

Современное состояние нормирования расчета сооружений на сейсмическую нагрузку

А. М. КУРЗАНОВ,
 науч. руководитель Центра сейсмобезопасности сооружений РУДН,
 д-р техн. наук, проф., член-кор. Международной инженерной академии

В связи с отсутствием до настоящего времени соответствующих технических регламентов в области сейсмостойкого строительства основным нормативным документом для проектировщиков и специалистов органов экспертизы проектов остается СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (издание 2000 г. с изменениями, внесенными в 1987, 1989, 1995, 1997 и 2000 гг.). Все последующие нормативные документы по строительству в сейсмических районах (своды правил, стандарты организаций) должны строго соответствовать основным положениям этого СНиП, поскольку он официально не отменен. Однако новые разработки в области сейсмостойкого строительства сооружений, подкрепленные современными глубокими теоретическими и натурными экспериментальными исследованиями ведущих профильных научных организаций России свидетельствуют, что эти нормы в значительной степени устарели и требуют срочного пересмотра.

Для примера рассмотрим основные положения установленного СНиП II-7-81* спектрального метода расчета на сейсмостойкость зданий и других сооружений, возводимых в районах с сейсмичностью 7–9 баллов. Далее кавычками выделены цитаты из текста СНиП II-7-81*. «Расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} в выбранном направлении, приложенная в точке k и соответствующая i -му тону собственных колебаний зданий или других сооружений, определяется по формуле

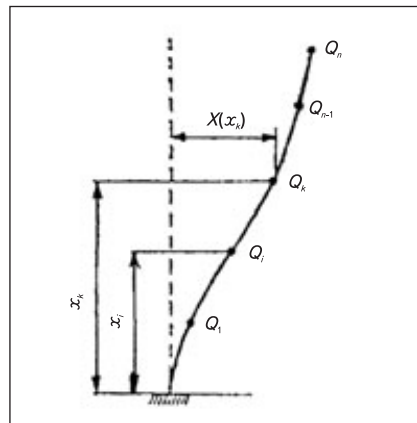
$$S_{ik} = k_1 \cdot S_{0ik}, \quad (1)$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и других сооружений, принимаемый по табл. 3».

По табл. 3* $k_1 = 1$ для сооружений, в конструкциях которых повреждения и неупругие деформации не допускаются; $k_1 = 0,12$ для сооруже-

ний, в которых допускаются значительные остаточные деформации и повреждения; $0,22 \leq k_1 \leq 0,35$ — для всех других сооружений: жилых, общественных и производственных зданий, гидротехнических и транспортных сооружений, систем энерго- и водоснабжения, некоторых сооружений связи и др., в конструкциях которых могут быть допущены остаточные деформации и повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию при обеспечении безопасности людей и сохранности оборудования.

« $S_{0ik} = Q_k \cdot A \cdot \beta_i \cdot k_{\psi} \cdot \eta_{ik}$ — значение сейсмической нагрузки для i -го тона собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого деформирования конструкций», где Q_k — вес здания или сооружения, отнесенный к точке k , определяемый с учетом расчетных нагрузок; A — коэффициент, равный 0,1; 0,2; 0,4 соответственно для расчетной сейсмичности 7; 8; 9 баллов; β_i — коэффициент динамичности, соответствующий i -му тону колебаний, принимается не более 3 для разных категорий грунтов по сейсмическим свойствам по графикам или эмпирическим формулам; k_{ψ} — эмпирический коэффициент величиной от 1 до 1,5, учитывающий диссипацию энергии колебаний сооружения; η_{ik} — коэффициент формы колебаний



сооружения в точке k расчетной модели, приведенной на рисунке.

Автор этой статьи уже 30 лет (из них первые 17 лет в качестве сотрудника отдела сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко) проводит натурные динамические испытания на сейсмостойкость с идентификацией расчетных моделей многоэтажных зданий разных конструктивных схем в различных сейсмических районах России — от Спасска-Дальнего до Сочи — мощными вибрационными машинами, сейсмозрывной нагрузкой, сбросом статической нагрузки, импульсным возбуждением колебаний основания сооружений. На собственном многолетнем опыте автор имеет основание утверждать, что расчетная схема, показанная на рисунке, не соответствует реальной модели колебаний системы «сооружение—основание». Например, при импульсивном возбуждении микросейсмических колебаний основания 10-этажного жилого дома в Иркутске вначале зарегистрированы свободные затухающие колебания с периодом T_1 системы «грунт основания—здание». Затем, после опережающей диссипации энергии грунтом основания, его собственные колебания прекратились, после чего собственно здание продолжало еще колебаться с периодом T_2 в виде консоли, но не жестко, а упруго заделанной в основании. При этом $T_2/T_1 \approx 2,5$.

Наиболее опасный недостаток спектрального метода в редакции СНиП II-7-81* — невозможность хотя бы приблизительной натурной идентификации значений эмпирических коэффициентов k_1, k_{ψ}, β_i . Эти коэффициенты — «потолочные»: ни один из них не может быть уточнен какой-либо физической величиной, которую можно было бы измерить в натурном испытании конкретного сооружения. Например, k_{ψ} никоим образом не связан с декрементом свободных затухающих колебаний натурального сооружения. Нормативные спектральные динамические коэффициенты β_i представляют собой существенно уменьшенные авторами норм интегральные значения динамических коэффициентов спектрального метода, предложенных в работах М. Био, Г. Хаузнера и других в 1930–1950-х гг.

Дискретная модель спектрально-го метода (см. рисунок) не позволяет производить расчет сооружения на бегущую в нем сейсмическую волну. В качестве единственной меры балльности сейсмического воздействия рассматривается только величина сейсмического ускорения основания сооружения, в то время как опыт сильных землетрясений, натурные и расчетные эксперименты показывают, что 8-балльное по ускорению сейсмическое воздействие может быть значительно более опасным для сооружения, чем 9-балльное, если сейсмическое перемещение основания сооружения в первом воздействии больше, чем во втором.

Весь без исключения опыт сильных землетрясений свидетельствует, что сейсмические колебания рыхлых грунтов намного разрушительнее колебаний скальных грунтов, при том что в рыхлых грунтах сейсмическое ускорение оснований сооружений существенно меньше, а перемещения существенно больше, чем в скальных грунтах. Из этого следует однозначный вывод: для сооружений большие сейсмические перемещения слабых грунтов гораздо опаснее больших сейсмических ускорений скальных грунтов. Несмотря на очевидность этого вывода, отечественные нормы строительства в сейсмических районах вместо учета больших перемещений слабых грунтов искусственно приписывают слабым грунтам ускорения, в разы превосходящие ускорения скальных грунтов!

Вот еще один пример иллюзорной эффективности спектрального метода. Приведенные в СНиП II-7-81* графики β_j показывают проектировщику, что если он поставит тяжелое жесткое многоэтажное здание на относительно гибкие колонны первого этажа, то период первой собственной формы такого здания существенно увеличится, а расчетный динамический коэффициент β_j уменьшится в 2–3 раза, уменьшив соответственно сейсмическую нагрузку на здание и, как следствие, его стоимость. Более того, в первом колонном этаже такого здания удобно расположить рестораны, выставки и т. п. Рассчитанные спектральным методом и построенные в Скопле (Югославия), Бухаресте (Румыния), Каракасе (Венесуэла)

многоэтажные здания с первым гибким этажом были массово разрушены землетрясениями во второй половине прошлого века, срезавшими колонны первого этажа большими амплитудами сейсмических перемещений основания зданий. После этих землетрясений «мода» на строительство зданий с первым гибким этажом прошла, но нормативные графики β_j остались неприкосновенными, и подмена больших сейсмических перемещений слабых грунтов их якобы большими ускорениями продолжает оставаться неотъемлемой частью отечественного нормативного спектрального метода для расчета на сейсмическую нагрузку всех зданий и сооружений.

От отдела сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко автор работал в составе группы специалистов Минобороны СССР, выяснявшей натурным обследованием остатков жилых зданий 111-й серии в г. Ленинка причину их массового обрушения Спитакским землетрясением. По результатам обследования у автора сложилось твердое убеждение, что главная причина массового обрушения зданий именно этой серии в неудовлетворительном качестве их расчета спектральным методом. С большой долей уверенности можно полагать, что та же причина привела к массовому обрушению многоэтажных жилых зданий Нефтегорским землетрясением на Сахалине.

Наконец, не только спектральный метод, но и СНиП II-7-81* в целом с каждым годом все более отстают от времени. Сегодня наиболее ощутимым его недостатком, чреватым катастрофическими последствиями, становится отсутствие норм и правил сейсмостойкого строительства на площадках сейсмичностью более 9 баллов, и, прежде всего, отсутствие нормативных характеристик расчетных моделей воздействий. А ведь на таких площадках уже строятся сооружения, в том числе уникальные олимпийские.

В заключение следует отметить, что вынужденно или по неведению основные недостатки спектрального метода в редакции СНиП II-7-81* повторяются, а иногда и углубляются в разрабатываемых в последнее время разными учреждениями и их объеди-

нениями сводах правил, территориальных нормах, стандартах организаций и других документах в области нормирования сейсмостойкого строительства. Как правило, отличие этих документов от СНиП II-7-81* сводится к немотивированной незначительной корректировке величин коэффициентов k_1 , k_{ν} , β_j , значительному усложнению расчетов на сейсмический крутящий момент за счет увеличения числа параметров расчетной модели воздействия более чем сомнительной достоверности, а иногда даже к предложению заменить расчетную модель целого сооружения моделью того же сооружения, но уже поврежденного землетрясением, без объяснения каким образом эту последнюю модель идентифицировать без предварительного расчета целого сооружения, хотя бы тем же спектральным методом.

Выводы

1. Спектральный метод в редакции СНиП II-7-81* и его современные модификации не обеспечивают надежного расчета зданий и других сооружений на сейсмическую нагрузку.

2. Назрела острая необходимость замены обязательного расчета всех зданий и сооружений на сейсмическую нагрузку спектральным методом в редакции СНиП II-7-81* на обязательный расчет по новой, современной методике, лишенной недостатков спектрального метода. Проект такой методики, разработанной группой российских специалистов, в настоящее время готовится к опубликованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курзанов А. М. О теоретических и экспериментальных основах нормативного метода расчета зданий на сейсмостойкость // Пром. и гражд. стр-во. 1996. № 4. С. 50–51.
2. Курзанов А. М. Противоречия в СНиПе «Строительство в сейсмических районах» // Пром. и гражд. стр-во. 1997. № 2. С. 58–59.
3. Курзанов А. М. О нормировании сейсмических перемещений грунта // Пром. и гражд. стр-во. 1997. № 5. С. 58–59.
4. Бондаренко В. М., Курзанов А. М., Римшин В. И. Механизм сейсмических разрушений зданий // Вестник РАН. 2000. № 11. С. 1005–1009.
5. Курзанов А. М. Концептуальные ошибки в теории и нормировании сейсмостойкости сооружений // Пром. и гражд. стр-во. 2002. № 2. С. 32–33. ■