



УДК 699.841

doi: 10.33622/0869-7019.2023.04.??-??

Как быть с нормированием сейсмостойкого строительства

Вячеслав Александрович ИЛЬИЧЕВ¹, академик РААСН, доктор технических наук, профессор, вице-президент РААСН по направлению «Инновации», ilyichev@raasn.ru

Александр Моисеевич УЗДИН², доктор технических наук, профессор, uzdin@mail.ru

Татьяна Александровна БЕЛАШ³, доктор технических наук, профессор, belashta@mail.ru

Александр Георгиевич ТЯПИН⁴, доктор технических наук

¹ Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН), 127025 Москва, ул. Новый Арбат, 19

² Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 190031 Санкт-Петербург, Московский просп., 9

³ НИЦ «Строительство», 109428 Москва, 2-я Институтская ул., 6

⁴ Атомэнергопроект, 105005 Москва, ул. Бакунинская, 7, стр.1

Аннотация. В статье отмечается, что старые нормы сейсмостойкого строительства были одними из лучших в мире, но в последние четыре десятилетия они не менялись и не развивались. Сейсмостойкое строительство ушло на десятилетия вперед, и настало время создания современных норм нового поколения. Авторы изложили свою позицию по созданию таких норм. Эта позиция включает в себя восемь принципов: повышение ответственности и надежности проектирования; переход на многоуровневое проектирование; замену карт общего сейсмического районирования простой связью балла с повторяемостью воздействий; отказ от целочисленных баллов; использование новой шкалы балльности; применение современных пространственных моделей сооружений; энергетические критерии возникновения предельных состояний; регламентацию специальных методов сейсмозащиты; обеспечение страхования последствий землетрясений. Выполнено детальное исследование каждого принципа и сделаны выводы по итогам работы.

Ключевые слова: сейсмостойкое строительство, карты общего сейсмического районирования, нормы сейсмостойкого строительства, многоуровневое проектирование, сейсмоизоляция, сейсмозащита

Для цитирования: Ильичев В. А., Уздин А. М., Белаш Т. А., Тяпин А. Г. Как быть с нормированием сейсмостойкого строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 4. С. ?? – ??
doi: 10.33622/0869-7019.2023.04.??-??

HOW TO DEAL WITH THE REGULATION OF EARTHQUAKE-RESISTANT CONSTRUCTION

Vyacheslav A. ILYICHEV¹, ilyichev@raasn.ru, **Alexander M. UZDIN**², uzdin@mail.ru

Tatyana A. BELASH³, belashta@mail.ru, **Alexander G. TYAPIN**⁴

¹ Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), ul. Novy Arbat, 19, Moscow 107031, Russian Federation

² Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Moskovsky prospekt, 9, St. Petersburg 190031, Russian Federation

³ Research Center of Construction, 2-ya Institutskaya ul., 6, Moscow 109428, Russian Federation

⁴ Atomenergoproekt, Bakuninskaya ul., 7, str. 1, Moscow 105005, Russian Federation

Abstract. The paper notes that the old Russian earthquake-resistant building codes were among the best in the world, but in the last four decades they have not been changed or developed. Earthquake-resistant construction has gone decades ahead and it is time to create modern standards of a new generation. The authors outlined their position on the creation of new norms. This position includes 8 principles: increasing the responsibility and reliability of designing; transition to multi-level design; replacement of seismic zoning maps with a simple link between the intensity and the frequency of seismic actions; refusal of integer points; use of a new scale of points; the use of modern spatial models of structures; transfer to using energy criteria for the limit states occurrence; regulation of special methods of seismic protection; providing insurance for the earthquake consequences. A detailed study of each principle was carried out and conclusions were drawn based on the results of the work.

Keywords: earthquake-resistant construction, general seismic zoning maps, earthquake-resistant construction standards, multi-level design, seismic isolation, seismic damping

For citation: Ilyichev V. A., Uzdin A. M., Belash T. A., Tyapin A. G. How to Deal With the Regulation of Earthquake-Resistant Construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2023, no. 4, pp. ?? – ???. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2023.04.??-??

Введение

В СССР нормированию сейсмостойкого строительства уделялось большое внимание. Нормы сейсмостойкого строительства (СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах») были одними из лучших в мире. В их разработке принимали участие такие выдающиеся ученые, как И. Л. Корчинский, С. В. Поляков, И. И. Гольденблат, Н. А. Николаенко, Я. М. Айзенберг, Л. Ш. Килимник, Ш. Г. Напетваридзе, Г. Н. Карцивадзе, О. А. Савинов и др. В последующие 40 лет отечественная нормативная база в области сейсмостойкого строительства практически не менялась.

В результате в России сложилась парадоксальная ситуация. В действующих нормах прописана консольная расчетная схема, что определяется формулой для коэффициентов формы (исключение составляет раздел «Гидротехнические сооружения»). Все расчеты ведутся по зарубежным программам или отечественным программам, ориентированным на зарубежную нормативную базу. Эти программы, как правило, сертифицированы, хотя не соответствуют действующим сводам правил (СП). Проектировщики, пользуясь современной программной базой, находятся в заблуждении, думая, что они считают по действующим СП. В таком же заблуждении находится и экспертиза.

Попытку поправить положение сделал проф. А. Г. Назаров, но она не была воспринята инженерным сообществом по двум причинам. Во-первых, инженеры-проектировщики сочли формулы нового СП слишком сложными по сравнению с действующим СП. При этом они, видимо, не подозревают, что давно считают по этим сложным формулам, используя современные программы, а действующие СП лежат у них на столе без пользы. Во-вторых, А. Г. Назаров несколько ус-

ложнил методику расчета по сравнению с используемой в современных программах, включив в нее учет поворотной компоненты воздействия. Это вызвало дискуссию в среде у специалистов. В результате в нормировании мы вернулись к редакции документов 40-летней давности, а сейсмостойкое строительство за это время ушло далеко вперед, и сегодня требуется создание современных норм нового поколения.

Авторы статьи попытались здесь изложить свою позицию по созданию таких норм. Эта позиция включает восемь принципов.

Принцип 1. Повышение ответственности и надежности проектирования

В мире существенно изменилось отношение к стоимости социальных потерь. Стоимость человеческой жизни в развитых странах составляет около 1 млн дол. Более полная информация о стоимости социальных потерь приведена в *табл. 1* [1–3], динамика изменения стоимости человеческой жизни в России [3, 4] — в *табл. 2*, а на *рисунке* представлены данные о стоимости человеческой жизни по регионам России [5].

С учетом сказанного стоимость дома теряется на фоне страховых выплат за гибель и увечье людей [4, 6]. Расходы государства по ликвидации последствий стихийных бедствий сильно возрастают. Вся жилая застройка становится социально значимой. Иначе говоря, все массовое жилищное строительство следует проводить по карте В общего сейсмического районирования (ОСР), хотя сам принцип проектирования по картам представляется нецелесообразным, что будет рассмотрено ниже. Современные методы антисейсмического усиления сооружений обеспечивают минимальное удорожание строительства, соизме-

римое с колебаниями риэлтерских оценок стоимости жилья.

Принцип 2. Переход на многоуровневое проектирование. Повторяемость допустимых предельных состояний — базовое требование к проекту сооружения

Во всем мире осуществляется переход к многоуровневому проектированию. Он уже осуществлен в Европе, США, Японии и Китае. Еврокод (Италия, Франция) предусматривает четыре предельных состояния конструкции: не нарушающее нормальной эксплуатации (SLS), неповреждающее (DLS), повреждения с возможностью восстановления (ULS) и разрушение (CLS). Нормы задают минимальную повторяемость этих состояний соответственно один раз в 21 год, в 33 года, в 333 года и в 666 лет. Собственник может повышать расчетную повторяемость предельных состояний и соответствующего им уровня расчетных воздействий.

Этот подход в корне меняет взаимоотношения между собственником, подрядчиком, проектировщиком, экспертизой и другими участниками строительного процесса. Собственник четко представляет, какие повреждения возможны и как часто они могут произойти. Для государственной собственности должны быть указаны минимальные повторяемости предельных состояний, как это предусмотрено в ряде стран, пользующихся Еврокодом 8 [7–9]. Данные о возможных повреждениях приводятся в паспорте и доступны покупателю при продаже объектов строительства. На основе этих данных легко проводить страхование объектов.

Принцип 3. Отсутствие необходимости карт ОСР. Отказ от целочисленных баллов

Собственник и инженер сталкиваются с новой ситуацией при задании расчетного воздействия. Вместо работы с картой инженер работает с наглядной величиной,

1. Стоимость социальных потерь по различным источникам

Источник оценки	Стоимость жизни, млн дол.	Стоимость жизни, млн р.
Исследования рынка труда за пределами России [1]	5,4	—
Рекомендации Еврокомиссии [1]	3,1	—
Рекомендации EPA (июль 2008 г.) [2]	6,9	—
Рекомендации отдела «Office of water» [2]	8,7	—
Рекомендации отдела Министерства транспорта США [2]	5,8	—
Рекомендации CPSC [2]	2	—
Рекомендации FDA [2]	5,5	—
Рекомендации FAA [2]	3	—
Рекомендации BLS [2]	4	—
Исследование рынка труда в РФ [1]	4	40
Оценка на основе среднедушевого дохода в РФ [1]	0,09	2,5
Оценка на основе среднедушевого ВВП в РФ [1]	0,09	2,5
Оценка на основе среднедушевого дохода в РФ с использованием актуарного подхода [2]	0,32	8,5
Оценка на основе среднедушевого ВВП в РФ с использованием актуарного подхода [2]	0,34	9
Рекомендации ЦСИ Госстраха для РФ [3]	—	4,5

2. Динамика изменения стоимости человеческой жизни в России в 2007–2015 гг.

Оценка справедливого возмещения в связи с гибелью человека на производстве или на транспорте по данным [3, 4]	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Средняя стоимость жизни, млн р.	3,4	4	3,9	3,1	4	3,5	3,6	3,8	4,5
Медианная стоимость жизни, млн р.	—	1	1	1,2	1,5	1,3	1,2	1,4	1,4
Медианная стоимость инвалидности, млн р.	—	—	—	—	—	1,1	1,1	1,1	1,1

показывающей как часто он может допустить то или иное предельное состояние. При этом собственник не должен думать о картах районирования и других сейсмологических характеристиках. Этот вопрос переходит полностью в ведение проектировщика. По большому счету, проектировщику не нужны карты ОСР.

При построении карт сейсмологи пользуются известной зависимостью:

$$\log T = aI + b, \quad (1)$$

где T — повторяемость воздействия; I — сила землетрясения в баллах.

Проектировщику надо задать вместо карт два числа — a и b . Вообще говоря, следует задать эти числа для трех-четырех значений преобладающих периодов воздействия.

В результате от макросейсмического целочисленного балла мы переходим к дробному расчетному баллу:

$$I = \frac{\log T - b}{a}. \quad (2)$$

Это позволяет гибко варьировать сейсмическую нагрузку. Если проектировать по картам ОСР [10,11] и принимать для этого карту В, то сейчас в одинаковых условиях окажутся районы с разной ситуационной сейсмичностью. Расчетный же балл для них будет существенно различаться, что проиллюстрировано в табл. 3. При этом значения a и b приняты для расчета по данным [6].

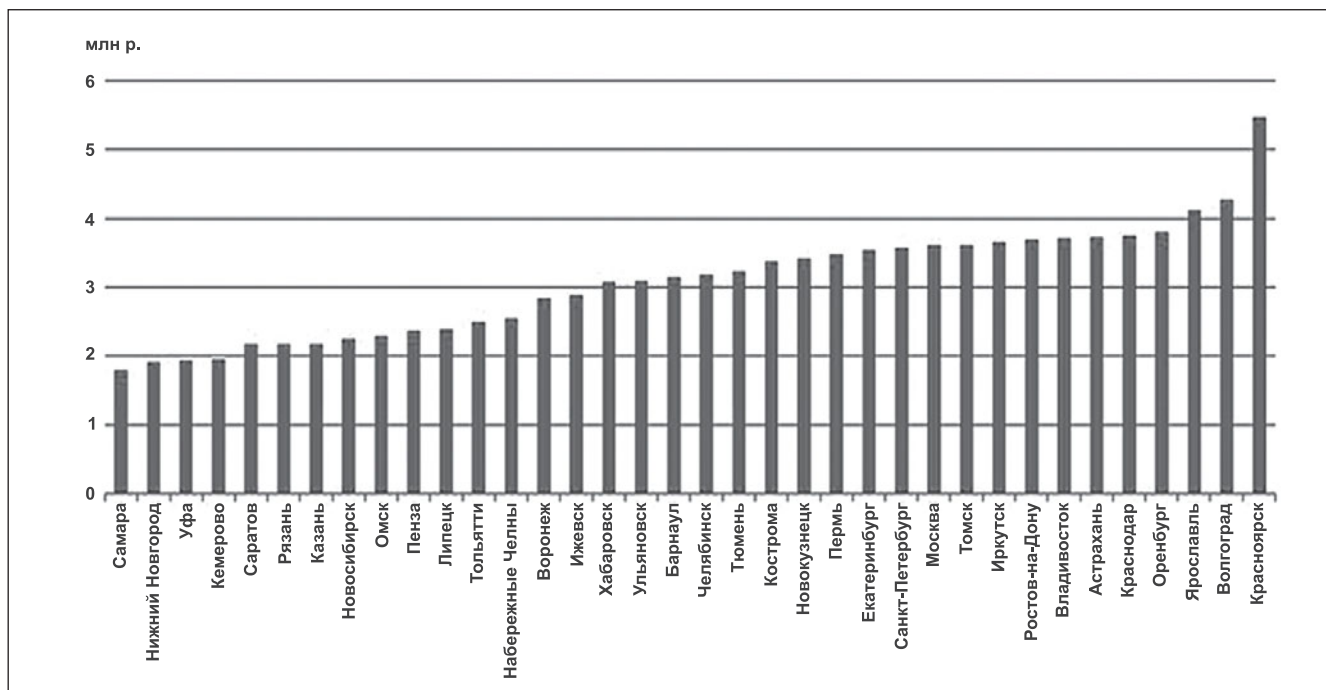
Отметим, что согласно ГОСТ Р 57546–2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» для 8 баллов $PGA = 2,4 \text{ м/с}^2$, а по СП — 2 м/с^2 .

Принцип 4. Использование новой шкалы балльности. Уточнение моделей воздействия

Необходимость перехода к новой шкале балльности очевидна, и это не так страшно, как кажется. Во-первых, дробный балл позволяет более гибко оценивать сейсмическую опасность [12]. При этом очень опасных районов намного меньше, чем не очень опасных. Во-вторых, данные шкалы приведены для относительно высокочастотных воздействий с периодами в диапазоне 0,3–0,5 с. Для длиннопериодных воздействий величина PGA существенно снижается. Например, для Бухарестского землетрясения $PGA \approx 2 \text{ м/с}^2$, а для землетрясения в Мехико и того меньше — около $1,8 \text{ м/с}^2$. Для районов с повышенной опасностью возникнет необходимость специальной сейсмозащиты. Как показывает мировой опыт, проблема здесь состоит не в удорожании строительства, а в необходимости более квалифицированного подхода к проектированию.

Принцип 5. Использование современных пространственных моделей сооружений. Учет демпфирования и взаимодействия с основанием

С формальной точки зрения современные программные средства позволяют реализовать дос-



Распределение стоимости человеческой жизни по регионам России [5]

таточно сложные пространственные модели сооружения и воздействия. Применение этих средств должно быть узаконено. Однако в нормах следует прописать некоторые требования по проведению сложных расчетов, в частности число учитываемых форм, выбор опасного направления, задание пространственного воздействия, учет демпфирования. Особое внимание надо уделить сбалансированности системы расчетных коэффициентов.

В России сейчас параллельно существуют две линейно-спектральные методики. При проектировании АЭС и других особо ответственных сооружений проводятся необходимые сейсмологические исследования, на их основе задаются расчетные акселерограммы со своими PGA, строятся спектры и на их основе получается вариант линейно-спектрального метода (ЛСМ). В массовом строительстве ЛСМ базируется на условных ускорениях основания. Очевидно, что в действующих СП заданы явно неверные значения PGA. Это компенсируется ошиб-

ками в коэффициенте динамичности и коэффициенте предельных состояний, отсутствием учета модального демпфирования и т. д.

Эти вопросы поднимались еще О. А. Савиновым [5] и проанализированы в статье [13]. Желательно в нормах нового поколения иметь сбалансированную систему расчетных коэффициентов, чтобы каждый коэффициент отвечал за некоторое физическое явление и не был связан с ошибками других коэффициентов.

Принцип 6. Особенности расчетов на слабые и сильные воздействия. Механические критерии возникновения предельных состояний

До сих пор отечественные нормы ориентировали проектировщика на расчеты на действие сильных землетрясений (МРЗ). Критерием предельного состояния выступал коэффициент K_1 . По существу, в основу расчета положена гипотеза о том, что предельное (разрушающее) смещение в $1/K_1$ раз больше упругого. Ограничение упругого смещения ограничивает и неупругое.

Переход к многоуровневому проектированию требует формализации нескольких предельных состояний. В расчетах на действие проектного землетрясения [15] и предельного состояния DLS вопросы прочности несущих конструкций не стоят. Возникает необходимость ограничивать перемещения отдельных предметов, исключая их падение, и строить поэтажные акселерограммы и велосигаммы. Скорости следует ограничивать в определенных октавных диапазонах, чтобы предотвратить панику среди населения, особенно в зрелищных и культовых учреждениях.

При рассмотрении нарушения нормальной эксплуатации может возникнуть вопрос прочности и неупругой работы несущих конструкций, но выход за пределы упругости должен быть сильно ограничен, например, коэффициент K_1 должен быть в пределах 0,8–0,9.

Определяющими будут смещения фрагментов сооружения: для мостов — смещение рельсового пути в плане и профиле,

влияющее на безопасность движения; для зданий — повреждение второстепенных элементов, требующее ремонта и т. д.

Для предельных состояний ULS и CLS анализируется поведение основных несущих конструкций. При этом линейно-спектральный метод приемлем для анализа сооружений, по которым имеется опыт прошлых землетрясений, позволяющий прогнозировать предельные неупругие смещения по пределу упругости. Для инженерных сооружений, высотных зданий, систем специальной сейсмозащиты и подобных объектов необходим прямой динамический расчет, а критериями сейсмостойкости могут выступать работа сил пластического деформирования (для упругопластических конструкций) и повреждаемость [16, 17].

Принцип 7. Регламентация специальных методов сейсмозащиты: сейсмоизоляции и сейсмогашения

Как отмечалось ранее, повышение уровня расчетных нагрузок не приведет к заметному удорожанию сооружений, если активно использовать современные методы специальной сейсмозащиты — сейсмоизоляцию и сейсмогашение [18].

Поскольку сейсмические силы не являются чисто внешними, а создаются самой конструкцией в процессе ее колебаний, требуется принятие порой нетрадиционных решений. В этой связи нормы должны быть в полной мере пригодными и для расчета современных систем сейсмозащиты.

Представляется, что детальная регламентация расчетов и проектирования систем сейсмоизоляции и сейсмогашения должна быть предметом отдельного документа, однако общие принципы проектирования необходимо осветить в главном нормативном документе. Там же надо указать случаи, когда сейсмоизоляция

3. Различие расчетных баллов для одинаковой сейсмичности по карте В

Ситуационная сейсмичность	Предельное состояние	Повторяемость T , годы	Сила землетрясения I , расчетный балл	PGA, м/с ²
$I_A = 7; I_B = 8; I_C = 8;$ $a = 0,5; b = -0,701$	DLS	21	4,06	0,1
	SLS	31	4,385	0,14
	ULS	330	6,439	0,86
	CLS	670	7,05	1,48
$I_A = 8; I_B = 8; I_C = 8;$ $a = 0,5; b = -0,867$	DLS	21	4,378	0,14
	SLS	31	4,71	0,19
	ULS	330	6,77	1,15
	CLS	670	7,39	1,98
$I_A = 8; I_B = 8; I_C = 9;$ $a = 0,5; b = -1,034$	DLS	21	4,712	0,19
	SLS	31	5,051	0,26
	ULS	330	7,105	1,55
	CLS	670	7,72	2,65

необходима. Так, при проектировании госпиталей надо исключить свои оборудования жизнеобеспечения, поэтому если нет сейсмоизоляции, то надо делать пробковые полы [19].

Необходимо регламентировать самые общие принципы расчета и проектирования. Например, для сейсмоизоляции обычно основным расчетом является расчет относительных смещений. Для этого к воздействию предъявляются особые требования в части длиннопериодных составляющих. У динамических гасителей колебаний важным является демпфирование в пружине гасителя [20]. Как его моделировать, надо сказать в основном документе, но можно без дальнейшей детализации.

Принцип 8. Обеспечение страхования последствий землетрясений

Набор предельных состояний заставляет проектировщика на выходе указывать как часто (с какой повторяемостью) могут возникать различные предельные состояния. Это открывает широкие возможности страхования объектов от последствий зе-

млетрясений. Теоретические основы оценки рисков и функций распределения ущерба хорошо известны. Это должно существенно облегчить финансирование ликвидации последствий стихийных бедствий.

Вывод

Обобщая вышесказанное, можно отметить, что в настоящее время назрел переход к существенному повышению надежности сейсмостойкого строительства. Для того чтобы повышение надежности не привело в свою очередь к существенному повышению стоимости, необходимо развитие подходов к представлению результатов сейсмического районирования, отказ от целочисленных баллов и переход к многоуровневому проектированию.

Представляется, что предлагаемые решения должны оказать необходимую помощь инженерам, проектировщикам, страховщикам и собственникам при сейсмостойком строительстве зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Быков А. А. О методологии экономической оценки жизни среднестатистического человека // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4. № 2. С. 178–191.
2. Куклин А. А., Шипицына С. Е., Нифантова Р. В. Экономическая оценка жизни человека. Екатеринбург : Институт экономики Уральского отделения РАН, 2012. 42 с.
3. Зубец А. Н., Сазанакова А. С. Как россияне оценивают стоимость жизни // Финансы. 2014. № 4. С. 60–64.
4. Экономика сейсмостойкого строительства / под ред. А. М. Уздина. М., 2017. 176 с.
5. Савинов О. А., Уздин А. М., Шульман С. Г. О системе расчетных коэффициентов для определения сейсмических нагрузок на большие плотины // IV Всесоюзная школа-семинар «Методы количественной оценки сейсмических воздействий и применение спектрального анализа в сейсмологии» (г. Сигнахи, 20–25 октября 1980 г.). Тбилиси : Мецниерба, 1980. С. 168–182
6. Максименко Д. Д., Уздин А. М. Учет социальных потерь при оценке сейсмического риска // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2017. № 1(28). С. 30–35.
7. Фардис М., Гульванесян Х. [и др.]. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 8: Проектирование сейсмостойких конструкций к EN 1998-1 и EN 1998-5. Еврокод 8: Общие нормы проектирования сейсмостойких конструкций, сейсмические воздействия, правила проектирования зданий и подпорных сооружений. М. : МГСУ, 2013. 484 с.
8. Comite Europeen de Normalisation (2004) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings [Проектирование конструкций для обеспечения сейсмостойкости. Часть 1: Общие положения, сейсмические воздействия и правила для зданий]. CEN, Brussels, EN 1998-1.
9. Comite Europeen de Normalisation (2004) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 5: Foundations, retaining structures, geotechnical aspects [Проектирование конструкций для обеспечения сейсмостойкости. Часть 5: Фундаменты, подпорные конструкции, геотехнические аспекты]. CEN, Brussels, EN 1998-5.
10. Уздин А. М., Сандович Т. А., Аль-Насер Мохамад Самих Амин. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб : ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1993. 176 с.
11. Уломов В. И., Богданов М. И. Новый комплекс карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-2012) // Инженерные изыскания. 2013. № 8. С. 30–39.
12. Уломов В. И. К оценке сейсмической опасности территории Приморского края // Инженерные изыскания. 2009. № 1. С. 40–46.
13. Уздин А. М. Что скрывается за линейно-спектральной теорией сейсмостойкости // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009. № 2. С. 18–23.
14. Назарова Ш. Ш., Прокопович С. В., Уздин А. М., Акбиев С. Т. Проектное землетрясение: обоснование, параметры, особенности применения при расчетах сооружений // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2019. № 3(40). С. 40–45.
15. Назарова Ш. Ш. Некоторые особенности оценки сейсмостойкости медицинских комплексов // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2020. № 5(48). С. 37–41.
16. Нестерова О. П., Сибуль Г. А., Долгая А. А. [и др.]. Универсальный численный показатель силы землетрясения // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. Вып. 2(102). С. 152–156.
17. Рутман Ю. Л. Анализ нагруженности сооружения на основе величины энергетического критерия интенсивности землетрясения // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 2. С. 61–63.
18. Белаш Т. А. Нетрадиционные способы сейсмозащиты транспортных зданий и сооружений. М., 2017. 175 с.
19. Назарова Ш. Ш., Уздин А. М. Задание пиковых ускорений для многоуровневого проектирования сейсмостойких конструкций // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46. № 3. С. 123–136. doi: 10.21455/VIS2019.1-6
20. Нестерова О. П., Уздин А. М. Особенности работы динамических гасителей колебаний при силовом и кинематическом возмущении демпфированных сооружений // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2016. Вып. 2(92). С. 84–89.

REFERENCES

1. Bykov A. A. On the methodology of economic assessment of the life of an average person. *Problemy analiza riska*, 2007, vol. 4, no. 2, pp. 178–191. (In Russ.).
2. Kuklin A. A., Shipicyna S. E., Nifantova R. V. *Ekonomicheskaya ocenka zhizni cheloveka* [Economic assessment of human life]. Ekaterinburg, Institut ekonomiki UrO RAN Publ., 2012. 42 p. (In Russ.).
3. Zubec A. N., Sazanakova A. S. How Russians assess the cost of living. *Finansy*, 2014, no. 4, pp. 60–64. (In Russ.).
4. Uzdin A. M. et al. *Ekonomika seysmostoykogo stroitel'stva* [Economics of earthquake-resistant construction]. Moscow, 2017. 176 p. (In Russ.).
5. Savinov O. A., Uzdin A. M., Shul'man S. G. About the system of calculation coefficients for determining seismic loads on large dams. *IV Vsesoyuznaya shkola-seminar "Metody kolichestvennoy ocenki seysmicheskikh vozdeystviy i primeneniye spektral'nogo analiza v seysmologii"* [IV All-Union School-seminar "Methods of quantitative assessment of seismic impacts and application

- of spectral analysis in seismology" (Sighnaghi, October 20–25, 1980)]. Tbilisi, Mecnierba Publ., 1980, pp. 168–182. (In Russ.).
6. Maksimenko D. D., Uzdin A. M. Taking into account social losses when assessing seismic risk. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzheniy*, 2017, no. 1(28), pp. 30–35. (In Russ.).
 7. Fardis M., Gul'vanesyan H. et al. *Rukovodstvo dlya proektirovshchikov k Evrokodu 8: Proektirovanie seysmostojkih konstrukciy k EN 1998-1 i EN 1998-5. Evrokod 8: Obshchie normy proektirovaniya seysmostoykih konstrukciy, seysmicheskie vozdejstviya, pravila proektirovaniya zdaniy i podpornyh sooruzheniy* [Guide for designers to Eurocode 8: Design of earthquake-resistant structures to EN 1998-1 and EN 1998-5. Eurocode 8: General standards for the design of earthquake-resistant structures, seismic impacts, rules for the design of buildings and retaining structures]. Moscow, MGSU Publ., 2013. 484 p. (In Russ.).
 8. Comite Europeen de Normalisation (2004) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. CEN, Brussels, EN 1998-1.
 9. Comite Europeen de Normalisation (2004) Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 5: Foundations, retaining structures, geotechnical aspects. CEN, Brussels, EN 1998-5.
 10. Uzdin A. M., Sandovich T. A., Al'-Naser Mohamad Samih Amin. *Osnovy teorii seysmostoykosti i seysmostoykogo stroitel'stva zdaniy i sooruzheniy* [Fundamentals of the theory of earthquake resistance and earthquake-resistant construction of buildings and structures]. St. Petersburg, VNIIG im. B. E. Vedeneeva, 1993. 176 p. (In Russ.).
 11. Ulomov V. I., Bogdanov M. I. A new set of maps of the general seismic zoning of the territory of the Russian Federation (OSR-2012). *Inzhenernye izyskaniya*, 2013, no. 8, pp. 30–39. (In Russ.).
 12. Ulomov V. I. To assess the seismic hazard of the Primorsky Territory. *Inzhenernye izyskaniya*, 2009, no. 1, pp. 40–46. (In Russ.).
 13. Uzdin A. M. What lies behind the linear-spectral theory of seismic resistance. *Seysmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzheniy*, 2009, no. 2, pp. 18–23. (In Russ.).
 14. Nazarova Sh. Sh., Prokopovich S. V., Uzdin A. M., Akbiev S.T. Design earthquake: justification, parameters, features of application in the calculations of structures. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzheniy*, 2019, no. 3(40), pp. 40–45. (In Russ.).
 15. Nazarova Sh. Sh. Some features of assessing the seismic resistance of medical complexes. *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzheniy*, 2020, no. 5(48), pp. 37–41. (In Russ.).
 16. Nesterova O. P., Sibul' G. A., Dolgaya A. A. et al. Universal numerical indicator of earthquake strength. *Izvestiya Rossijskoj akademii raketnyh i artillerijskih nauk*, 2018, vol. 2(102), pp. 152–156. (In Russ.).
 17. Rutman Yu. L. Analysis of the loading of the structure based on the magnitude of the energy criterion of earthquake intensity. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*, 2012, no. 2, pp. 61–63. (In Russ.).
 18. Belash T. A. *Netradicionnye sposoby seysmozashchity transportnyh zdaniy i sooruzheniy* [Unconventional methods of seismic protection of transport buildings and structures]. Moscow, 2017. 175 p. (In Russ.).
 19. Nazarova Sh. Sh., Uzdin A. M. Setting peak accelerations for multi-level design of earthquake-resistant structures. *Voprosy inzhenernoy seysmologii*, 2019, vol. 46, no. 3, pp. 123–136. (In Russ.). doi: 10.21455/VIS2019.1-6
 20. Nesterova O. P., Uzdin A. M. Features of the operation of dynamic vibration dampers during power and kinematic perturbation of damped structures. *Izvestiya Rossiyskoj akademii raketnyh i artillerijskih nauk*, 2016, vol. 2(92), pp. 84–89. (In Russ.). ■