

УДК 699.841.624.044.3.368.172.61

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2017

О прогнозировании потерь от повреждения землетрясением объектов массового строительства*

А. В. Соснин,

Научно-исследовательская лаборатория оценки безопасности результатов проектирования и сейсмостойкости строительных конструкций, г. Смоленск

Аннотация

Рассматриваются особенности оценки потерь от повреждения несущих конструкций объектов массового строительства¹ при действии сейсмических сил. В графическом виде представлены результаты прогнозирования убытков методом нелинейного статического (Pushover) анализа, полученные с применением алгоритмов, реализованных в программном комплексе SAP2000. В качестве объекта исследования принято жилое 15-этажное железобетонное сборно-монолитное каркасное здание (с диафрагмами) с размерами в плане 16,7 × 23,5 м. Отмечается возможность участия заказчика в выборе уровня допускаемых повреждений в случае выполнения расчетной оценки методом нелинейного статического анализа. Информация может оказаться полезной юридическим и физическим лицам, имеющим отношение к финансированию, проектированию, страхованию, обследованию и эксплуатации зданий и сооружений в сейсмических районах.

Ключевые слова: здания массового строительства, прогнозирование ущерба, вызванного землетрясением, коэффициент допускаемых повреждений K_1 , кривая несущей способности, метод нелинейного статического (Pushover) анализа; страхование сейсмических рисков.

Содержание

Введение

1. Онтология оценки убытков от землетрясений через коэффициент допускаемых повреждений K_1
2. Pushover-анализ — инструментарий для оценки индивидуального сейсмического риска
3. Насущные проблемы отечественной практики проектирования сейсмостойких конструкций с прогнозируемым уровнем повреждений

Заключение

Литература

* Статья посвящается памяти доктора геолого-минералогических наук, профессора, члена-корреспондента РАЕН, академика Международной Академии информатизации, заслуженного строителя Российской Федерации Коффа Григория Львовича (20.07.1934—10.08.2014), под руководством которого автор статьи (направленный в составе группы от Лаборатории теории сейсмостойкости сооружений ЦИСС ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко ОАО «НИЦ «Строительство») работал в декабре 2009 г. при оценке дефицита сейсмостойкости жилых каркасно-каменных зданий серии 102с, возведенных в пгт. Ноглики Сахалинской области в период 1979—1986 гг. (более подробную информацию о научной деятельности Г. Л. Коффа можно получить по интернет-ссылке: <http://imgg.ru/ru/news/16>).

¹ К зданиям массового строительства автор относит объекты, удовлетворяющие требованиям п. 3 табл. 3 и табл. 7 СП 14.13330.2014 СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах», без сейсмоизоляции.

Введение

Нужно быть готовыми к тому, что в сейсмических районах будут происходить землетрясения. На фоне повседневных забот преобладающая часть населения, проживающего или имеющего недвижимость в сейсмических районах, забывает о том, что землетрясения уже не раз наносили колоссальные убытки селитебным частям планеты. Сильные землетрясения с магнитудой по Рихтеру $M = 7 \div 8$ происходят на Земле не реже 15 раз в год. Несмотря на то, что около 40% территории нашей страны занимают сейсмические районы, многие из респондентов (заказчиков), опрошенных автором с 2009 г., иногда даже не задумываются, что страшные землетрясения, подобные событиям, например, в районе Измита (Турция; 17.08.1999; $M = 7,6$; $h = 17$ км), Порт-о-Пренса (Гаити; 12.01.2010; $M = 7,0$; $h = 13$ км), Вана (Турция; 23.10.2011; $M = 7,1$; $h = 16$ км), Ламдзунга (Непал; 25.04.2015; $M = 7,8$; $h = 15$ км), Норчи (Италия; 24.08.2016; $M = 6,1$; $h = 10$ км) или Цзючжайгоу (Сычуань, Китай; 08.08.2017; $M = 7,0$; $h = 20$ км; более 19 афтершоков), могут случиться и в нашей стране.

Но в памяти современников еще остались картины, запечатлевшие руины зданий после Буйнакского (Дагестан; 15.05.1970; $M = 6,7$; $h = 8$ км), Спитакского (Армения; 07.12.1988; $M = 6,9$; $h = 10$ км), Шикотанского (Ю. Курилы; 04.10.1994; $M = 8,3$; $h = 3$ км) и Нефтегорского (Сахалин; 28.05.1995; $M = 7,0$; $h = 13$ км) землетрясений. При этом разрушению подвергались здания как старой (даже исторической) постройки, так и новые, спроектированные по правилам, действующим в момент событий. Об убытках, причиненных этими землетрясениями, можно справиться на многих web-ресурсах. Однако возможности заказчиков проектирования объектов массового строительства в части выбора допустимого уровня повреждений строительных конструкций при прогнозировании экономических потерь от сильного (редкого) землетрясения ограничены особенностями базовой нормативной методики расчета на действие сейсмических сил.

1. Онтология оценки убытков от землетрясений через коэффициент допустимых повреждений K_1

Из основополагающих принципов отечественной практики проектирования зданий и сооружений в сейсмических районах следует, что при интенсивных сейсмических нагрузках в несущих конструкциях допускаются повреждения, затрагивающие



*Рис. 1. Разрушение и сильное повреждение жилых зданий в г. Эрджеше во время Ванского землетрясения (Турция; 23.10.2011; $M = 7,1$; $h = 16$ км); фотограф – Baz Ratner (Reuters)
<https://www.theatlantic.com/photo/2011/10/deadly-earthquake-in-turkey/100177/>*

нормальную эксплуатацию объекта, но не угрожающие безопасности людей и целостности дорогостоящего оборудования. Такое положение в соответствии с классификацией макросейсмической шкалы MSK-64 охватывает одновременно повреждения как 2-й, так и 3-й степени. Для обеспечения экономической целесообразности выбранного проектного решения в зданиях при землетрясениях расчетной интенсивности допускаются повреждения только 1-й и частично 2-й степени. Такой подход объясняется тем, что реализация мероприятий по устранению повреждений 1-й степени не требует сейсмоусиления несущих конструкций, а повреждения 2-й степени устраняются без отселения собственников помещений и нарушения режима эксплуатации поврежденных зданий. При этом потери собственников зданий, построенных с отступлением от антисейсмических мероприятий (в том числе при упрощении расчетных методов оценки сейсмической реакции), могут варьироваться в интервале $14 \div 103\%$ от их первоначальной стоимости [1].

В соответствии с требованиями пунктов 5.2а и 5.5 свода правил СП 14.13330.2014 актуализированной редакции СНиП II-7-81* (2000 г.) проектирование объектов массового строительства в сейсмических районах допускается выполнять с применением только линейно-спектрального ме-

тогда (далее — ЛСМ). При оценке квазистатической реакции системы по ЛСМ существует ряд условностей; его достоинства, недостатки и допущения подробно рассмотрены в трудах многих известных ученых в области теории сейсмостойкости сооружений [2—5], а предпосылки метода известны всем практикующим специалистам в области сейсмостойкого строительства. Среди упрощений можно выделить два основных — применение только прочностного критерия (для оценки параметров сечений элементов) и введение к интенсивности реальных сейсмических сил понижающего коэффициента K_1 , условно учитывающего реализацию нелинейных деформаций в несущих конструкциях. Расчетные коэффициенты ЛСМ, указанные в нормах проектирования, при сильном (редком) землетрясении обеспечивают для зданий массового строительства допустимость повреждений, соответствующих 3-й степени по шкале MSK-64. При этом здание (сооружение), перенесшее с такими повреждениями указанное землетрясение, по нормам считается сейсмостойким [6].

Однако спектральный метод не всегда гарантирует обеспечение требуемого уровня сейсмостойкости зданий, иначе их обрушения при землетрясениях не происходили бы. Основным недостатком ЛСМ является то, что его расчетные положения не обеспечивают контроль степени повреждения несущих конструкций системы. Ярким тому подтверждением является «срабатывание» неспрогнозированных расчетом зон пластичности, реализовавшихся в диафрагмах и стыках отправочных марок придиафрагменных колонн 9-этажных железобетонных каркасных зданий серии 111, тотально обрушившихся в Ленинкане (Гюмри) 7 декабря 1988 г. В качестве основных причин массовых обрушений тогда назвали плохое качество строительно-монтажных работ и неспрогнозированный спектральный состав воздействия. Но после обрушения зданий-аналогов все той же серии 111 во время Шикотанского землетрясения (1994) ЛСМ стал подвергаться серьезной критике. Обсуждалась не сама концепция, заложенная еще в СНиП II-7-81 (1982 г.), а ошибочность и необоснованность ряда допущений, принятых в структуре метода, например, связанных с заниженными значениями коэффициента K_1 (особенно для

конструктивных систем из железобетона). После актуализации СНиП II-7-81* (2000 г.) противоречий в этом вопросе стало еще больше [7]. Горячие дискуссии на эту тему продолжаются уже длительное время на разных интеллектуальных площадках страны [8—11]. Несмотря на это, некоторые организации «выжимают» из законодательных актов все возможное, когда проектируют на границах правового поля, регламентируемого п. 2 ст. 48.1 Градостроительного кодекса, многоэтажные здания массового строительства предельно допустимых размеров только с применением ЛСМ. При этом инженер, применяя в расчетах на конечно-элементных моделях автоматическую генерацию расчетных сочетаний, порой не осознает, какие нагрузки (ветровые или сейсмические) внесли основной вклад в напряженно-деформированное состояние несущих конструкций. Учитывая все упрощения ЛСМ, даже специалист, давно практикующий в области расчетов зданий и сооружений на сейсмические воздействия, способен только приближенно оценить уровень повреждений конструкций. Несмотря на все обозначенные проблемы, автор считает, что анонсированный в 1933 г. М. А. Био и получивший развитие в работах Дж. Альфорда, Х. Беньюффа, Р. Клафа, Р. Мартеля, Дж. Хаузнера, И. Л. Корчинского, А. Г. Назарова и их последователей линейно-спектральный метод важен и не следует допускать и мысли о том, что он не был нужен или стал сейчас не востребован. На современном этапе развития теории сейсмостойкости будет корректно использовать ЛСМ только для расчета несложных систем с регулярной пространственной жесткостью, работающих в упругой стадии деформирования, а также при слабо нелинейном характере работы конструкций, который наблюдается при частых² (слабых) землетрясениях. Видимо, понимая текущее состояние норм проектирования в сейсмических районах, андеррайтеры не берут на себя риски и стараются отказаться от страхова-

² Под таким землетрясением понимается событие, прогнозируемое на площадке строительства хотя бы 1 раз за нормативный срок эксплуатации объекта (T), с ускорением в уровне основания, как правило, в 2 раза меньше значения, соответствующего расчетной сейсмичности площадки (при отсутствии регламентированных данных значение T допускается принимать равным 100 годам).

ния рядовых объектов массового строительства. Или, руководствуясь какими-то замысловатыми тарифами и критериями соответствия, даже VIP-здания страхуют по принципу «ноль-единица». В этом контексте, с другой стороны, интересен опыт ЗАО «АСОКА», гражданская ответственность которого при выполнении работ по усилению конструкций, в том числе в сейсмических районах, застрахована в СК «Альянс» на 10 млн (!) евро.

2. Pushover-анализ — инструментарий для оценки индивидуального сейсмического риска

При сильных (редких) событиях несущие конструкции работают в пластической стадии деформирования материалов. Поэтому в текущих экономических условиях многих заказчиков интересует, как нащупать ту тонкую грань, допускающую при таком землетрясении выход из строя только второстепенных (ненесущих) ремонтпригодных элементов здания с причинением им незначительного ущерба. Решение этой задачи автор предлагает получать, опираясь на метод нелинейного статического (Pushover) анализа (далее — НСМ) [12], который в настоящее время широко используется при проектировании сейсмостойких конструкций, зданий и сооружений в различных странах мира, в том числе в Китае, Индии, США, Иране, Италии, Греции, Индонезии.

Что собой представляет НСМ? Это диаграммный метод расчета, применяя который, инженер как бы сознательно допускает, что передача сейсмических сил сооружению произойдет настолько медленно, что за учитываемое время между внутренними напряжениями в несущих конструкциях и действующими на систему квазистатическими силами обеспечится равновесие. Важнейшей особенностью метода является учет понятия энергоемкости [13]; одним из основных достоинств — возможность оценки сейсмостойкости на стадии приближения к предельному состоянию. Его полное наименование, встречающееся в зарубежной нормативной документации и научных публикациях, — Nonlinear Static Analysis Procedure (Pushover Analysis). Результатом выполнения расчета по НСМ является кривая равновесных состояний системы (так называемая кривая несущей способности) с участками,

характеризующими степени повреждения несущих конструкций, задаваемыми на этапе концептуального проектирования (рис. 2). Кривая несущей способности представляет собой графическую зависимость между горизонтальной сейсмической реакцией в уровне основания и перемещением покрытия системы в формате «сила — деформация» ($V_{sh,b} — \Delta$). Каждому конкретному неблагоприятному особому сочетанию нагрузок соответствует своя кривая равновесных состояний системы. Достоверность оценки степени повреждений зависит от корректности получения инженером параметров кривой несущей способности (в частности, от характеристик зон пластичности), качественный вид которой опытный специалист вполне может спрогнозировать. Другим нюансом методологии является алгоритм конвертации кривой $V_{sh,b} — \Delta$ в формат «спектральное ускорение — спектральное перемещение» ($S_a — S_d$) [12, 14]. В прикладном смысле концепция Pushover — зарекомендовавший себя инструментарий для анализа индивидуального сейсмического риска, позволяющий оценить потери собственника или страховой компании при землетрясении в абсолютном выражении. За свою более чем 30-летнюю историю практического применения концепция Pushover-анализа, реализованная в специализированных комплексах американской компании Computers & Structures, Inc, использовалась в поверочной оценке сейсмостойкости целого ряда сооружений. Среди них встречаются сооружения с мировым именем, например национальный стадион в Пекине, известный как «Птичье гнездо» (Beijing National Stadium).

Рассматриваемая концепция применима в оценке сейсмостойкости коттеджей, таунхаусов, многоэтажных зданий и производственных объектов как для целей нового проектирования, так и для сейсмоусиления их несущих конструкций и страхования строительных рисков.

Частный пример. Рассмотрим многоэтажный объект исследования, указанный в преамбуле статьи [15]. Общая длина сонаправленных диафрагм вдоль поперечной оси здания равна 27,8 м; в направлении продольной оси — 12,1 м. Класс бетона, класс и шаг рабочей арматуры диафрагм жесткости аналогичны параметрам, указанным в домостроительной серии 1.020.1-2с/89. При-

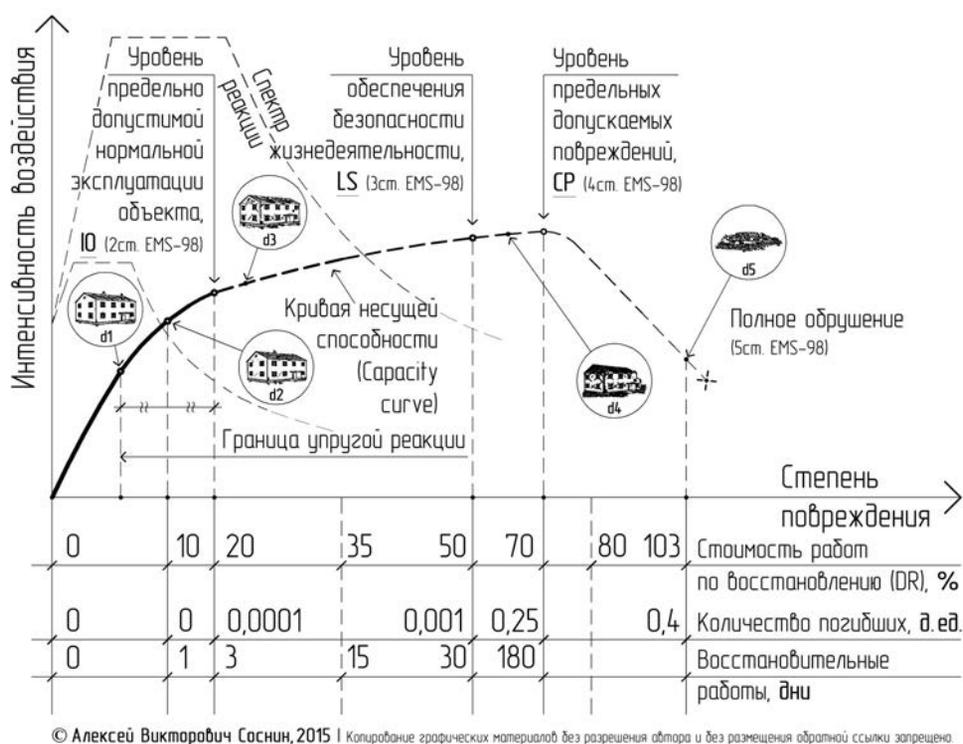


Рис. 2. Графическая зависимость между социально-экономическим ущербом и уровнем повреждения основных несущих конструкций (рисунок доработан автором с учетом исследований J.P. Moehle, 2003)

нималось, что проект объекта исследования разработан с применением только ЛСМ (с $K_1 = 0,25$) в редакции СНиП II-7-81* (2000 г.), а на площадке строительства прогнозируется сильное (редкое) землетрясение, характеризующееся ускорением в уровне основания $0,1 g$. По итогам поверочных расчетов здания по НСМ (с применением нелинейной расчетной процедуры метода З. Фримана; 1975) в сертифицированном³ комплексе SAP2000 (рис. 3а) выявлен дефицит сейсмостойкости в 1 балл по шкале MSK-64. Учитывая требования п. 5.5 СП 14.13330.2014, полученные результаты можно учитывать при оценке убытков, поскольку интенсивность сейсмических сил, определенных для объекта исследования по п. 2.5* СНиП II-7-81* (2000 г.), за счет повышения коэффициента допустимых повреждений K_1 увеличивается всего

на 20%. При редком землетрясении экономические потери прогнозируются равными не менее 250 млн руб., исходя из стоимости $1 m^2$ жилой площади 40 тыс. руб./ m^2 . В случае реализации слабого (частого) землетрясения убытки от повреждения здания составят не менее 55 млн руб. Своевременное внесение изменений в технические решения по конструированию диафрагм жесткости нижних этажей [16, 17] за счет применения НСМ (рис. 3б) на стадии разработки рабочей документации позволило предотвратить убытки в размере 65% от первоначальной стоимости здания⁴. Обобщенная зависимость ущерба от интенсивности воздействия для зданий представлена на рис. 2 [19].

³ Сертификат соответствия № 0896541; выдан 10 октября 2016 г. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

⁴ В случае согласования заказчиком уровня повреждения системы по критерию безопасности жизнедеятельности собственников жилья и ремонтпригодности несущих конструкций при использовании расчетного спектра реакции с обеспеченностью 0,5, соответствующего нормативной кривой коэффициента динамичности $\beta(T)$ для средних грунтовых условий.

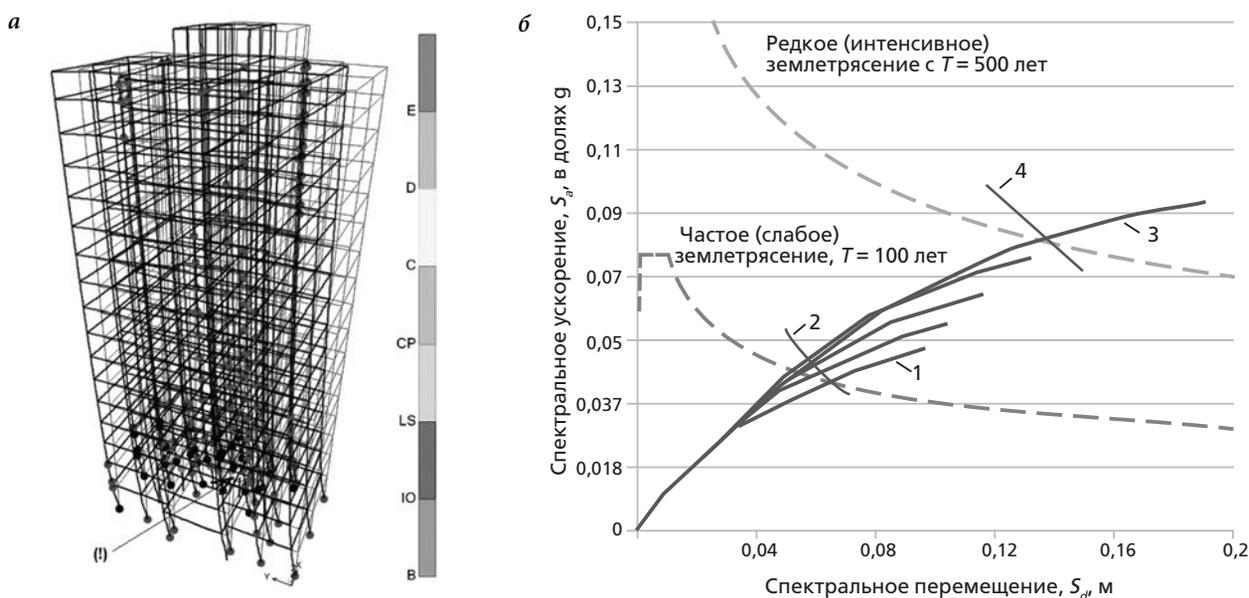


Рис. 3. Механизм деформирования системы с визуализацией мест образовавшихся повреждений, полученный в комплексе SAP2000 (а), и изображение спектров несущей способности системы и расчетных спектров реакции в формате $S_a - S_d$ (б) при направлении сейсмических сил вдоль продольной оси здания

Примечания.

1. На рис. 3а стрелочкой специально указана зона пластичности в диафрагме, деформации которой не удовлетворяют критерию необрушения, принятому на стадии концептуального проектирования.
2. На рис. 3б представлен ряд кривых, импортированных из комплекса SAP2000 в систему математики MathCAD: кривая 1 — спектр несущей способности системы, полученный при проектных параметрах диафрагм (арматура А400 10/200); кривая 3 — то же, при скорректированных параметрах диафрагм, принятых для конструирования (арматура А500 10/100); кривые 2, 4 — характерные отрезки траекторий итерационного поиска положения точек упруго-пластических свойств системы (на кривых 1 и 3 соответственно).

Между кривыми 1 и 3 приведены спектры несущей способности, соответствующие промежуточным параметрам армирования диафрагм; ниспадающая часть спектров условно не показана.

3. Насущные проблемы отечественной практики проектирования сейсмостойких конструкций с прогнозируемым уровнем повреждений

В соответствии с требованиями абзаца 4 п. 5.5 свода правил СП 14.13330.2014 актуализированной редакции СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» использование НСМ допускается при оценке сейсмостойкости в рамках расчетной ситуации МРЗ (максимальное расчетное землетрясение). Но проектные организации не используют его по ряду причин. Во-первых, из-за скептического отношения некоторых отечественных практиков и ученых к процедурам, в нем реализуемым, которые кажутся им излиш-

не дискуссионными. Основной акцент делается на отсутствие в нормах проектирования стройной техники расчета, понятной рядовому инженеру. Поэтому НСМ пока получалось применять только в качестве расчетных компенсирующих мероприятий специальных технических условий на проектирование зданий и сооружений (в части обеспечения сейсмической безопасности) [18], разрабатываемых в соответствии с требованиями приказа Министерства регионального развития от 01.04.2008 № 36 (сейчас заменен приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства от 15.04.2016 № 248/пр). Основные допущения рассматриваемой концепции, действительно имеющей ряд нюансов, рассмотрены автором в работе [12]. Еще одна причина кроется в так назы-

ваемом быстром проектировании. В режиме работы «надо было сделать еще вчера» инженер, ограниченный во времени и подгоняемый административным корпусом проектной организации, как правило, даже с применением известных методик выполняет только «джентльменский набор» расчетов. Поэтому сложившейся практикой становится ситуация, когда в проектировании зданий для строительства в сейсмических районах часто бывают задействованы компании, которые по целому ряду причин не обладают должным практическим, информационным, методологическим и аналитическим потенциалом. В таких условиях интеграции передовых методов в процесс проектирования поспособствовало бы внедрение в штат современной проектной организации научно-технического звена. Ведь инженерам, желающим сохранить за собой должность, приходится учиться расчетам на сейсмику прямо по ходу проектирования. Эта цепочка взаимозависимых и взаимовытекающих следствий приводит к тому, что наличие у генерального проектировщика свидетельства саморегулируемой организации и лицензии на расчетный софт еще не гарантирует заказчику получение сейсмостойкого и рационально спроектированного здания. И он уже на этапе приема-передачи проектной документации может получить строение с дефицитом сейсмостойкости [8]. Например, если спроецировать положения теории когнитивного искажения Канемана — Тверски на механизм принятия решений, связанный с сейсмическим риском, то многие здания и сооружения, спроектированные только с применением линейно-спектрального метода, могут оказаться сейсмостойкими только на чертежах, поскольку у нас со времен Нефтегорской трагедии не случалось сильных землетрясений.

Заключение

Средства, сэкономленные заказчиком на стадии выбора генерального проектировщика и изыскательской организации, могут оказаться заложенными инженером в «запасы несущей способности». Их неконтролируемое распределение в объеме системы, вследствие особенностей ЛСМ, может и не обеспечить ее сейсмостойкости, заявленной на стадии концептуального проектирования [14]. Подписывая техническое задание на объект, проектируемый с применением только ЛСМ, заказчик дает согласие на реализацию в конструкциях при сильном

(редком) землетрясении повреждений 3-й степени по шкале MSK-64, характеризуемых убытками в размере не менее 50% от его первоначальной стоимости. Если оценка сейсмической реакции проектируемого здания будет выполняться методом нелинейного статического (Pushover) анализа, то заказчик уже на стадии концептуального проектирования сможет участвовать в выборе уровня допускаемых повреждений и спрогнозировать затраты на восстановительные работы в случае реализации расчетного землетрясения на рассматриваемой площадке.

Литература

1. Курмаев А.М. Сейсмостойкие конструкции зданий. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. 453 с.
2. Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. СПб.: Наука, 1998. 255 с.
3. Уздин А.М. Что скрывается за линейно-спектральной теорией сейсмостойкости // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009. № 2. С. 18—22.
4. Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г.А. Проблемы учета нелинейностей в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения). М.: Изд-во МГСУ, 2012. 192 с.
5. Курзанов А.М. Что можно ожидать от следующего землетрясения в России // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 2. С. 53—55.
6. Аминтаев Г.Ш. Сейсмическая безопасность — цель, сейсмостойкость сооружений — средство // Инженерные изыскания. 2014. № 2. С. 48—53.
7. Джинчвелашвили Г.А., Мкртычев О.В., Соснин А.В. Анализ основных положений СП 14.13330.2011 СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 9. С. 17—21.
8. Джинчвелашвили Г.А., Мкртычев О.В., Соснин А.В. Анализ основных положений СП 14.13330.2011 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» // О возможных принципиальных ошибках в нормах проектирования, приводящих к дефициту сейсмостойкости сооружений в 1—2 балла. Сб. тр. научн.-практич. семинара, 15 сентября 2011 года. М.: МГСУ, 2011. С. 19—27.
9. Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г.А. Проектирование зданий и сооружений с заданным уровнем сейсмостойкости // Надежность и безопасность зданий и сооружений при сейсмических и аварийных воздействиях. Сб. тр. VII Объединенного Международного научн.-практич. семинара, 31 октября 2013 года. М.: МГСУ, 2013.

10. Джинчвелашвили Г.А., Соснин А.В. Анализ некоторых особенностей учета нелинейной работы конструкций в нормативных документах по сейсмостойкому строительству // Подсекц. «Строительная механика и теория надежности конструкций» 71-й Научн.-методич. и научн.-исслед. конф. (с международным молодежным участием). Тез. докл., 29 января — 7 февраля 2013 года. М.: МАДИ, 2013. С. 67—69.
11. Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г.А. Сравнительный анализ усилий в несущих элементах железобетонных зданий при эксплуатационных и сейсмических нагрузках // Заседание Научного совета РААСН по сейсмологии и сейсмостойкому строительству. Тез. докл., 29 октября 2014 года. М.: РААСН, 2014.
12. Соснин А.В. Об особенностях методологии нелинейного статического анализа и его согласованности с базовой нормативной методикой расчета зданий и сооружений на действие сейсмических сил // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2016. Т. 16. № 1. С. 12—19.
13. Соснин А.В. К вопросу учета диссипативных свойств многоэтажных железобетонных каркасных зданий массового строительства при оценке их сейсмостойкости // Современная наука и инновации. 2017. № 1(17). С. 127—144.
14. Соснин А.В. Об уточнении коэффициента допускаемых повреждений K_1 и его согласованности с концепцией редукции сейсмических сил в постановке спектрального метода (в порядке обсуждения) // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1(60). С. 92—116.
15. Соснин А.В. О параметрах диафрагм жесткости железобетонных каркасных зданий для строительства в сейсмических районах (по результатам расчетов многоэтажного жилого здания методом нелинейного статического анализа в SAP2000) // Жилищное строительство. 2016. № 4. С. 17—25.
16. Соснин А.В. Применение метода нелинейного статического анализа в оценке влияния сдвиговой несущей способности диафрагм жесткости на сейсмостойкость многоэтажного железобетонного рамно-связевого каркаса (в среде SAP2000) // Ежегодн. международн. академ. чтения Российской академии архитектуры и строительных наук «Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения», 19—20 ноября 2015 года. Курск: КГУ, 2015. С. 204—219.
17. Исследование влияния основных параметров диафрагм, принятых на стадии концептуального проектирования, на реакцию многоэтажного железобетонного рамно-связевого каркаса методом нелинейного статического анализа (для района с умеренной сейсмичностью): Отчет о проведении НИР / Кафедра Зданий и сооружений на транспорте Смоленского филиала МИИТ; руководитель А.В. Соснин, соисполн. А.В. Ильющенко, А.А. Абросов. Смоленск, 2015. 48 с.
18. Разработка специальных технических условий на проектирование, в части обеспечения сейсмической безопасности, концертного комплекса с залами на 1200 и 500 посадочных мест объекта капитального строительства Кавказский музыкально-культурный центр Валерия Гергиева по адресу: г. Владикавказ, пл. Свободы, набережная р. Терек, ул. Ч. Баева, ул. Коцова; Специальные технические условия с пояснительной запиской (Рег. вх. номер Госстроя РФ №9342/ГС от 20.05.2013; согласованы Нормативным техническим советом Госстроя РФ исх. №5334-БМ/03/ГС от 14.06.2013) / Смоленский филиал МИИТ; руководитель темы Г.А. Джинчвелашвили, отв. исполн. А.В. Соснин. Смоленск, 2013— 27 с.
19. Moehle J.P. A Framework for Performance-Based Earthquake Engineering. ATC-15-9, Workshop on the Improvement of Building Structural Design and Construction Practices, Maui, HI, 2003.

Сведения об авторе

Соснин Алексей Викторович: руководитель научно-исследовательской лаборатории оценки безопасности результатов проектирования и сейсмостойкости строительных конструкций

Количество публикаций: 25, в том числе 23 статьи в области сейсмостойкости сооружений (из них 9 статей — в специализированных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России)

Область научных интересов: оценка сейсмостойкости зданий и сооружений методом нелинейного статического (Pushover) анализа; расчетная оценка страховых рисков и экономических потерь для целей проектирования строительных конструкций в сейсмических районах

Контактная информация:

Адрес: 214013, г. Смоленск, а/я 118

Тел.: +7 (910) 119-89-71

E-mail: seism.estim.lab@mail.ru