

УДК 699.841(083.75)

## Что можно ожидать от следующего землетрясения в России

**Адольф Михайлович КУРЗАНОВ**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Международной инженерной академии, научный руководитель Центра сейсмобезопасности сооружений Российского университета дружбы народов (РУДН)

Центр сейсмобезопасности сооружений РУДН, 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, e-mail: kurzanov35@bk.ru

***Аннотация.** Проанализированы причины и закономерности обрушения домов серии 111 в 1988 г. при Спитакском землетрясении. Рассмотрены недостатки требований нормативных документов по сейсмостойкому строительству как до их актуализации, так и после нее. Перечислены преимущества использования российской системы трубобетонных (железобетонных) сборных сейсмоизолирующих опор по сравнению с применением резинометаллических сейсмоизолирующих опор зарубежного производства.*

***Ключевые слова:** землетрясение, требования к сейсмостойкому строительству, система трубобетонных сборных сейсмоизолирующих опор, резинометаллические сейсмоизолирующие опоры.*

### ABOUT WHAT WE CAN EXPECT FROM THE NEXT EARTHQUAKE IN RUSSIA

**Adolf M. KURZANOV**

*The causes and mechanisms of the collapse of houses of 111 series in 1988 as a result of the Spitak earthquake are analyzed.*

*The shortcomings of the requirements of normative documents on seismic construction both before their actualization and after it are considered. Advantages of the use of the Russian system of tube-reinforced concrete (reinforced concrete) precast seismic isolating supports in comparison with the application of foreign rubber-metal seismic isolating supports are listed.*

***Key words:** earthquake, requirements for seismic construction, system of tube-reinforced precast seismic isolating supports, rubber-metal seismic isolating supports.*

**А**нализ последней актуализированной редакции нормативных требований строительства в сейсмических районах СП 14.13330.2011 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах» показывает, что выполнение этих требований не обеспечивает сейсмостойкость сооружений.

В 1996 г. Министерством строительства РФ была опубликована работа «Сейсмическая опасность и сейсмостойкое строительство в Российской Федерации (Состояние, проблемы, решения)», написанная авторским коллективом под руководством министра Е. В. Басина. Ниже приведены несколько цитат из этой работы.

«25 % территории Российской Федерации с населением более 20 млн человек может подвергаться землетрясениям 7 баллов и выше. В районах Северного Кавказа, Сахалина, Камчатки, Курильских островов, Прибайкалья прогнозируются землетрясения интенсивностью 9 баллов и более. Площадь сеймоопасных районов от 6 до 10 баллов составляет в РФ 6,4 млн км<sup>2</sup>. В сейсмически опасных районах России расположено 60 % населенных пун-

ктов сейсмических территорий бывшего СССР».

«До последнего времени сейсмической опасности России уделялось недостаточное внимание. Основные работы сейсмологов и специалистов по сейсмостойкому строительству проводились в республиках Средней Азии и Закавказья. В то же время высокосейсмичными районами являются Камчатка, Курильские острова, Сахалин, зона БАМа и Северный Кавказ».

«При отсутствии антисейсмических мероприятий в сложившейся застройке и недостаточном контроле за качеством строительства многих промышленных и гражданских зданий, 6–7-балльное землетрясение в России может стать катастрофическим для таких крупных городов, как Сочи, Петропавловск-Камчатский, Новокузнецк и др. Опыт землетрясения в Кобе (Япония) показывает, что даже при достаточно высоком уровне антисейсмического строительства не прогнозируемое землетрясение вызывает огромные разрушения и жертвы».

Работая от отдела сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР в госу-

дарственной комиссии, выяснявшей в Ленинкане причины массового обрушения зданий 111-й серии Спитакским землетрясением 1988 г., автор этой статьи на основании результатов собственного обследования находившихся на грани обвала остатков 11 зданий этой серии, часть из которых представляла собой только отдельные необрушившиеся фрагменты, пришел к однозначному выводу, что началом обвала всех этих зданий было разрушение первых снизу стыков колонн каркаса на крайней продольной оси В в местах, где эти стыки расположены рядом со стоящими впритык поперечными диафрагмами жесткости.

Повреждения в стыках колонн, расположенных рядом на той же оси В, но в поперечных рамах без диафрагм жесткости, были заметно меньше или совсем отсутствовали. Эта закономерность наблюдалась во всех обследованных зданиях без исключения. Безусловно, форма и скорость вертикально бегущих по зданию сейсмических волн в примыкающих одна к другой диафрагмам и колоннам были существенно разными, и это стало одной из причин

первоочередного массового разрушения узлов стыка колонн, расположенных в одном поперечном ряду с диафрагмами.

В соответствии с нормативными требованиями в расчетной модели зданий 111-й серии на поперечную сейсмическую нагрузку все поперечные рамы и диафрагмы жесткости были искусственно объединены в единый работающий на изгиб нормативный линейно-упругий консольный стержень, расчетом которого разрушение первого снизу узла стыка колонны каркаса, стоящей впритык к поперечной диафрагме жесткости, и не могло быть предсказано.

Пример массового разрушения зданий 111-й серии, внесших наибольший трагический вклад в гибель 35 тыс. жертв Спитакского землетрясения, свидетельствует, что было бы непростительной ошибкой подразумевать под «низким качеством строительства» только низкое качество строительных работ.

Неудовлетворительное качество проектирования и, прежде всего, неудовлетворительное качество нормативной расчетной модели сооружения и расчетной модели сейсмического воздействия были и остаются истинными причинами спитакской и других подобных трагедий.

Поясним этот вывод на примере. В первой редакции СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах» расчетная сейсмическая нагрузка  $S_{ik}$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , примененная в точке  $k$  и соответствующая  $i$ -му тону собственных колебаний зданий или сооружений, определяется по формуле

$$S_{ik} = k_1 k_2 S_{0ik} \quad (1)$$

где  $S_{0ik} = Q_k A \beta_i k_{\psi} \eta_{ik}$ .

Общим недостатком коэффициентов  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $\beta_i$ ,  $k_{\psi}$  является то, что они лишены какого-либо физического содержания, вследствие чего достоверность их нормативных величин в расчетах конкретного сооружения невозможно проверить или хотя бы уточнить путем самых изощренных натуральных испытаний этого сооружения динамической нагрузкой типа сейсмической, например, вибрационной, сейсмозрывной, сбросом статической нагрузки. Это относится и к частотам форм

собственных колебаний, так как нормативная расчетная модель сооружения жестко закреплена в грунте основания, а в натуральных испытаниях собственные колебания сооружения происходят вместе с примыкающей к нему обоймой грунта основания. По опыту натурального испытания 10-этажного жилого дома в Иркутске, такие расчетные и фактические частоты отличались в 2,6 раза.

Казалось бы, коэффициент затухания  $k_{\psi}$  в формуле (1) должен понижать сейсмическую нагрузку, но во всех редакциях и актуализациях СНиП II-7-81\* его нормативное значение для разных сооружений изменяется от 1 до 1,5. Настоящий коэффициент затухания, который можно определить измерением свободных затухающих колебаний натурального здания, никак не связан с нормативным  $k_{\psi}$ . Коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  вообще лишены физического смысла, связанного с особенностями конкретного сооружения. Напомню, что с целью раз и навсегда покончить с проблемой сейсмического разрушения сооружений коэффициент  $k_1$  в период с 1952 по 1973 г. был повышен в 5 раз. Но безрезультатно: после этого в 1988 г. были разрушены Спитак и Ленинакан.

В последние годы термин «актуализация» все чаще включает в себя «гармонизацию». Под гармонизацией подразумевается согласование СНиП II-7-81\* с Еврокодом, в частности включение в СП 14.13330 требования: «Минимальное число форм собственных колебаний, учитываемых в расчете, рекомендуется назначать так, чтобы сумма эффективных модальных масс, учтенных в расчете, составляла не менее 90 % общей массы системы, возбуждаемой по направлению действия сейсмического воздействия для горизонтальных колебаний и не менее 75 % — для вертикального воздействия. Должны быть учтены все формы собственных колебаний, эффективная модальная масса которых превышает 5 %». Практика расчетов показывает, что таких форм может быть несколько десятков.

Но автору этой статьи, проведенному в 1970–1990-е гг. в качестве специалиста отдела сейсмостойкости

сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР не один десяток натуральных вибрационных испытаний многоэтажных зданий от Спасска-Дальнего до Сочи и Кутаиси включительно, никогда, ни разу не удавалось возбудить резонансные колебания зданий на частотах выше нескольких первых форм. Кроме того, расчет высших форм колебаний зданий, даже высотных, неправилен с применением гипотезы Бернулли, не всегда пригодной даже для первых форм. В расчетах следующих, более высоких, форм следует, по крайней мере, применять расчетную модель здания в виде балки Тимошенко и учитывать переход сооружения в нелинейные колебания — сперва обратимые, а затем необратимые.

Разработчики СП 14.13330 игнорировали этот сугубо российский опыт (С. П. Тимошенко тоже выходец из России). Поэтому автору приходится в этой статье призвать на помощь авторитет других иностранных специалистов.

Р. Клаф и Дж. Пензиен в книге [1, с. 275] отмечают: «Однако при анализе сейсмической реакции упругих систем более эффективно преобразовать систему уравнений к нормальным координатам. Таким образом, можно получить достаточно хорошую точность при анализе сейсмической реакции сооружения с десятками и даже сотнями степеней свободы путем рассмотрения только нескольких нормальных форм колебаний».

Очевидно, что выдающиеся российские специалисты — ведущие разработчики первой редакции СНиП II-7-81\* И. И. Гольденблат, Н. А. Николаенко, С. В. Поляков, записавшие в нормах, что «усилия в конструкциях зданий и сооружений, проектируемых для строительства в сейсмических районах, а также в их элементах следует определять с учетом не менее трех форм собственных колебаний, если период первого (низшего) тона собственных колебаний  $T_1$  равен или менее 0,4 с, и с учетом только первой формы, если  $T_1$  равен или менее 0,4 с», тоже давно знали это, но не передали в свое время эти знания авторам СП 14.13330.

В статье [2] авторов СП 14.13330 предупреждали о катастрофических последствиях для сейсмических районов России применения иностранных резинометаллических сейсмоизолирующих опор (РМО).

РМО, приобретенные, в частности, в Китае, авторы СП 14.13330 с собственным «научным сопровождением» предлагают для неограниченного применения в сейсмических районах России, до 9-балльных включительно. Делается это со ссылкой на дополнительные испытания РМО в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, но умалчивается при этом, что эти испытания проводились только на пожарную безопасность в прямое нарушение постановления правительства РФ от 27.12.1997 г. № 1636, в соответствии с которым «новые, в том числе импортируемые, материалы, изделия, конструкции и технологии подлежат проверке пригодности на территории России».

Следует подчеркнуть, что критические замечания, адресованные авторам данного свода правил, как правило, остаются без ответа. На вопрос «почему?» следует ответ, «а мы их не читаем».

Следует также заметить, что авторы СП 14.13330 с той же беспечностью, с какой они применяют в России иностранные РМО, продолжают использовать в сейсмостойком строительстве России придуманные ими выключающиеся связи. В работе [3, с. 205], говоря о системах с выключающимися связями, отмечается, что «...динамические системы данного класса обладают значительно большей чувствительностью к скачкообразному изменению параметров (структуры), что во многих случаях приводит к существенному сужению области динамической устойчивости или к потере последней. Из результатов моделирования следует ошибоч-

ность утверждений и выводов [4] об адаптации таких систем к реальным сейсмическим воздействиям. Следует подчеркнуть, что в [4] много принципиально ошибочных утверждений о динамическом поведении нелинейных систем. На отмеченные недостатки обратил внимание С. В. Ульянов». Остается предположить, что авторы СП 14.13330 не читали и это.

По материалам китайских испытаний, долговечность РМО составляет 40–60 лет. На сегодняшний день даже без учета затрат на замену РМО через 40–60 лет, например, под недавно построенным 25-этажным комплексом Sea Plaza в Сочи, стоимость РМО более чем в 4 раза превышает стоимость сейсмоизоляции с помощью российской системы трубобетонных (железобетонных) сборных сейсмоизолирующих опор (ССО), разработанных в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко и имеющих долговечность не менее долговечности сейсмоизолированной части сооружения. ССО в отличие от РМО не теряют устойчивость при больших сейсмических колебаниях основания под относительно неподвижным сооружением и в разы дешевле и долговечнее РМО. Применение ССО в сейсмостойком строительстве России одобрено секцией научно-исследовательских, проектно-изыскательских работ, стандартизации, технического нормирования и информации Минстроя России (протокол от 16 декабря 1996 г. № 23-13/9).

Теоретические и практические аспекты применения ССО в сейсмостойком строительстве разработаны в докторской и четырех кандидатских диссертациях, защищенных в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко и МГСУ. Но в последние годы Министерство регионального развития РФ отнесло ССО к «новой продукции» и требует для каждого объекта сейс-

моизоляции разработку специальных технических условий (СТУ) или проводить на каждом объекте проверку пригодности ССО для применения в строительстве на территории России.

Разработку СТУ Минрегион России доверил «специализированной научной организации», как раз той, которая, пользуясь этим исключительным правом, активно внедряет иностранные РМО в сейсмостойкое строительство России. Попытки автора ССО самостоятельно разработать СТУ на ССО неоднократно отвергаются экспертами Минрегиона под разными предлогами, например, из-за того, что в СТУ упомянуто рассмотрение и одобрение ССО секцией Минстроя России в 1996 г. Всегда зеленый свет для иностранных РМО и красный для российских ССО — так работает сегодня светофор Минрегиона России.

О том, что можно ожидать от следующих землетрясений в России при таком состоянии ее сейсмостойкого строительства, читатель, наверное, уже догадался сам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клаф Р., Пензиен Дж. Динамика сооружений / Пер. с англ. М.: Стройиздат, 1979. 320 с.
2. Курзанов А. М., Семенов С. Ю., Шабалин Г. А. К вопросу о применении резинометаллических опор китайского производства в сейсмическом строительстве России // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 7. С. 54–55.
3. Модели сейсмостойкости сооружений / И. И. Гольденблат, Н. А. Николаенко, С. В. Поляков, С. В. Ульянов / Академия наук СССР, Межведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (МСССС) при президиуме АН СССР. М.: Наука, 1979. 252 с.
4. Айзенберг Я. М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. М.: Стройиздат, 1976. 246 с. ■

### Х ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА «СТРОЙМАСТЕР-2012»

22–24 марта 2012 г., Кисловодск

Официальная поддержка: Министерство строительства и архитектуры Ставропольского края;  
Министерство промышленности, энергетики и транспорта Ставропольского края;  
Комитет по жилищно-коммунальному хозяйству Ставропольского края; Союз строителей Ставропольского края

**ВЦ «Кавказ»: (87937) 3-31-74/79, e-mail: kavkaz-expo@mail.ru**