

Academia. Архитектура и строительство, № 1, стр. 159–165.
Academia. Architecture and Construction, no. 1, pp. 159–165.

Исследования и теория
Научная статья
УДК 624.075
DOI: 10.22337/2077-9038-2024-1-159-165

Устаревшие положения норм Российской Федерации, регламентирующих строительство в сейсмических районах

Курбацкий Евгений Николаевич (Москва). Доктор технических, академик РАТ. Кафедра «Мосты и тоннели» Российского университета транспорта (МИИТ). (Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. МИИТ). Эл. почта: dynamic.miit@gmail.com

Мондрус Владимир Львович (Москва). Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН. Кафедра строительной и теоретической механики (СитМ) НИУ МГСУ (Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26. МГСУ). Эл. почта: mondrus@mail.ru

Титов Евгений Юрьевич (Москва). Кандидат технических наук. Кафедра «Мосты и тоннели» Российского университета транспорта (МИИТ). (Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. МИИТ); Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (Россия, 129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., 10. ВНИИЖТ). Эл. почта: titov_eu@mail.ru

Емельянова Галина Александровна (Москва). Доктор технических наук. Кафедра «Мосты и тоннели» Российского университета транспорта (МИИТ). (Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. МИИТ). Эл. почта: ga_emel@mail.ru

Пестрякова Екатерина Алексеевна (Москва). Кандидат технических наук. Кафедра «Мосты и тоннели» Российского университета транспорта (МИИТ). (Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9. МИИТ). Эл. почта: kate.pestriakova@gmail.com

Аннотация. Описаны достижения мультидисциплинарной области научной и практической деятельности сейсмической инженерии (ЕЕ). Констатируется, что задание исходной информации в нормах Российской Федерации отличается от способов и методов, представленных в работах ЕЕ. Обосновывается необходимость совершенствования норм РФ, которая будет заключаться в разработке новых норм с учётом признанных достижений в области сейсмической инженерии, отказе от сейсмического районирования в баллах и представления карт сейсмического районирования в изосеймах спектров реакций. Считаем необходимым на первом этапе разработать научно-техническое пособие «Спектры максимальных реакций для районов Российской Федерации».

Ключевые слова: сейсмическая инженерия, динамические коэффициенты, карты сейсмического районирования, изосеймы, спектры реакций.

Финансирование. Работа финансировалась Министерством науки и высшего образования РФ, проект № FSWG-2023-0004.

Для цитирования. Курбацкий Е.Н., Мондрус В.Л., Емельянова Г.А., Пестрякова Е.А., Титов Е.Ю. Устаревшие положения норм Российской Федерации, регламентирующих строительство в сейсмических районах // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 1. – С. 159–165. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-1-159-165.

Outdated Provisions of the Russian Federation Norms Regulating Construction in Seismic Areas

Kurbatskiy Evgeny N. (Moscow). Doctor of Sciences in Technology, Academician of the Russian Academy of Transport. The Department of Bridges and Tunnels of the Russian University of Transport (MIIT) (9 Obraztsova st., build. 9, Moscow, 127994, Russia. MIIT). E-mail: dynamic.miit@gmail.com

Mondrus Vladimir L. (Moscow). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Corresponding Member of RAACS. The Department of construction and theoretical mechanics of the Moscow State University of Civil Engineering (26 Yaroslavskoye Highway, Moscow, 129337, Russia. MGSU). E-mail: mondrus@mail.ru

Titov Evgeny Yu. (Moscow). Candidate of Sciences in Technology. The Department of Bridges and Tunnels of the Russian University of Transport (MIIT) (9 Obraztsova st., build. 9, Moscow, 127994, Russia. MIIT); Railway Resurch Institute of JSC Russian Railways (3rd Mytischinskaya Street, 10. Moscow, 129626, Russia. VNIIZhT). E-mail: titov_eu@mail.ru

Emelianova Galina A. (Moscow). Doctor of Sciences in Technology. The Department of Bridges and Tunnels of the Russian University of Transport (MIIT) (9 Obraztsova st., build. 9, Moscow, 127994, Russia. MIIT). E-mail: ga_emel@mail.ru

Pestriakova Ekaterina A. (Moscow). Candidate of Sciences in Technology. The Department of Bridges and Tunnels of the Russian University of Transport (MIIT) (9 Obraztsova st., build. 9, Moscow, 127994, Russia. MIIT). E-mail: kate.pestriakova@gmail.com

Abstract. The achievements of the multidisciplinary field of scientific and practical activity Earthquake Engineering (EE) are described. It is stated that the specification of initial information in RF norms differs from the ways and methods presented in EE works. The necessity of improvement of RF norms is substantiated, which will consist in the development of new norms taking into account the recognized achievements in the field of seismic engineering, refusal of seismic zoning in points and representation of seismic zoning maps in isoseismic response spectra. We consider it necessary at the first stage to develop a scientific and technical manual Maximum Reaction Spectra for the areas of the Russian Federation.

Keywords: earthquake engineering, dynamic coefficients, seismic zoning maps, isoseisms, response spectra

Funding. The research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. FSWG-2023-0004

For citation. Kurbatskiy E.N., Mondrus V.L., Emelianova G.A., Pestriakova E.A., Titov E.Yu. Outdated Provisions of the Russian Federation Norms Regulating Construction in Seismic Areas. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2024, no. 1, pp. 159–165, doi: 10.22337/2077-9038-2024-1-159-165.

Вступившие в силу с 1 июля 2015 года нормы СП 14.13330.2014¹ представляют собой пример неудачной актуализации устаревшего СНиП II-7-81*², о чём свидетельствует большое количество критических публикаций. Отметим одну из них, опубликованную в 2017 году: «Критический анализ состояния нормативной документации по расчёту сооружений на землетрясения» [1]. В статье указаны серьёзные недостатки и ошибочные положения актуализированных норм, а также отмечено, что «безответственность и небрежность авторов норм создают впечатление, что разработчики не обладают достаточными знаниями в теоретической механике, динамике сооружений, механике сплошных сред, спектральном анализе и незнакомы с состоянием и достижениями в области нормирования и сейсмической инженерии технически развитых стран».

Введённый в действие с 24 мая 2018 года документ СП 14.13330.2018³, который является очередной неудачной актуализацией СП 14.13330.2014, ещё раз подтверждает дефицит компетентности у разработчиков норм в области сейсмической инженерии. Кроме устаревших положений,

которые были включены в прежние редакции СНиП ещё в 1969 году, появились ошибочные рекомендации, использование которых может привести к катастрофам при землетрясениях.

Разработчики норм, по-видимому, руководствуясь принципами ложного патриотизма, переписывают из редакции в редакцию устаревшие методы, от которых давно отказались их коллеги ближнего и дальнего зарубежья.

Необходимость совершенствования нормативных документов

Существенной особенностью ущерба от землетрясений является то, что большая часть человеческих и экономических потерь связана с повреждениями и разрушениями сооружений, созданных человеком: зданий, плотин, мостов и др.

Практически всю свою жизнь (не менее 90% времени) человек проводит в созданной им искусственной среде обитания, то есть внутри или вблизи сооружений различного назначения.

Поэтому очень важно уметь строить безопасные сооружения и объекты и, следовательно, предотвращать опасные последствия землетрясений.

¹ СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81*». «Строительство в сейсмических районах» (<https://docs.cntd.ru/document/1200111003>).

² Минстрой России. Москва, 1995.

³ СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81*». «Строительство в сейсмических районах» (<https://docs.cntd.ru/document/550565571>).

Сооружения проектируются и строятся в соответствии с действующими нормативными документами.

Целью нормативных документов является предотвращение превращения землетрясений в стихийные бедствия. От качества нормативных документов существенно зависит сейсмостойкость сооружений. Нормативные документы необходимо совершенствовать, учитывая при этом все достижения науки и практики.

Достижения сейсмической инженерии

Разрушительные землетрясения, произошедшие в прошлом веке, привлекли к этой проблеме внимание и руководителей государств, и учёных многих стран. К середине прошлого столетия практически сформировалась мультидисциплинарная область научной и практической деятельности – сейсмическая инженерия, направленная на проектирование, строительство и эксплуатацию сооружений в зонах с повышенной сейсмической активностью. Появилось международное научное сообщество с таким же названием – Earthquake Engineering (EE), состоящее из тысяч исследователей, которые выполнили большое количество теоретических и экспериментальных – натурных и лабораторных – работ в этой области.

Достижения сейсмической инженерии в последние годы – впечатляющие. Среди них следует отметить нормативные документы:

- 1) IBC, International Building Code Council, Washington, DC, 2015;
- 2) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings;
- 3) AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition, with 2012, 2014, and 2015 Interim Revisions;
- 4) Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary ASCE 4-98;
- 5) Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures ASCE/SEI 4-16.

Международным научным сообществом (EE) были организованы и проведены десятки всемирных конференций, в которых приняли участие тысячи учёных из различных стран. Отметим две из них:

12th World Conference on Earthquake Engineering, 12WCEE Окленд, Новая Зеландия (январь-февраль 2000 года),

17th World Conference on Earthquake Engineering, 17WCEE Сендай, Япония – (сентябрь 2020 года).

Представителями этого международного сообщества изданы многочисленные монографии, в которых изложены концепции сейсмической инженерии. Отметим, что монография «Earthquake Engineering. Theory and Implementation» профессора из Иорданского университета Назала Армоути (Nazzal S. Armouti), в которой простым языком изложены все проблемы сейсмической инженерии и динамики сооружений, переиздавалась три раза.

О нормах Российской Федерации

Из анализа состояния документации по расчёту сооружений на землетрясения и сравнения с современными зарубежными нормами следует, что в настоящее время строительство сооружений в районах Российской Федерации с повышенной сейсмической активностью не обеспечено необходимыми регламентами для строительства сейсмостойких сооружений. Поэтому целесообразно не актуализировать, а разработать новый свод правил «Строительство в сейсмических районах», учитывая при этом достижения сейсмической инженерии. В результате анализа разрушительных землетрясений, произошедших за последние десятилетия, мировым сообществом была выявлена необходимость в совершенствовании нормативных документов. Заметим, что своды правил многих стран были существенно переработаны, при этом процесс внедрения самых современных моделей и методов расчёта сооружений на сейсмические воздействия не прекращается и в настоящее время.

Зная о частых научных контактах разработчиков норм с коллегами из других стран, мы считаем, по меньшей мере, странным продолжающееся игнорирование мирового опыта.

Отметим, что в 2016 году Президентом Российской Федерации было поручено Правительству Российской Федерации привести в соответствие с современными требованиями документы технического регулирования в сфере строительства, в том числе принять меры гармонизации отечественных и международных стандартов с учётом лучших мировых практик.

Совершенствование норм необходимо начать с разделов, определяющих сейсмическое воздействие.

О сейсмическом районировании

В Российской Федерации для оценки сейсмических воздействий на сооружения используются карты общего сейсмического районирования (ОСР), в которых интенсивность землетрясений I (балльность) оценивается в баллах. При этом при проектировании наземных и подземных сооружений такое понятие, как балл, ни в каких инженерных расчётах непосредственно никогда и нигде не использовалось.

Инструментальная шкала сейсмического районирования в баллах – дискретная, целочисленная, грубая и неточная. В современных зарубежных нормативных документах при задании исходной сейсмической информации понятие «балл» даже не упоминается, хотя раньше также использовалась балльная система.

Вместо районирования в баллах в настоящее время практически во всех странах мира, даже в развивающихся, используется районирование в изосейсмах, поэтому сейсмическое районирование в баллах, которое по-прежнему присутствует в нормах РФ, выглядит по меньшей мере странно.

Для выбора характерных точек спектра для построения карт необходимо использовать концепцию спектров максимальных реакций. В российских нормах вместо концепции спектров максимальных реакций используется концепция

динамических коэффициентов, которая в какой-то мере затормозила принятие современного районирования в спектрах реакций.

С сожалением констатируем, что задание исходной информации в нормах РФ и сами нормативные документы существенно (в худшую сторону!) отличаются от работ Международного научного сообщества (ЕЕ).

Динамические коэффициенты или спектры реакций (ответов) сооружений на сейсмические воздействия?

Ответ на этот вопрос и обоснование необходимости отказа от концепции динамических коэффициентов приводится в статьях [1–4].

В одной из статей было отмечено:

«Разработчиками норм в СССР и РФ была допущена серьёзная методическая ошибка, когда спектры ответов свели к динамическим коэффициентам.

Целому поколению российских проектировщиков неизвестна эта удобная и необходимая для расчётов на сейсмостойкость методика».

Не все согласились с нашим мнением.

Мы по-прежнему считаем, что динамические коэффициенты – неудачный аналог спектров максимальных реакций (ответов).

Как было уже отмечено ранее, в настоящее время практически во всех нормативных документах и руководствах по расчёту сооружений на сейсмостойкость технически развитых стран мира используется концепция спектров реакций (ответов) на землетрясения. Количество стран, в нормативных документах которых используется эта концепция, более пятидесяти. Это все страны Европы, страны Азии, Северной и Южной Америки, Австралии и т.д. В нормах бывших республик СССР – Латвии, Литвы, Эстонии, Белоруссии и Казахстана – уже давно используется эта концепция.

Следует отметить, что динамические коэффициенты – это не только не другое название спектров максимальных реакций, как утверждают наши оппоненты, но и параметр, искажающий описание сейсмического воздействия, что приводит даже к неправильному толкованию и ошибочному представлению. Например, вводится понятие дорезонансных, резонансных и зарезонансных областей (рис. 1).

В качестве примеров приведём фотографии разрушенных сооружений собственные периоды колебаний, которых находились в так называемой «зарезонансной» области. Разрушились эти сооружения вследствие резонансов, при которых перемещения достигли больших значений.

Сооружения разрушаются не только из-за воздействия больших инерционных сил, но и вследствие больших перемещений. При использовании динамических коэффициентов выпадают из рассмотрения спектры максимальных перемещений и скоростей реакций.

Разрушения при землетрясениях происходят как при воздействии больших инерционных сил, так и при больших

перемещениях. Примеры приведены на рисунке 2. Поэтому нельзя определять сейсмические нагрузки только как воздействие инерционных сил, возникающих при колебаниях сооружения. По свидетельству очевидцев разрушения, при землетрясении пролётное строение практически оставалось неподвижным.

Приведём правильное описание областей спектров реакций на примере спектра из норм ИВС.

Описание областей спектров реакций:

$T_0 \leq T < T_s$ – область постоянных ускорений;

$T_s \leq T < T_L$ – область постоянных скоростей;

$T > T_L$ – область постоянных перемещений.

В замечательной монографии Dynamic of Structures. Theory and Application to Earthquake Engineering [5] эти области называются acceleration sensitive, velocity sensitive, displacement sensitive, что можно перевести как области спектра реакций сооружений чувствительны к ускорениям, скоростям и перемещениям.

Отметим важные параметры и характеристики спектров максимальных реакций, которые определяются при использовании трёхординатных спектров реакций:

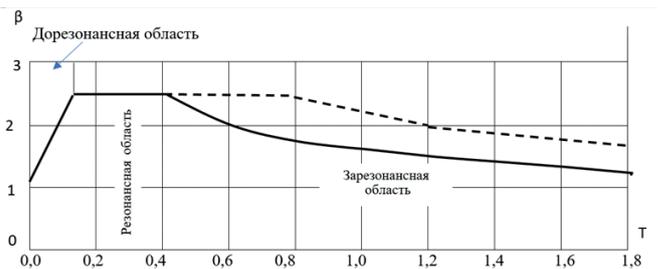


Рис. 1. Графики кривых динамичности с несуществующими резонансными и зарезонансными областями



Рис. 2. Примеры разрушенных сооружений вследствие больших перемещений. Фото из открытых источников сети Интернет

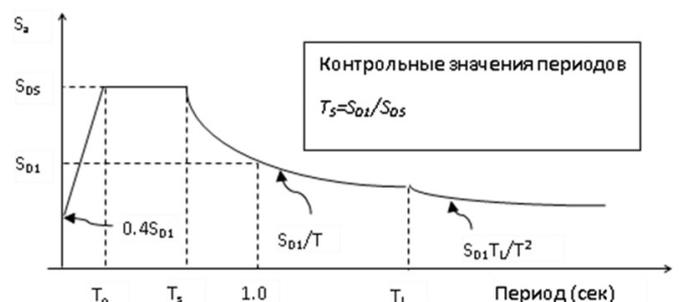


Рис. 3. Характерные области спектра реакций

границы области $T_0 - T_s$ постоянных значений спектра и величина S_{DS} ;

границы области постоянных скоростей и вид функции в этой области S_D/T ;

границы области постоянных перемещений и вид функции в этой области $S_D T_1/T^2$.

В российских нормах область постоянных перемещений даже не упоминается.

При использовании концепции динамических коэффициентов эти параметры невозможно, во-первых, обосновано определить и, во-вторых, объяснить вид функций.

Как были построены эти важные для расчёта кривые, непонятно и нигде не объясняется.

Для этой цели необходимо строить в логарифмических координатах трёхординатные спектры перемещений, псевдоскоростей и псевдоускорений, которых нет в российских нормах. Покажем, как строятся такие графики. Введём обозначения спектров максимальных реакций.

D-спектр перемещений, V-псевдоспектр скоростей и A-псевдоспектр ускорений. Доказано [6], что между этими спектрами существуют следующие зависимости:

$$\frac{A}{\omega} = V = \omega D; \text{ или } \frac{T}{2\pi} A = V = \frac{2\pi}{T} D \quad (1)$$

Ввиду того, что, определяемые таким образом спектры скоростей и ускорений незначительно отличаются от реальных, их принято называть псевдоспектрами.

Представление спектров максимальных реакций в виде трёхординатного графика позволяет выделить области спектров, которые можно аппроксимировать отрезками прямых. Это свойство используется для построения расчётных спектров. На рисунке 4 представлена трактовка областей спектров реакций известными учёными [5].

Для того чтобы построить карты сейсмического районирования в изосеймах спектров реакций, надо обосновано выбрать характерные точки спектров реакций, поэтому считаем необходимым разработать научно-техническое пособие: «Спектры максимальных реакций для районов Российской Федерации».

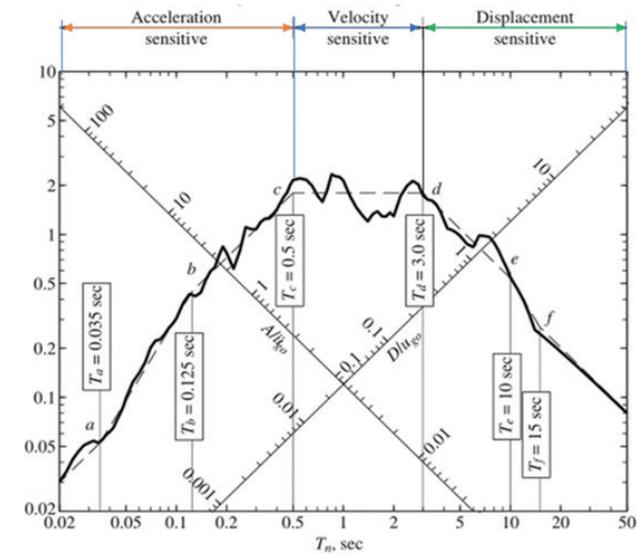
В научно-техническом пособии должны быть представлены обоснованные способы определения расположения характерных точек спектров максимальных реакций для учёта спектрального состава сейсмических воздействий.

При разработке пособия необходимо учесть опыт стран, в которых используется сейсмическое районирование в спектрах реакций, а также собственные исследования.

Возможно использование некоторых положений зарубежных норм, но в целом документ должен учитывать национальные условия и требования.

В настоящее время в мире разработаны методики построения расчётных спектров для упругих и нелинейных систем. Учтено влияние местных инженерно-геологических условий.

В качестве примера приведём спектр Ньюмарка–Холла и вид спектра, принятого в Европейских нормах (рис. 5).



- ↔ (red) – область реакций систем с малым периодом, восприимчивых к ускорению. Деформации малы.
- ↔ (green) – область реакций систем с большим периодом, восприимчивых к перемещению. Ускорения малы.
- ↔ (blue) – область реакций систем с промежуточными периодами восприимчивых к скорости.

Рис. 4. Спектр реакций на землетрясение с обозначением характерных точек и соответствующих им периодов

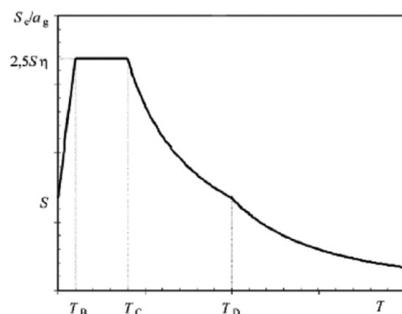
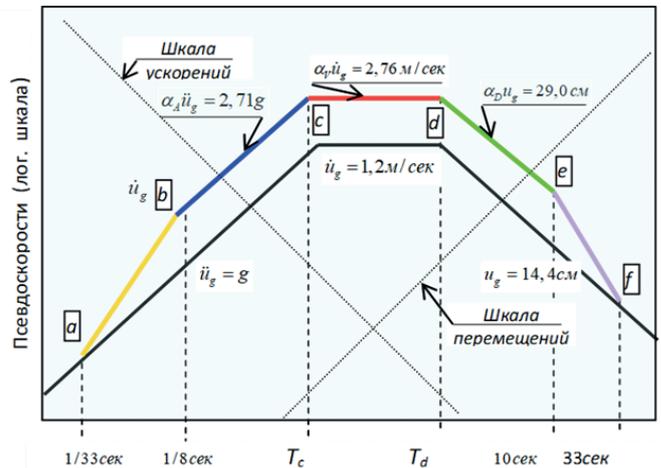


Рис. 5. Формы спектров максимальных реакций

При переходе от логарифмических координат к обычным спектр Ньмарка–Холла принимает вид, принятый в еврокодах и других зарубежных нормативных документах.

Теория и параметры коэффициентов усиления, разработанные Ньюмарком и Холлом, позволяющие строить спектры ответов по максимальным значениям перемещений PGD, скоростей PGV и ускорений PGA грунта, используются во многих нормативных документах и, в частности, в нормах по расчёту на сейсмостойкость атомных станций в РФ и США.

Устаревшие, ошибочные положения и ненужные рекомендации для расчёта сооружений на землетрясения в Актуализированной редакции СНиП II-7-81

Нормативный документ СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81*». «Строительство в сейсмических районах», несмотря на внушительный список исполнителей, куда включены многие известные учёные, не представляет собой документ, в котором предлагаются только обоснованные рекомендации, обеспечивающие сейсмостойкое строительство.

Грубый, неточный и неудобный для проектировщиков параметр «балл», описывающий интенсивность землетрясений, в российских нормах, превратили в какой-то «общий аршин», с помощью которого рассчитывается причём с подозрительно высокой точностью, большое количество, параметров, определяющих сейсмостойкость сооружений.

Примеры необоснованных и «очень важных» рекомендаций.

В изгибаемых и внецентренно сжатых элементах конструкций допускается стыкование рабочей арматуры при диаметре стержней до 20 мм в зонах сейсмичностью 7 и 8 баллов внахлёстку без сварки, а в зонах с сейсмичностью 9 баллов внахлёстку без сварки, но с лапками или другими анкерными устройствами на концах стержней.

Какая важная рекомендация и удивительная точность!!!

Такого же типа рекомендации по выбору размеров конструкций в зависимости от баллов:

Простенки должны быть шириной не менее: 0,64 м при 7 баллах; 0,9 м при 8 баллах и 1,16 м при 9 баллах.

Пролёты стропильных конструкций для районов 8 и 9 баллов принимают 24 и 12 м.

Такого типа рекомендации может быть и не представляют опасности, а только усложняют проектирование. Но есть рекомендации и другого типа – это предложение использовать грубые и необоснованные коэффициенты, для учёта допускаемых повреждений вместо того, чтобы применять нелинейные расчёты, учитывающие обоснованные коэффициенты пластичности и спектры реакций для нелинейных систем. Использование коэффициентов допускаемых повреждений существенно уменьшает сейсмостойкость сооружений.

Расчёты на сейсмостойкость должны выполняться высококвалифицированными специалистами, поэтому не стоит превращать нормы в набор таблиц с коэффициентами, учитывающими всё и вся, и в набор арифметических (даже не алгебраических) формул.

По форме и содержанию нормы должны представлять собой научно-техническое пособие с рекомендациями, рассчитанными на компетентных специалистов, хорошо владеющих необходимыми разделами механики и математики.

Заключение и предложения

Свод правил и приложения к нему⁴ содержат устаревшие и ошибочные положения, поэтому должна быть выполнена не актуализация, а существенная переработка.

Необходимо разработать новый документ СНиП «Строительство в сейсмических районах», учитывая при этом достижения сейсмической инженерии, а также достижения в области совершенствования нормативных документов, которые были существенно переработаны в разных странах после анализа разрушительных землетрясений, произошедших в последнее время.

При этом следует принять во внимание пункт 8 главы 2 «Закона о техническом регулировании»: международные стандарты и (или) национальные стандарты могут использоваться полностью или частично в качестве основы для разработки проектов технических регламентов.

Следует:

- отказаться от сейсмического районирования в баллах и от концепции динамических коэффициентов;
- для задания исходной сейсмической информации разработать карты сейсмического районирования в изосеймах спектров реакций.

Ввиду того, что концепция спектров максимальных реакций в РФ не использовалась, считаем необходимым на первом этапе разработать научно-техническое пособие «Спектры максимальных реакций для районов Российской Федерации».

В нормах должны подробно освещаться все разделы, необходимые для задания исходной информации, моделирования и расчёта сооружений.

Нормы должны быть разработаны с учётом признанных достижений в области сейсмической инженерии.

Желательно к некоторым разделам Норм разработать научно-технические пособия, снабжённые комментариями и библиографическими ссылками.

Список источников

1. Курбацкий, Е.Н. Критический анализ состояния нормативной документации по расчёту сооружений на землетрясения / Е.Н. Курбацкий, Г.Э. Мазур, В.Л. Мондрус. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. – № 2. – С. 95–102.

2. Курбацкий, Е.Н. Исходная сейсмическая информация в Нормах Российской Федерации не соответствуют современному развитию и достижениям сейсмической инженерии – earthquake engineering / Е.Н. Курбацкий, Е.А. Пестрякова,

⁴ СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81*». «Строительство в сейсмических районах»; СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81*». «Строительство в сейсмических районах».

Е.Ю. Титов. – Текст : непосредственный // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2022. – № 5. – С. 28–34.

3. Курбацкий, Е.Н. К вопросу о корректном задании исходной сейсмической информации / Е.Н. Курбацкий, В.Л. Мондрус, Е.А. Пестрякова. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2021. – № 1. – С. 134–143.

4. Курбацкий, Е.Н. К вопросу о динамических коэффициентах в задачах о сейсмических воздействиях / Е.Н. Курбацкий, Г.Э. Мазур, В.Л. Мондрус. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2019. – № 4. – С. 110–118.

5. Chopra, A.K. Dynamic of Structures. Theory and Application to Earthquake Engineering / A.K. Chopra. – Текст : непосредственный. – Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 2006. – 876 p.

6. Hudson, D.E. Response Spectrum Techniques in Engineering Seismology / Hudson D.E. – Текст : электронный // Proceeding of the First World Conference on Earthquake Engineering. Berkley, CA, 1956. – URL: https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/1_4-1.pdf (дата обращения 28.01.2024).

References

1. Kurbatskii E.N., Mazur G.E., Mondrus V.L. Kriticheskiy analiz sostoyaniya normativnoi dokumentatsii po raschetu sooruzhenii na zemletryaseniya [Critical Analysis of Condition of the Normative Documents on Calculation of Structures for Earthquake]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*

[*Academia. Architecture and Construction*], 2017, no 2, pp. 95–102. (In Russ., abstr. in Engl.)

2. Kurbatskiy E.N., Pestriakova E.A., Titov E.Yu. Iskhodnaya seismicheskaya informatsiya v Normakh Rossiiskoi Federatsii ne sootvetstvuyut sovremennomu razvitiyu i dostizheniyam seismicheskoi inzhenerii – earthquake engineering [The Russian Federation Codes Construction in Seismic Areas Do Not Match with Modern Development and Achievements of Seismic Engineering]. In: *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii* [Natural and Technological Risks. Building Safety], 2022, no. 5, pp. 28–34. (In Russ., abstr. in Engl.)

3. Kurbatskiy E.N., Mondrus V.L., Pestriakova E.A. K voprosu o korrektnom zadanii iskhodnoi seismicheskoi informatsii [On the Question of the Correct Assignment of the Seismic Input Information]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2021, 1, pp. 134–143. (In Russ., abstr. in Engl.)

4. Kurbatskii E.N., Mazur G.E., Mondrus V.L. K voprosu o dinamicheskikh koeffitsientakh v zadachakh o seismicheskikh vozdeistviyakh [On the Issue of Dynamic Coefficients in Seismic Impact Problems]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2019, no. 4, pp. 110–118. (In Russ., abstr. in Engl.)

5. Chopra A.K. Dynamic of Structures. Theory and Application to Earthquake Engineering. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2006, 876 p. (In Engl.)

6. Hudson D.E. Response Spectrum Techniques in Engineering Seismology. In: *Proceeding of the First World Conference on Earthquake Engineering*. Berkley, CA, 1956. URL: https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/1_4-1.pdf (Accessed 01/28/2024). (In Engl.)