства сейсмостойких зданий, дублирования электрических и водопроводных сетей, создания необходимых резервов, а также было предложено учитывать влияние сеймики, вводя горизонтальную нагрузку.

Наибольший вклад в начальном периоде развития науки о сейсмостойком строительстве внесли японские ученые. Сюда относится, кроме ограничения высоты, создание в 1920 г. статической теории расчета, предложенной Ф.Омори и Сано, задание минимальной величины ускорения, учет свойств грунта и ограничение величины собственных колебаний здания. В 1930 г. Н. Манонобе предложил вводить дополнительный динамический коэффициент.

В 1940 г. М.А.Био и др. предложили спектральный метод определения сейсмических сил.

Очередной пересмотр требований к сейсмостойкому строительству произошел также в Японии после «Великого Ханшинского землетрясения в г. Кобе в 1995 г.

В Советском Союзе в 1940 г. были разработаны Технические условия проектирования зданий и сооружений для сейсмических районов.

В 1951 г. был выпущен ПСП 101-51 «Положение по строительству в сейсмических районах», в основу которого была положена статическая теория.

В 1958 г. был выпущен СН 8-57 «Нормы и правила строительства в сейсмических районах», в которых впервые в нашей стране была введена динамическая теория расчета.

В 1962 г. был издан СНиП II-A.12-62 «Строительство в сейсмических районах».

В 1962 г. вышла «Инструкция по определению расчетной сейсмической нагрузки для зданий и сооружений».

В 1965 г. вышли СН-328-65 «Указания по проектированию конструкций крупнопанельных жилых домов, строящихся в сейсмических районах».

В 1970 г. был издан СНиП II-A.12-69 «Строительство в сейсмических районах». Затем в 1977 г. вышел СНиП II-A.12-69*, в который был внесен ряд дополнений и изменений, утвержденных Госстроем СССР (№21 от 7 февраля 1972 г., №149 от 27 июля 1973 г., № 109 от 29 мая 1974 г.).

В 1982 г. вышел СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах».

В 1984 г. ЦНИИПромзданий выпустил «Пособие по проектированию каркасных промышленных зданий для строительства в сейсмических районах (к СНиП II-7-81)».

В 1994 г. был выпущен ОСР-97 «Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации».

Затем, в 2000 году – СНиП II-7-81*, в который были внесены изменения и дополнения, утвержденные Росстроем РФ (№106 от 3 июня 1987 г., № 127 от 16 августа 1989 г., № 18–7 от 26 июля 1995 г. и № 91 от 27 декабря 1999 г. (изменения к СНиП II-7-81).

В 2011г. была утверждена актуализированная редакция СНиП II-7-81*.

К сожалению, необходимо отметить, что в последние годы в мире отмечается значительное повышение сейсмической активности, в том числе и на территории Российской Федерации. Только до августа месяца в 2010 году произошли землетрясения, в том числе разрушительные, на Гаити (12 января), в Японии (26 февраля), в Чили (27 февраля), на Тайване (4 марта), в Турции (8 марта), на Никобарских островах в Индии (12 июня), в Мексике (30 июня), в США (12 июля), на Филиппинах (24 июля) и т.д.

Можно также перечислить некоторые землетрясения, произошедшие на нашей территории: Чеченская республика (9 июня), Курильские острова (18 июня), Ставропольский край (9 июля). В связи с этим территория сейсмических районов России была расширена,

а для большинства «старых» сейсмических районов повышена расчетная бальность.

На территории России к районам сейсмически опасным (7–10 баллов) относятся: Дальний Восток, Забайкалье, Камчатка, Курилы, Прибайкалье, Сахалин, Северный Кавказ. В Европейской части России к зоне с сейсмичностью 6–7 баллов следует отнести Кольский полуостров, Приуралье, Поволжье и Северный Урал. В совокупности это составляет 50% территории России, при этом приблизительно половину зданий можно отнести к обветшалым или недостаточно сейсмостойким.

В России действует Федеральная целевая программа «Повышение устойчивости жилых домов, основных фондов и систем жизнеобеспечения сейсмических районов Российской Федерации на 2009–2013 годы» (Постановление Правительства РФ от 23.04.2009 г. № 365).

Задачей программы является исключение возможных тяжелых последствий землетрясений. Одним из способов достижения поставленных задач является совершенствование нормативных документов. Действующие нормы сейсмостойкого строительства справедливо считаются одними из самых лучших в мире. Традиционно существуют две формы пересмотра действующих строительных норм.

Одна форма – содержит глубокую перестройку концепций и правил проектирования, когда накапливается достаточный объем научных и практических результатов.

Другая форма – актуализация. Она подразумевает изменения, которые не носят радикальный глубокий характер, поскольку основные концепции остаются прежними, но в них вносятся изменения, которые очевидно необходимы, без внесения которых при проектировании могут быть получены ошибочные решения в ущерб безопасности и экономическим показателям.

Ниже перечислены некоторые новые положения, которые включены в актуализированный СНиП [17].

1.2. Корректировки, связанные с уточнением порядка использования карт общего сейсмического районирования (ОСР-97)

В нормы СНиП II-7-81* [17] впервые были включены карты общего сейсмического районирования (ОСР-97). Это карты нового поколения, разработанные группой институтов Российской академии наук (РАН) под руководством Института Физики Земли (ИФЗ) РАН.

Вместо одной карты, применявшейся в предыдущих нормах, были рекомендованы три карты: ОСР-97-А, ОСР-97-В, ОСР-97-С. Эти карты отличаются от предыдущих тем, что впервые представлены оценки вероятности расчетной интенсивности землетрясений. Разработка новых вероятностных карт являлась серьезным шагом вперед в сейсмологии.

В СНиП II-7-81* включена следующая рекомендация РАН: «Комплект карт ОСР-97 (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; карты В и С – объекты повышенной ответственности и особо опасные объекты (п. 1.3 СНиП II-7-81*).

В связи с принятием данной рекомендации, в нормах СНиП II-7-81* таблица ответственности сооружений, существовавшая в прежних нормах (таблица 5), была исключена.

В некоторых населенных пунктах показана одна и та же расчетная интенсивность сейсмических воздействий на всех трех картах. Для таких случаев в актуализированной редакции введена таблица коэффициентов ответственности. Внесены 2 уточнения в правила применения карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97 в СНиП II-7-81*.

Уточнение 1. В списке населенных пунктов РФ (приложение к СНиП II-7-81*) в некоторых случаях для трех карт ОСР-97-А, ОСР-97-В, ОСР-97-С в данном населенном пункте указана одна и та же расчетная интенсивность. Например, для города Горнозаводск Сахалинской области величины расчетной сейсмической интенсивности указаны одинаковыми – 9 баллов по шкале MSK. Для станции Брюховецкая Краснодарского края на трех картах А, В, С указана одна и та же расчетная сейсмическая интенсивность – 7 баллов. Для г. Николаевска-на-Амуре, Хабаровский край – указано, соответственно 8 баллов MSK на картах А, В, С.

Противоречие очевидно. Оно состоит в том, что ответственность сооружений при проектировании следует, согласно п. 1.3 СНиП II-7-81*, можно не учитывать для трех уровней сейсмической стойкости, предусматривая осуществление антисейсмических мероприятий при строительстве объектов трех категорий А, В и С.

Следовательно, для многих городов ответственность проектируемых объектов вообще не учитывается. Очевидно, что это непра-

вильно по существу, что это также противоречит всем мировым нормам сейсмического строительства, поэтому в актуализированной редакции СНиП II-7-81* были сделаны необходимые корректировки. Они были сделаны путем возвращения в СНиП II-7-81* таблицы коэффициентов ответственности проектируемых объектов для тех случаев, когда на трех картах А, В, С – сейсмическая интенсивность оказывается одинаковой и, следовательно, одинаковы расчетные сейсмические нагрузки.

Уточнение 2. Относится также к методологии применения в строительных нормах новых карт общего сейсмического районирования ОСР-97 и отвечающим этим картам спискам населенных пунктов.

Особенность карт ОСР-97 заключается в том, что в разных населенных пунктах указаны различные сочетания расчетных интенсивностей сейсмических воздействий по картам А, В и С. Всего таких сочетаний может быть 11.

Исследования величин сейсмического риска отчетливо демонстрируют, что суммарная вероятность расчетных разрушений сооружений, гибели и травматизма населения при одной и той же расчетной интенсивности на карте ОСР-97-А различна в зависимости от состояний (комбинаций) величин расчетной сейсмичности в одном и том же населенном пункте. В связи с этим проведена корректировка расчетных величин коэффициента A^* , значения которого зависят от расчетной сейсмичности. Сделаны некоторые уточнения существующих коэффициентов A к расчетным величинам ускорений в виде коэффициентов K_A (формула (2) СНиП II-7-81*), зависящих от комбинаций расчетных величин сейсмических баллов на картах ОСР-97-А, ОСР-97-В, ОСР-97-С в данном населенном пункте. Никаких новых карт не предлагается.

Оба приведенных уточнения обсуждались с ведущими сейсмологами и официально поддержаны этими специалистами.

1.3. Включение положений по проектированию сейсмоизоляции и других инновационных методов сейсмозащиты

В последние десятилетия в сейсмостойком строительстве наблюдается использование новых систем сейсмозащиты, эффективность которых обеспечивается не увеличением прочности и сечений элементов конструкций, а использованием специфических соотношений динамических характеристик сооружений и спектров сейсмических колебаний грунтов оснований. Попросту говоря,

обеспечивается «увод» динамической структуры сооружений из области опорных частот сейсмического воздействия, т.е. из области резонанса с наиболее высокими амплитудами сейсмических колебаний.

Впервые массовое применение системы сейсмоизоляции нашли в СССР в 70-е годы XX века при строительстве города Северобайкальск на трассе БАМ. СССР, а затем Россия, многие годы была лидером в применении сейсмоизоляции. После разрушительного землетрясения 1995 г в г. Кобе (Япония) в мире начался бум применения сейсмоизоляции, систем энергопоглощения и других систем сейсмозащиты, основанных на снижении динамических нагрузок на сооружения.

Возникла ситуация, когда системы сейсмоизоляции уже довольно широко применяются в строительстве, а в нормах отсутствуют положения по их проектированию. В текст актуализированной редакции СНиП включены положения по проектированию подобных систем.

Для каждого проектируемого объекта с применением сейсмоизоляции и других инновационных систем сейсмозащиты приходится разрабатывать СТУ – специальные технические условия. По существу это нормативный документ, без наличия которого органы экспертизы не согласовывают проект. Процедура утверждения СТУ по существу мало отличается от процедуры утверждения нормативного документа. На создание и утверждение этих СТУ тратится много сил и времени.

1.4. Применение в антисейсмическом проектировании новых материалов и новых конструктивных норм

По предложениям специализированных учреждений и специалистов в настоящую актуализированную редакцию, в основном в раздел 3, дополнительно или взамен устаревших требований СНиП, включены положения по использованию в сейсмостойком строительстве новых материалов, включая новую арматуру для железобетонных конструкций (арматуру класса А-500, с предпочтением класса А-500 СП), новых типов бетонов и конструктивных элементов, железобетонных, комбинированных (железобетон в соединении с каменной или кирпичной кладкой).

В качестве напрягаемой арматуры рекомендуется применять арматурные канаты классов К-7 и К-19.

1.5. Введение двух расчетных стадий

В актуализированную редакцию впервые включено требование о необходимости выполнения двух разновидностей расчетов.

Расчетная ситуация 1. Первая разновидность соответствует уровню интенсивности ПЗ – проектное землетрясение. Целью расчетов с применением расчетной ситуации 1 является предотвращение потери эксплуатационных свойств сооружения, частичной или полной, при уровне сейсмического воздействия ПЗ.

Величины расчетных сейсмических воздействий ПЗ принимаются по картам ОСР-97-А. Следует применять расчетные модели сооружений, отвечающие упругой области деформирования сооружений.

Расчетная ситуация 2. Данная расчетная ситуация отвечает уровню интенсивности землетрясения МРЗ – максимальное расчетное землетрясение. Для определения расчетных сейсмических нагрузок, отвечающих уровню МРЗ, следует использовать карты ОСР-В или ОСР-С, согласно указаниям табл. 3.[17].

При формировании расчетных моделей сооружений следует допускать возможность развития существенных неупругих деформаций несущих и ненесущих элементов конструкций и их соединений.

Если на картах А и В или А и С указана одна и та же величина сейсмической интенсивности, расчет с использованием ситуации 2, выполняется с учетом коэффициентов, определяемых назначением сооружения, согласно табл. 3, п.п. 1 и 2. Для сооружений по п. 3 и 4 табл. 3 проведение расчетов МРЗ не требуется.

Расчеты с применением расчетной ситуации 2 являются относительно новыми. Многие проектировщики не знакомы в достаточной степени с методикой этих расчетов. Встречаются объективные затруднения формулирования неупругих или смешанных расчетных моделей сооружений. Поэтому в актуализированную редакцию включено положение о том, что выполнение расчетов сооружений с учетом сейсмических нагрузок, отвечающих условию МРЗ, следует осуществлять по специальным техническим условиям и при наличии сопровождения специализированной организации, имеющей допуск на выполнение работ такого вида. В будущем эта процедура расчетов будет упрощаться и уточняться, и требования о привлечении специализированных организаций при последующих пересмотрах СНиП II-7-81* можно будет смягчить или отменить.

Целесообразность расчетов по двум или нескольким состояниям и расчетным ситуациям, для приближения результатов расчетов к

оптимальным, была показана еще в 70-х гг. XX века в работах ЦНИИСКА. Разновидность такого подхода обсуждается в последние годы в США, в Японии и в европейских странах. Подход носит сокращенное название РВД, что означает Performance Based Design. В переводе на русский язык это словосочетание можно приблизительно перевести: «Проектирование сооружений, основанное на управлении их поведением при землетрясениях»

1.6. Разделение конструктивных схем зданий на сложные и простые

Расчет зданий сложной конструктивной схемы производится по пространственной модели в отличие от консольной модели, принятой для любых зданий в СНиП II-7-81*. Правда, критерии такого разделения недостаточно четко конкретизированы, и в связи с этим необходимо уточнить формулировки.

В пространственной модели массы распределяются не по этажам, как в консольной модели, а по узлам, в связи с чем изменилась формула для коэффициента η . Сейсмические моменты при этом определяются по формуле, сходной с формулой определения сейсмических сил.

Введен также ряд мелких изменений, в частности:

1) в ряде случаев увеличен коэффициент K_I (связевые железобетонные каркасы, крупнопанельные или монолитные конструкции, кирпичные или каменные здания); введен коэффициент K_I для деревянных зданий;

2) уменьшен коэффициент, вводимый на значение ζ_R : при 8 баллах до 0,7, при 9 баллах – до 0,5;

3) не рекомендовано применять арматуру, класса А400 марки 35ГС, стыкованную сваркой;

4) добавлены указания о предельном армировании колонн многоэтажных каркасных зданий (не более 6%);

5) введено допущение уменьшать число и протяженность диафрагм в верхних этажах зданий по сравнению с нижними этажами при сохранении их симметричного расположения, но при этом различие в сдвиговых жесткостях этих этажей не должно превышать 20%;

6) дан ряд указаний по расчету плит безригельного каркаса. В частности дано указание об обязательности поперечного армирования плиты в зоне продавливания.

АЙЗЕНБЕРГ Яков Моисеевич
КОДЫШ Эмиль Наумович
НИКИТИН Игорь Константинович
СМИРНОВ Владимир Иосифович
ТРЕКИН Николай Николаевич

Сейсмостойкие многоэтажные здания с железобетонным каркасом

Редактор *В.П. Бурмакин*
Компьютерная верстка *В.П. Бурмакин*
Дизайн обложки *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Подписано в печать 16.04.2012. Усл. п. л. 16,5.
Тираж 500 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511.
Тел., факс: (499) 183-56-83. E-mail: iasv@mgsu.ru. Сайт: www.iasv.ru