



Алексей А. Ципко
Доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник
ИФЗ РАН им. О.Ю. Шмидта, Москва, Российская Федерация

УДК 550.34

«Трудные» вопросы развития сейсмического микрозонирования

Аннотация. В последнее время в нормативной базе сейсмостроительства России произошли давно ожидаемые изменения: появился целый ряд новых документов. Это привнесло в положительное значение, было охарактеризовано как «нормативный хаос». Такое положение во многом объясняется различием основных понятий и соотношений в новых и привычных старых нормативных документах. В статье кратко отмечены эти противоречия и намечены пути их преодоления.

Ключевые слова: сейсмическое районирование, нормативные документы, рунтовый массив, сейсмическая шкала, континуальность, нелинейность, расчетная мощность.

Aleksei A. Tsipko, Chief Researcher, IFE PA 611, Moscow, Russian Federation

"Difficult" Questions of Development of Seismic Microzoning

Abstract: The regulatory framework for earthquake-resistant construction in Russia has recently been supplemented by a number of new long-awaited documents. This seemingly positive phenomenon gave rise to a situation that in one article was noted without reason called "normative chaos". This situation is largely due to the difference between the basic concepts and relationships of new and familiar old normative documents, which generates a state in the mind, defined by psychologists as cognitive dissonance.

Keywords: seismic microzoning, seismic impacts, response spectrum, seismic rigidity, site coefficient, modeling, continuity, nonlinearity, reduction coefficient.

ВВЕДЕНИЕ. Нормативная база сейсмостроительства России в последнее время обогатилась целым рядом новых, давно ожидаемых документов [1-6]. Это привнесло в положительное явление породило ситуацию, которую в ряде работ [7] не без основания было охарактеризовано как «нормативный хаос». Такое положение во многом объясняется различием в основных понятиях и соотношениях новых и привычных старых нормативных документов [10-12].

порождает состояние в умах, определяемое психологами, как когнитивный диссонанс. Конечно, явление это временное и понятное, но для экспертизы и обоснования рабочей документации безусловно вредное. В данной статье кратко рассмотрены наиболее важные противоречия и даны аргументированные ответы на возникающие вопросы. Главный анализ затрагивает главный проблемный вопрос: насколько больших объемов, чем разрешенные размеры статьи.

1. ОБЩИЕ ВИДЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ.

Общезвестно, что оценка сейсмической опасности является результатом проведения трех видов сейсмического районирования, различающихся по масштабам задачам и объектам исследования: общего, детального и микро-районирования. Общее сейсмическое районирование согласно нормативу [1] представляет оценку сейсмической опасности на территории всей страны и имеет государственное значение для осуществления рационального землепользования и планирования социально-экономического развития крупных регионов. Масштаб карт общего сейсмического районирования (ОСР) содержится в работе [13]: «Именно на этой карте общей сейсмической районирования (ОСР) территории всей страны определены интенсивность сотрясений, возможных на участке строительства. Эти карты имеют очень большое значение для проектировщиков при принятии проектных решений и напрямую влияют на стоимость строительства». Очевидно различие в оценке значения ОСР, в последнем случае оно сильно преувеличено.



Рисунок 1 — Схема сейсмогеологических элементов при ОСР района строительства

Figure 1 — Map of seismological elements at GSZ of the construction area



Рисунок 2 — Схема сейсмогеологических элементов при ДСР района строительства

Figure 2 — Map of seismological elements at DSZ of the construction area

На рис.1 приведена схема сейсмогеологических условий для ОСР района на северо-востоке Кавказа, на которой выделены линейaments с магнитудой более 6.0. Очаги с меньшей магнитудой отнесены к доменам с сейсмическим потенциалом 5,5 и на схеме не представлены. Участок площадки, на которой предполагается расположить объект строительства, обозначен синим прямоугольником. Таким образом, согласно методике ОСР на площадке строительства возможны очаги от очагов с магнитудой 5,5. При глубине очага $h = 20$ км по формуле малой сейсмичности $M = 1,5 \cdot 5,5 + 3 - 3,5 \lg 20 \approx 5,7$ балла.

2. ДЕТАЛЬНОЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ.

Между тем, при проведении работ по детальному сейсмическому районированию удается на той же площади выделить структурные элементы более низкого порядка, как это показано на рис.2. Это позволяет повысить детальность оценок параметров сейсмических воздействий и в некоторых случаях снизить их по сравнению с ОСР. Как следует из рис.2 площадка строительства при этом попадает на территорию, сейсмический потенциал которой характеризуется величиной с магнитудой $M \leq 5$, что по формуле макросейсмического потенциала способно вызвать сотрясения интенсивностью $I = 1,5 \cdot 5,5 + 3 - 3,5 \lg 20 \approx 6$ баллов.

Таким образом, использование методики ДСР способно значительно понизить сейсмическую интенсивность площадки строительства. Детальное сейсмическое районирование (ДСР) согласно нормативу [4] «служит для определения возможных сейсмических воздействий, в том числе в инженерных терминах, на конкретные существующие и проектируемые сооружения территории населенных пунктов и отдельных районов. Масштаб карт ДСР – 1:500000 и крупнее». Для объектов нормативной ответственности допускается проведение работ по уточнению исходной сейсмичности (УИС). Методика ДСР и ДСР подробно изложена в нормативном документе [4]. Поскольку как показывает практика, пересмотр карт ОСР вряд ли рационально осуществлять чаще, чем в 10-15 лет, представляет перспективней разработать альбом карт ДСР для каждого сейсмоактивного региона страны. Это позволит точнее учесть региональные особенности сейсмичности.

3. ОБЩИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В основе инженерной сейсмологии лежат макросейсмические представления. Это, прежде всего, балльное представление балла, что неудовлетворительно в отношении точности задания сейсмических нагрузок. Отсюда возникла дискуссия о возможности (или невозможности) использования дробных значений балла. Не входя в подробности этой дискуссии, отметим, что даже такой проницательный и знаменитый ученый как А.Л. Гуев считал целесообразным использование балльного представления как инструмента сейсмического районирования [20]. Тем не менее практика сейсмостойкого строительства как в России, так и тем более за рубежом настоятельно требует использования инструментальных характеристик сейсмических воздействий – пиковых ускорений, частотного состава и длительности сейсмических колебаний, спектров

реакции, коэффициентов динамичности (акселерограмма). Приращения сейсмической интенсивности в этом случае соответствуют грунтовым коэффициентам [6], о чем в большинстве отечественных нормативов вообще упоминается.

4. О «СРЕДНИХ» ГРУНТАХ. В большинстве нормативных документов в качестве референтных грунтов выступают «средние» грунты, свойства которых меняются в довольно широком диапазоне [10, 11]. Это приводит к неучтенной ошибке в определении приращения сейсмической интенсивности. Выход из описанной ситуации видится в определении референтного грунта со строго фиксированными параметрами сейсмической жесткости [2,3]. В качестве референтного грунта рекомендуется выбрать достаточно жесткий грунт, как это сделано в сейсмических нормах США. Другим вариантом является развитие теории, что исключает влияние сильных сейсмических воздействий на параметры грунта. Описанные подходы приведены в ряде новейших нормативов [3,6]. Задача состоит в распространении их на все нормативные документы, включая те, которые регламентируют проведение ОСР и ОЭР.

5. АДАПТАЦИЯ К НОВОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ШКАЛЕ. При выводе всех основных формул инженерной сейсмологии (например, формулы макросейсмического поля, коэффициента сейсмичности и расчета приращений сейсмической интенсивности по сейсмологическим данным, формулы метода сейсмической жесткости и др.) и пользуются соотношения, соответствующие требованиям шкалы MSK-64. В настоящее время в России принята новая сейсмическая шкала 71. В ней для шкалы ускорений от балльности принято значение 2 вместо 2 для шкалы MSK-64. При учете данного обстоятельства вид выше отмеченных формул изменится, что необходимо учесть во всех нормативных документах.

Все разобранные до сих пор вопросы так или иначе относятся ко всем видам сейсмического районирования. Следующие замечания в основном относятся к собственно сейсмическому микрорайонированию.

6. О СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ Основным параметром, характеризующим свойства грунтов, является скорость поперечных волн. При этом следует заметить, что скорость поперечных волн, хотя и является важнейшей характеристикой сейсмических свойств грунтового массива, но это не единственная величина, определяющая сейсмические свойства грунта. Наряду с жесткостью на сейсмические воздействия, определяется также плотность, точнее сейсмическая жесткостью – произведение плотности на скорость поперечных волн. Будет уместно отметить, в качестве положительного фактора, что именно эта величина определена в качестве главной количественной характеристики свойств грунта в таблице 1 норматива [1].

7. НЕПРЕРЫВНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК. Использование постоянных грунтовых поправок или постоянных приращений сейсмической интенсивности, соответствующих определенным грунтовым категориям, приводит к скачкообразным изменениям на границах категорий и соответствующим ошибкам. Постоянство значений грунтовых коэффициентов (или прира-

щений сейсмической интенсивности) для всего диапазона свойств, характерных грунтовой категории, обуславливает нагружение среды воздействием, неадекватным свойствам среды. В нормативе [3] изложена методика задания связи параметров сейсмических воздействий со свойствами грунтов непрерывной зависимостью. Такой способ представления свойств грунта дает излишним использование понятия «группы» категорий. Более подробно об этом можно прочитать в книге [14].

8. ОБ УЧЕТЕ РЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ. В теории колебаний [15] коэффициентом динамичности называют отношение амплитуды динамического смещения к статическому смещению. Этот коэффициент характеризует любую динамическую систему: будь то колебания здания на упругом основании или реакцию грунтового массива на приходящие к его подошве сейсмические колебания. В главном нормативном документе [1] традиционно (и вполне обоснованно) коэффициент динамичности рассматривается в первом отмеченном выше значении как реакция колебаний сооружения на сейсмическое воздействие. В документе [3] коэффициент динамичности относится к колебаниям поверхности грунтового массива под влиянием сейсмического воздействия, подходящего снизу из упругого полупространства. В работе [16] показано, что реакция системы грунтовых слоев на короткий импульс представляет спектр реакции. Тем самым нормированным значение в «нулевом» периоде спектральной функции коэффициент динамичности порождает резонансные свойства грунтового массива.

9. ПРИНЦИПАЛЬНЫЙ НЕДОСТАТОК ФОРМУЛЫ МЕТОДА РЕДЕВА. В основе метода сейсмической жесткости Метод лежит предположение равенстве потоков мощности на соседних участках с различными свойствами верхней части грунтового массива. Как показано в книге [14] это предположение принципиально не верно, поскольку, вверх от верхней поверхности, на которой распространяется строение, распространяется лишь часть сейсмической энергии, другая, порой значительная, отражается и частично поглощается. Соотношение частот, порождая ее вверх от поверхности вниз, зависит от инерционного строения грунтового массива. Учет этого обстоятельства значительно изменит вид формулы метода сейсмической жесткости [3]. Научной задачей является распространение этого предложения на все нормативные документы.

10. ОБ УЧЕТЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ. При сильных сейсмических воздействиях необходимо учитывать нелинейные свойства дисперсных грунтов. Применительно к грунтовым коэффициентам нелинейность проявляется в виде снижения их величины при возрастании исходной сейсмической интенсивности.

Вообще нелинейные свойства грунтов исследованы до сих пор недостаточно. Интересно кажется, что нелинейные низкоскоростных грунтов (например, глин) выше нелинейности относительно высокоскоростных грунтов (например, галечников) тем более неожиданным представляется сравнение графиков нелинейности, записан-

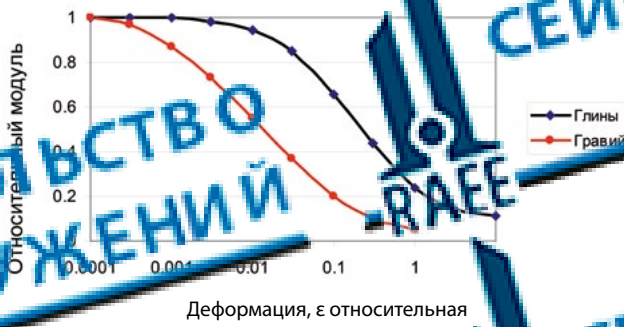


Рисунок 3 — Модули сдвига гравийных и глинистых грунтов

Figure 3 — Shear modulus of gravel and clay soil

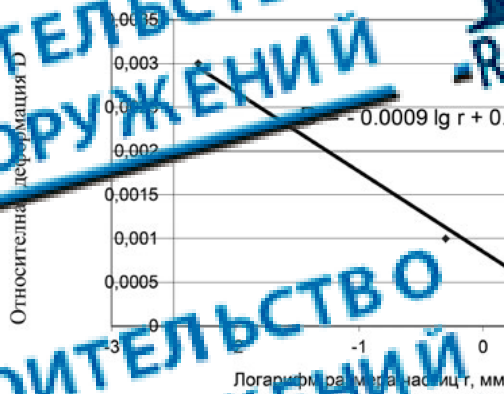


Рисунок 4 — Представление связи свойств грунта и нелинейных параметров сейсмических воздействий непрерывной зависимостью

Figure 4 — Graph of soil properties connection with nonlinear parameters of seismic impacts

ных в программу расчетов NEPA [9] приводимое на рис. 3. Проявление нелинейности в виде снижения модулей сдвига с ростом деформации, как показывает график рис.3, более значительно именно для гравийных грунтов.

Такое поведение графиков нелинейности станет ясным, если учесть, что нелинейные процессы проявляются при напряжениях близких к пределу упругости. Поскольку пределы упругости разных типов дисперсных грунтов в первом приближении отличаются незначительно, можно положить, что $\sigma \sim E \cdot \epsilon$, где σ , E , ϵ – соответственно напряжение, модуль упругости и деформация. Поскольку модуль упругости для высокоскоростных грунтов много больше, чем у низкоскоростных, то деформации ϵ , при которых будут заметны нелинейные эффекты в случае высокоскоростных грунтов, будут проявляться на более низком уровне, т.е. при меньших напряжениях.

Можно предположить, что инерционные силы, возникающие при сейсмических воздействиях, значительно превышают силы связи между частицами гравийного грунта. При этом, большая часть энергии колебаний тратится на переупаковку отдельных частиц гравийного грунта. В то же время для глинистых частиц, относительно малых по массе, инерционные силы меньше сил сцепления частиц вследствие большей роли поверхности их эрозией. Скажем не проливает свет на роль связи между частицами

дисперсного грунта и при описании нелинейных процессов при сильных сейсмических воздействиях.

В контексте теории непрерывности [14] выразим связь свойств грунта с параметрами нелинейности сейсмических колебаний непрерывной зависимостью. С этой целью свойства грунта характеризуем средним размером частиц каждой разновидности грунта, а нелинейные параметры колебаний представим относительной деформацией D , при которой модуль сдвига отличается от линейного значения на 1%. График соотношения обеих этих характеристик представлен на рис.4. По этому графику в принципе можно определить нелинейные параметры грунта при любом размере частиц в указанных пределах.

11. УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ СМР. Вопросы методики проведения работ по СМР обобщены в документах, появившихся на свет более 30 лет назад [10-12]. За истекшее время в теории и практике сейсмического микрорайонирования произошло много изменений, но в должной степени не отражены. В частности, требует рассмотрения представления об особенностях инженерно-геологических условий на участках выполнения СМР, о приоритете сейсмологических наблюдений, большей конкретности и т.д.

Значение инженерной геологии как основы в деле картирования сейсмической опасности осознавалось с самого начала этого направления инженерной сейсмологии. Однако вклад инженерно-геологических данных в комплексное изучение грунтовых особенностей и их оценка влияния на параметры сейсмических воздействий изменился в процессе становления и развития сейсмического микрорайонирования. Инженерно-геологические исследования в комплексе работ по сейсмическому микрорайонированию согласно нормативу [12] проводятся для создания инженерно-геологической основы карты сейсмического микрорайонирования и являлись основой для проведения на площадке изысканий геофизических исследований.

Значение инженерной геологии в задачах сейсмического микрорайонирования в настоящее время только усилилось. И тому есть несколько причин. Изменился тип объектов СМР. Если раньше (до 90-х гг. прошлого столетия) основными типом районируемых объектов были города и поселки, то теперь в новых хозяйственных условиях возрос удельный вес локальных объектов сравнительно небольшой протяженности, вся территория которых характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями. При этом на наибольшей площади бывает пробурено так много скважин, что позволяет хорошо и, главное, надежно определить физико-механические свойства грунтов, что делает ненужным проведение геофизических исследований.

Помимо сказанного, одним из важных достижений инженерной геологии является возможность определения сейсмических параметров на основе связи упругих и деформационных свойств грунтов [2,3]. Таким образом, имеется возможность проводить СМР исключительно с помощью инженерно-геологических работ.

Как пример можно привести строительство стадиона для чемпионата мира по футболу 2018 г. в г. Калининграде. Здесь на сравнительно небольшой площади было пробурено свыше ста скважин, по которым были получены данные

дованы свойства грунта и по корреляционным соотношениям определены его сейсмические свойства [14].

Согласно требованиям нормативного документа [12] сейсмологические инструментальные исследования при СМР проводятся в следующих целях: «Обобщение данных о сейсмичности изучаемой территории и 2) изучение сейсмических свойств грунта». Для достижения этих целей рекомендуется использовать методы регистрации землетрясений, взрывов и микросейсм. Ни один из названных методов инструментальных исследований в настоящее время по разным причинам не соответствует поставленным целям. Сейсмологическая регистрация малоэффективна из-за высокой сейсмической активности большинства регионов России и потому не может быть признана основной в комплексе сейсмологических методов, применяемых для сейсмического районирования. Казанное подкрепляется опытом сейсмологических наблюдений при проведении сейсмического микрозонирования г. Калининграда и в районе строительства Керченского моста.

Речь при этом идет о тотальном запрете на проведение сейсмологических наблюдений. Они нужны при строительстве в сейсмоопасных регионах России, в особенности для уникальных и технически сложных объектов, таких как атомные станции или крупные плотины, для которых риски проведения инженерных изысканий составляют порядка нескольких лет. Поэтому же неприемлемой концепция тотального приоритета сейсмологических наблюдений во всех случаях, в асейсмичных регионах. Создается впечатление, что в таких случаях сейсмологическая регистрация скорее просто игнорирует требования устаревших нормативов, чем выполняет действительно ценных для дела работ. Данное положение нашло отражение в указаниях норматива [3].

Еще одной существенной методической особенностью новых норм является утверждение приоритетной роли использования поперечных слоев при сейморазведочных работах. Это положение нашло отражение почти во всех нормативах, относящихся к СМР [2, 3, 6]. С этим обстоятельством связано утверждение об отсутствии необходимости учета дополнительной поправки «за уровень грунтовых вод» при изучении обводненных грунтовых толщ.

Наконец, в нормативе [3] отмечены изменения, происшедшие в методике СМР в последние десятилетия, преодолевающие сложившиеся стереотипы, например, о приоритетной роли метода преломленных волн (МПВ) в сейсмике малых глубин на платформенных территориях. При сейморазведке в этих условиях выявились относительно новые факторы, такие как присутствие в скоростном разрезе инверсных слоев и малая контрастность скоростного разреза. Мнение о преимуществах МПВ сложилось при работах на гидроэлектрических объектах в горных районах, при которых рождалась задача определения мощности рыхлых осадков, перекрывающих скальное ложе.

12. О РАСЧЕТНОЙ МОЩНОСТИ ГРУНТОВОЙ ТОЛЩИ

Основных Российских сейсмических нормах [1] влияние свойств грунта на параметр сейсмических колебаний учитывается величиной сейсмической жесткости грунта $K_{сж}$ для 30-метровой верхней части. Данная классификация основана на исследованиях, проведенных в США,

где свойства грунта в изометрии до нескольких сотен метров, но не достигли уровня достаточно жестких слоев. Во многих работах показано, что эта классификация не может быть непосредственно применена к другим регионам, особенно к регионам с неглубоким скальным фундаментом. В этом случае в состав 30-метровой толщи входит верхняя часть жесткого скального грунта, что повышает сейсмическую жесткость 30-метровой толщи и снижает суммарную сейсмическую интенсивность.

В нормативе транспортного строительства [2] это обстоятельство учитывается увеличением расчетной толщи грунта до 110 метров.

В другом нормативном документе [3] толщина слоя грунта, значимая для целей СМР, определяется пунктом, в котором расчетная мощность грунта должна соответствовать 30 м и более в дисперсных породах или мощности слоя грунта до границы с более жестким породой в случае его наличия в верхней 30-метровой толще. Это требование более универсально и адекватно соответствует грунтовым условиям.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Рассмотренные вопросы показывают весьма существенные различия в отечественных нормативных документах, разработанных в разное время и в различной социально-экономической обстановке. Со времени разработки основополагающих нормативов сейсмостойкого строительства [10–12] изменилась не только география страны (что определило особенности сеймотектонической обстановки). Изменился весь экономический уклад. Если раньше в условиях плановой экономики и в условиях финансирования с помощью методов и последок проведения и утверждения результатов работ заранее предписывался и в принципе строительство осуществлялся в соответствии с требованиями нормативных документов, то теперь в этих вопросах на практике царит полный беспорядок. Каждый вид работ, как правило, осуществляется без учета результатов другого. В этих условиях требования «основополагающих» нормативов зачастую являются избыточными и невыполнимыми, а в сочетании с спецификой новых жизненных реалий. С другой стороны, давно нет теорий и методов, которые должны были раскрывать и утверждать результаты СМР. Функции контроля качества работ в принципе целиком отнесены к компетенции Госэкспертизы. В этих условиях следовательно устаревшим рекомендациям и нормативным документам является источником недоработки и усложняет внедрение в практику проектирования полученных результатов. Справедливости ради следует отметить, что не все новейшие нормативные документы разделяют методические новшества, о которых говорилось выше. Некоторые нормативные документы [5, 8] из рассматриваемого списка наследовали основные положения устаревших норм. Это также вносит определенную путаницу в практику работы СМР.

Однако эту ситуацию можно характеризовать как «нормативный хаос» можно только с позиции текущего момента. В идеальном отношении их тоже в нормативах сейсмостойкого строительства нет. Требуется время и административный ресурс, чтобы исправить это положение и унифицировать нормативную документацию.

Литература

1. СП 14.133330.2014 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах».
2. СП 269.1325800.2016 «Транспортные сооружения в сейсмических районах. Правила уточнения исходной сейсмичности и сейсмического микрозонирования».
3. СП 283.1325800.2016 «Объекты строительства повышенной ответственности. Правила сейсмического микрозонирования».
4. СП 286.1325800.2016 «Объекты строительства повышенной ответственности. Правила детального сейсмического районирования».
5. СП 358.1.25.00.2017 «Сооружения гидротехнические. Правила проектирования и строительства в сейсмических районах».
6. СП 408.1325800.2018 «Детальное сейсмическое районирование и сейсмическое районирование для территориального планирования».
7. ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности».
8. СТО 95 12022-2017 Инженерные изыскания для строительства в атомных электростанциях. Сейсмическое микрозонирование. Общие требования. М.: Росатом, 2017.
9. Горшков Г.А. Нормативы хаос в Российском сейсмическом микрозонировании // Geoinfo.ru. Дискуссия профессионалов. 28.11.2018.
10. Рекомендации по сейсмическому микрозонированию РСМ-73. В кн.: Влияние грунтов на интенсивность сейсмических колебаний: вопросы инж. сейсмологии, вып. 15, М.: Наука, 197., С. 6-34.
11. Рекомендации по сейсмическому микрозонированию при инженерных изысканиях в строительстве. М.: Госстрой СССР, 1985. 72 с.
12. Республиканские строительные нормы РСН-73-10-1973. Стройиздат. 1986. 15 с.
13. Боданов М.И. Низкое качество работы Минстроя РФ в области нормативных документов (Новые карты Общего Сейсмического Районирования все еще не утверждены) – сознательное вредительство чиновников? // Инженерные изыскания. 2017;(5):18-20.
14. Алешин А.С. Континуальная теория сейсмического микрозонирования // Инженерный мир. 2017. №3. С. 8-13.
15. Вибрации в технике. Справочник. Т.1. Колебания линейных систем / Под ред. В.В. Волотина. М.: Машиностроение, 1978.352 с.
16. Алешин А.С. О спектральных характеристиках грунтовой толщ // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. №6. С. 16-22.
17. Алешин А.С. Сейсмическое микрозонирование особо ответственных объектов. М.: Светотехцентр, 2010. 303 с.
18. Алешин А.С. О резонансных коэффициентах // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018, №2. С. 18-26.
19. Bardet J.P. and Tobita T. NERA. F Computer Program for Nonlinear Earthquake Site Response Analyses of Layered Soil Deposits. University of Southern California. Department of Civil Engineering, April, 2001. P. 44.
20. Гусев А.А. О принципах картирования сейсмоопасных территорий Российской Федерации и нормирования сейсмических нагрузок в технических сейсмических ускорениях (Часть 1) // Инженерные изыскания. 2011. №11. С. 20-2. (Часть 2). Инженерные изыскания. 2011. №12. С. 66-77.

References

1. SP 14.133330.2014. Svod pravil. Stroitel'stvo v seismicheskikh rayonakh. 2014. (In Russian).
2. SP 269.1325800.2016. Transportnye sooruzheniia v seismicheskikh rayonakh. Pravila utocnieniia iskhodnoy seismichnosti i seismicheskogo microraiionirovaniia. (In Russian).
3. SP 283.1325800.2016. Ob'ekty stroitel'stva povyshennoi otvetstvenosti. Pravila seismicheskogo microraiionirovaniia. (In Russian).
4. SP 286.1325800.2016. Ob'ekty stroitel'stva povyshennoi otvetstvenosti. Pravila detal'nogo seimicheskogo aiionirovaniia. (In Russian).
5. SP 358.1.25.00.2017. Sooruzheniia gidrotexnicheskiye. Pravila proyektirovaniia i stroitel'stva v seisicheskikh rayonakh. (In Russian).
6. SP 408.1325800.2018. Detal'noye seimicheskoye rayonirovaniye i seimicheskoye micraiionirovaniye dlya territorial'nogo planirovaniia. (In Russian).
7. OST 1.57.46-2017. Zemletryaseniya. Shkala seimicheskoi intensivnosti. (In Russian).
8. SТО 95 12022-2017. Inzhenernye izyskaniya dlya stroitel'stva v atomnykh stantsiyakh. Seimicheskoye microraiionirovaniye. Obshchiye trebovaniia. M.:Rosatom. 2017.
9. Gorshkov G.A. Normativnyy kaos v Rossiyskom seimicheskomy microraiionirovaniia // Geoinfo.ru. Diskussiya professionalov. 28.11.2018. (In Russian).
10. Recommendations on Seismic Zoning (RSM-73). 1973. Voprosy Inzhener'noy Seimologii, no.15 pp.6-34. (In Russian).
11. Rekomendatsii po seimicheskomy microraiionirovaniyu pri inzhenernykh izyskaniyakh dlya stroitel'stva. M.: Gosstroi SSSR, 1985. 72 p. (In Russian).
12. Respublikanskiye stroitel'nye normy. RSN 60-86 [RSN 60-86; State Construction Norms]. Moscow, Stroizdat Publ., 1986. (In Russian).
13. Bodanov M.I. Nizkoye kachestvo raboty Ministroya RF v oblasti normativnykh dokumentov (Novye karty Obshchego Seimicheskogo Raiionirovaniya ezhe ne utverzhdeny) – soznatel'noye vreditel'stvo chinovnikov? Inzhenernyye izyskaniya. 2017;(5):18-20. (In Russian).
14. Aleshin A.S. Kontinual'naiya teoriya seimicheskogo microraiionirovaniia // Inzhenernyy mir. 2017. №3. S. 8-13. (In Russian).
15. Vibratsii v tekhnike. Spravochnik. T.1. Kolebaniia lineinykh sistem / Pod red. V.V. Volotina. M.: Mashinostroyeniye. 1978. 352 s. (In Russian).
16. Aleshin A.S. O spektral'nykh kharakteristikakh gruntovoi tolzhi. Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii [Earthquake engineering. Constructions safety], 2018, no.5 pp.16-22. (In Russian).
17. Aleshin A. Seimicheskoye microraiionirovaniye osobo otvetstvennykh ob'ektov. M., Svetotekhnitsent, 2010. 304 p. (In Russian).
18. Aleshin A. O rezonansnykh koefitsientakh. Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii [Earthquake engineering. Constructions safety], 2015, no.5, pp.18-26. (In Russian).
19. Bardet J.P. and Tobita T. NERA. F Computer Program for Nonlinear Earthquake Site Response Analyses of Layered Soil Deposits. University of Southern California. Department of Civil Engineering, April, 2001. P. 44.

Для цитирования: Алешин А.С. «Трудные» вопросы развития сейсмического микрозонирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. №6. С. 8-13.

For citation: Aleshin A. «Difficult» Questions of Development of Seismic Microzoning. Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii [Earthquake engineering. Constructions safety], 2019, no. 6, pp. 8-13. (In Russian).