

Уздин А. М. д-р техн. наук, проф.,  
Сорокина Г. В., канд. техн. наук,  
Гейдаров Р., аспирант  
(ПГУПС, г. Санкт Петербург),  
Акбиев Р. Т., канд. техн. наук,  
Акбиев И. Д., аспирант  
(ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», г. Москва)

## СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СООРУЖЕНИЙ СТАРОЙ ПОСТРОЙКИ

*Статья рассматривает парадоксальную ситуацию в области сейсмостойкости старых зданий и сооружений. Основной ущерб при землетрясениях связан с разрушением таких построек, однако исследования в этой области проводятся преимущественно для нового строительства.*

*В статье упоминается инициатива М. А. Клячко, который начал проводить работы по оценке сейсмостойкости старых сооружений в Петропавловске-Камчатском. Он проводил паспортизацию зданий и сооружений, результаты которой отражены в его публикациях и монографии, а также в исследованиях его коллег.*

*Ключевые слова: Сейсмостойкость старых зданий, парадоксальная ситуация, социальный и экономический ущерб, исследования нового строительства, паспортизация зданий, уязвимость городской застройки, восстановительные работы*

Ситуация в области сейсмостойкости эксплуатируемых сооружений старой постройки является, в определенной мере, парадоксальной. Основной социальный и экономический ущерб при землетрясениях связан с разрушением старых, не усиленных зданий и сооружений, а основной объем исследований проводится применительно к новому строительству.

Работы по оценке сейсмостойкости старых сооружений и уязвимости городской застройки впервые в СССР и, по-видимому, в мире были начаты по инициативе М. А. Клячко в Петропавловске-Камчатском [1]. В частности, он впервые начал проводить паспортизацию зданий и сооружений в городе. Эти работы отражены в ряде его публикаций [1] – [3], [6], а также в исследованиях его коллег [4], [5]. К сожалению, с начала века эти работы в России были полностью прекращены, а результаты в значительной мере утеряны.

С начала века отдельные вопросы по оценке сейсмостойкости старых сооружений проводились в связи с необходимостью восстановительных работ в Чечне и Сирии [2], [3]. В этих работах рассматривались, в частности, вопросы антисейсмического усиления старых

гражданских и культовых сооружений при наличии в них повреждений, вызванных военными действиями. К сожалению, эти исследования носили частный характер и не позволяли сделать серьезных теоретических обобщений. До последнего времени бытует ошибочное мнение, что старые сооружения должны усиливаться на основе рекомендаций СП [7] по расчету и проектированию новых объектов.

Большое внимание сейсмостойкости старых сооружений уделялось Министерством путей сообщения СССР (МПС СССР), особенно после Спитакского землетрясения, когда около 100 км железных дорог было практически уничтожено [8]. В период с 1977 по 1991 гг. в НИИ мостов МПС СССР совместно с ТИСС Министерства строительства Туркменистана был выпущен ряд публикаций [9] – [12] и подготовлены и выпущены РСН-44–88 [9] по оценке сейсмостойкости эксплуатируемых мостов. После распада СССР и ликвидации МПС СССР указанные исследования были приостановлены в России, хотя Туркмения развивала исследования и выпустила в 2010 г. государственные нормы по оценке сейсмостойкости и антисейсмическому

усилению эксплуатируемых мостов.

За рубежом, особенно в США, проблеме оценки состояния жилой застройки уделяется значительно большее внимание, чем в Российской Федерации. Результатом их деятельности является методология оценки рисков, включенная в государственную программу HAZUS. Эта программа включает бесплатное настольное программное обеспечение на основе ГИС с набором баз данных инвентаризации для каждого штата и территории США. HAZUS определяет районы с высоким риском стихийных бедствий и оценивает физические, экономические и социальные последствия землетрясений, ураганов, наводнений и цунами.

Большинство работ, в частности, фундаментальные исследования в бывшем СССР [13], [14] и разработки системы HAZUS [15] – [18] ориентированы на оценку рисков для урбанизированных территорий. В этом случае оценки ущербов усредняются. В сейсмике для описания опасности используется макросейсмический балл, измеряемый целым числом [19]. Такой подход удобен для органов МЧС и администрации территорий. Он позволяет оценить возможный ущерб для региона в целом и разработать общие

мероприятия по снижению последствий землетрясения или обеспечить страхование района или города. Когда мы имеем дело с конкретным зданием, то нам не важно, что два соседних здания сейсмостойки и в среднем сейсмостойкость обеспечена. Перед нами встает задача индивидуальной оценки риска и других показателей возможного ущерба. На этой основе должны быть обеспечены конкретные антисейсмические мероприятия для рассматриваемого здания. К сожалению, многие специалисты ошибочно считают, что старые сооружения должны быть усилены на основе действующих норм сейсмостойкого строительства. Это положение отмечено, например, в СП [7]. В известных публикациях [4], [11] указывается целый ряд причин, из-за которых эксплуатируемые сооружения должны анализироваться и усиливаться, исходя из других требований, нежели вновь строящиеся. К числу этих причин следует отнести следующие:

1. Разные подходы к проектированию. Во вновь проектируемые сооружения закладываются определенные запасы, позволяющие вести типовое проектирование. Для эксплуатируемых объектов как раз надо выявить запасы, заложенные при проектировании за счет использования уточненных данных о воздействии, грунтах и т. п.

2. Наличие повреждений и дефектов, возникших в процессе эксплуатации.

3. Изменение свойств материалов во времени. Часть материалов теряет показатели прочности, а некоторые, наоборот. Например, пески в зоне расположения мостовых опор уплотняются за годы эксплуатации в процессе вибрации от прохода поездов.

4. Изменение внешней нагрузки. Хорошо известно, как меняются карты сейсмического районирования. К сожалению, меняются и другие нагрузки. Например, значительная часть старых железнодорожных мостов построена под нагрузку С9 – С12, а в нормах фигурирует нагрузка С14.

5. Стоимость антисейсмического усиления для старых объектов может существенно отличаться от аналогичной стоимости для вновь строящихся. Одно дело добавить ряд свай при строительстве дома и совсем другое сделать это для существующего дома, не нарушая его эксплуатацию.

6. Критерии необходимости антисейсмического усиления. Надо понимать,

что мы при усилении имеем дело с теорией принятия решений. В каждом конкретном случае старого объекта критерии принятия решений строго индивидуальны. Например, новую школу в 9-балльном районе, проектируемую на 100 и более лет, надо усиливать в соответствии с нормами. А вот школу, которая морально устарела, и которую планируется заменять через 5–10 лет целесообразно усиливать на 7 или 8 баллов. Такое усиление сравнительно не дорого. Усиление же на 9 баллов по стоимости соизмеримо с постройкой новой школы [20]. В литературе имеются различные критерии целесообразности усиления старых объектов [1], [5], [21] и др.

7. Способы антисейсмического усиления. Если в новом строительстве часто достаточно положить дополнительный арматурный стержень, то для старой застройки приходится увязывать способ усиления с существующей конструкцией и ограниченными возможностями вывода ее из эксплуатации.

8. Наличие старых конструктивных форм. Некоторые технические решения, использованные в старых сооружениях, например, неармированные оголовки опорных конструкций, запрещены действующими нормами и не могут быть по ним обсчитаны

Рассмотрим эти вопросы подробнее.

**Выявление запасов**, заложенных при проектировании сооружения, требует аккуратного подхода, как к заданию исходной информации, так и к методам расчета сооружения. Прежде всего, это относится к заданию сейсмического воздействия. Базовым для расчета является уровень расчетного воздействия. До последнего времени уровень задавался пиковыми ускорениями основания (PGA), которые должны определять силу землетрясения в макросейсмических баллах. Этот факт отражался в инструментальной части макросейсмических шкал балльности. Указанная идея оказалась порочной. Величина PGA возросла с 1900 г в 7 раз от 1 до 7 м/с<sup>2</sup>. При этом до настоящего времени вопрос задания PGA остается открытым. За рубежом, несмотря на многочисленные дискуссии, шкала балльности [22] вышла вообще без инструментальной части. В России, благодаря работам Ф. Ф. Аптикаева установлена связь макросейсмического балла с PGA в диапазоне периодов 0,3–0,5 с. Имеются отечественные [23] и зарубежные публикации [24], позволяющие приписать зна-

чение PGA макросейсмическому баллу в определенном частотном диапазоне. Однако до практического применения эти исследования не доведены. В действующих нормах проектирования России до сих пор используются значения PGA не соответствующие шкале балльности [4] и соответствующему ГОСТ [25]. Сложившаяся ситуация связана с достаточно очевидным обстоятельством. Сила землетрясения в баллах определяется степенью повреждения сооружений. Для того, чтобы повредить сооружение, надо поработать. А чтобы совершить работу, надо обладать энергией. Будущее, безусловно, определяется заданием энергетических характеристик воздействия: интенсивностью по Ариасу, абсолютной кумулятивной скоростью, плотностью сейсмической энергии и т. п. Этим вопросам посвящено большое количество исследований [24], [31], [52], [55], [56] и др. Можно утверждать, что решение вопроса не является однозначным и требует проведения дополнительных исследований.

**Наличие эксплуатационных дефектов.** К сожалению, дефекты возникают, как в процессе эксплуатации, так и от военных действий. Наличие дефектов может существенно изменить расчетную схему конструкции.

**Использование специфических материалов и изменение свойств материалов во времени.** У нас еще эксплуатируются сооружения, выполненные из бетона на известковом цементе. Состав и характеристики такого бетона, как правило, не известны. На сети железных дорог есть опоры мостов 1860-х гг. постройки со сланцевым заполнителем. Образцы подводной части опор рассыпаются при доставке в лабораторию, однако, если поместить образец в воду и испытывать его в воде, он показывает определенную несущую способность, достаточную для восприятия нагрузки.

**Изменение внешней нагрузки.** Изменяется не только сейсмическая, но и полезная нагрузка. Однако объект может эксплуатироваться с некоторыми ограничениями. Это меняет коэффициенты сочетаний по сравнению с нормативными. У нас треть мостов старой постройки не рассчитана на современную перспективную нагрузку, но вполне может эксплуатироваться ближайшие 20–30 лет.

**Стоимость антисейсмического усиления** для старых объектов может существенно отличаться от аналогичной стоимости для вновь строящихся. Как от-

мечалось ранее, одно дело добавить ряд свай при строительстве дома и совсем другое сделать это для существующего дома, не нарушая его эксплуатацию. У специалистов имеется определенный опыт усиления и реконструкции старых сооружений в сейсмически опасных районах, однако публикации соответствующих материалов практически отсутствуют. Если удастся усилить здание традиционными методами в рамках действующих норм, то этот случай не представляет интереса. В 9-балльных районах, как правило, такое решение оказывается неприемлемым. В [2], [26] описаны примеры удачной реализации антисейсмического усиления старых зданий. В [20] рассмотрен пример школы, рассчитанной на воздействие 7 баллов и расположенной в районе с сейсмичностью, которая оказалась равной 9 баллам. Стоимость усиления школы до 9 баллов экономически оказалась более затратной, чем строительство новой школы. Школа была усилена до 8 баллов. Одновременно было начато строительство новой школы.

**Критерии для выбора оптимальных решений антисейсмического усиления.** Как в любой задаче теории принятия решений, степень антисейсмического усиления определяется целевой функцией. В литературе предлагается несколько вариантов таких функций:

- минимум риска (математического ожидания ущерба) при ограничении капитальных затрат на усиление [14];
- минимум суммарных затрат на антисейсмическое усиление и ликвидацию ущерба от землетрясения за срок службы сооружения [21], [27];
- вероятность величины ущерба [28];
- минимизация ущерба плюс добавка, пропорциональная дисперсии ущерба, причем множитель к добавке зависит от степени приемлемости рисков для принимающего решения [27];
- остаточный срок службы сооружения с учетом сейсмических воздействий [9].

Это далеко не полный перечень возможных целевых функций и критериев антисейсмического усиления. За рубежом при решении вопроса об усилении важным является вопрос страхования объекта [29]. В ряде случаев может быть выгоднее ограничиться страховкой сооружения без его усиления. В отечественной практике часто выбирают расчет и усиление по нормам для вновь строящихся объектов, если это возможно.

Как правило, такое решение не оправдано с точки зрения теории надежности и риска, но позволяет ускорить согласование и реализацию проекта. В заключении рассмотрения критериев антисейсмического усиления приведем пример исследований турецкого профессора Дуракалу, которая обследовала старые постройки на Анатолийском побережье. Оказалось, что хозяева с годовым доходом менее 25000 евро вовсе не усиливают и не страхуют свое жилье против землетрясений, жители с годовым доходом более 100000 евро все страхуются и усиливают свои здания против землетрясений. Это тоже возможный выбор цели и критериев усиления. Последствия такого целеполагания наглядно иллюстрирует последнее землетрясение в Турции. К сожалению, в России многие руководители регионов придерживаются подобной политики.

**Методы антисейсмического усиления существующей старой застройки.** Основная неприятность состоит в том, что традиционные методы усиления при новом строительстве оказываются существенно дороже для эксплуатируемых сооружений. При этом антисейсмическое усиление становится невыгодным. Это обстоятельство порождает два подхода к решению проблемы: страхование с возможным усилением и новые конструкции усиления. В Петропавловске-Камчатском рассматривалось много вариантов усиления [1]. В результате был принят метод обжатия стен вертикальными преднапряженными тросами [1]. Развитие традиционных методов усиления связано с использованием новых, высокопрочных материалов. Наиболее интересны новые методы сейсмоизоляции и сейсмогашения сооружений. Сейсмоизоляция достаточно сложно реализуется на практике. Известен проект усиления здания в г. Окленд (США) путем его переустановки на резиновые опоры. Проект попал в список выдающихся проектов ЮНЕСКО [30]. Более экономична технология постановки на резиновые опоры старых Армянских церквей. Технология разработана М. Мелкумяном, реализована и описана в ряде публикаций [26]. Там же разработана и реализована методика усиления зданий путем достройки гибкого верхнего этажа, выступающего в роли динамического гасителя колебаний зданий. Однако, по нашему мнению, эффективность указанных систем может быть существенно повышена за счет оптимизации демпфирования в системе сейсмозащиты.

Изложенное должно убедить читателя в необходимости специального подхода и специальной нормативной базы для обеспечения сейсмостойкости эксплуатируемых сооружений.

Обратимся теперь к показателям сейсмостойкости сооружения. Считается, что это показатель силы землетрясения, которое сооружение может выдержать. М. А. Клячко [1] использовал для этого понятие сейсмостойкость и дефицит сейсмостойкости, измеряемые в баллах, В. В. Гурьев, В. М. Дорофеев [19], измеряемого в целых баллах. Как отмечено выше, этот показатель удобен для характеристики застройки и получил в литературе название макросейсмического класса [35]. В инструкции [9] и учебниках [31], [32] под классом сейсмостойкости подразумевается дробное число, которое, в отличие от [19], называется расчетным баллом. В упомянутой инструкции, подготовленной еще в конце 80-х гг. прошлого века исходили из шкалы MSK и СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах». В этом случае расчетный класс сейсмостойкости  $K_s$  определялся из уравнения

$$2^{10 - K_s} S_0 = [S], \quad (1)$$

где  $I_0$  – интенсивность тестового землетрясения в баллах, вызывающего в проверяемом элементе сооружения усилие  $S_0$ ;  $[S]$  – допустимое усилие в элементе.

Из (1) получаем расчетный класс сейсмостойкости

$$K_s = I_0 + \frac{\ln \frac{[S]}{S_0}}{\ln 2}. \quad (2)$$

Аналогичные формулы приведены в [9] для оценки классов сейсмостойкости железобетонных элементов, оснований и фундаментов.

В настоящее время, после перехода в мире к многоуровневому проектированию и появлению новой шкалы балльности очевидна условность формул (1), (2). Сейчас собственнику желательно знать, при каких воздействиях и как часто может нарушиться штатная работа сооружения, когда в сооружении возникают повреждения не требующие остановки работы, когда возможны серьезные повреждения и наконец, при каких воздействиях произойдет полное обрушение объекта. В соответствии с этим следует рассматривать, как, например, в нормах Италии [33], четыре предельных состояния SLS (Serviceability Limit State), DLS (Damaged Limit State), ULS (Ultimate Limit State) и CLS (Collapse Limit State). В соответствии с этим следует оперировать с 4

расчетными классами сейсмостойкости. Меняется и наше представление о системе расчетных коэффициентов при определении расчетной нагрузки. В нормативной формуле

$$S = Ag m \beta (T) K \psi (\gamma) \quad (3)$$

коэффициенты потеряли свой первоначальный смысл.  $Ag$  не является пиковым ускорением, представляет собой не более, чем некоторый, нормирующий спектральную кривую, множитель. Для 9 баллов реальное пиковое ускорение  $PGA$ , в диапазоне периодов 0,3–0,5 с составляет по ГОСТ [25]  $7 \text{ м/с}^2$ , а не  $4 \text{ м/с}^2$ , как принято в СП [7]. В общем случае величина  $PGA$  зависит от преобладающего периода воздействия. А вот величина  $\beta$  представляет собой максимум амплитуды при резонансе и, практически, не зависит от  $T$ , но зависит от  $\gamma$ . Эти вопросы разобраны в публикациях [32], [34] и др. При этом формула (3) преобразуется к виду

$$S = PGA (T) m \beta (T, \gamma) K_1.$$

Можно выделить в этой формуле нормирующий множитель  $PGA_0 = 7 \text{ м/с}^2$  для 9 баллов

$$S = PGA_0 K_{PGA} (T) m \beta (T, \gamma) K_1.$$

Тогда по аналогии с (1) получим уравнение

$$PGA_I K_{PGA} (T) m \beta (T, \gamma) K_1 = [S].$$

Здесь  $[S]$  – предельная нагрузка, соответствующая рассматриваемому предельному состоянию, а  $K_1$  соответствующий коэффициент предельных состояний.

Отсюда

$$PGA_I = \frac{[S]}{K_{PGA}(T) \cdot m \cdot \beta(T, \gamma) \cdot K_1}.$$

Принимая  $I = PGA$  по формуле ГОСТ [25] получаем

$$K_s = 2,5 \log (PGA_s) + 1,89.$$

### Заключение

1. Сейсмостойкость эксплуатируемых сооружений – это отдельный раздел теории сейсмостойкости, требующий решения специфических задач и создания специальной нормативной базы.

2. Пока еще возможно реанимировать исследования сейсмостойкости эксплуатируемых сооружений и разработать нормативный документ по оценке сейсмостойкости и антисейсмическому усилению эксплуатируемых конструкций.

3. При развитии теории сейсмостойкости эксплуатируемых сооружений необходимо учитывать последние достижения в теории сейсмостойкости, в частности переход на многоуровневое проектирование и новую шкалу балльности.

### Библиография

1. Клячко М. А. Из истории сейсмопрогноза и в историю сейсмозащиты. // Вестник международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. 2022. №1 (13). DOI: 10.38054/iaeee-202204.
2. Клячко М. А. Землетрясение и мы. – СПб: РИФ «Интеграф». 1999. 236 с.
3. Савинов О. А., Клячко М. А., Уздин А. М. Сравнительная оценка способов сейсмозащит./Сейсмология и сейсмостойкое строительство на Дальнем Востоке. Часть 2. – Владивосток: ДальНИИС. 1989. С. 59–60.
4. Уздин А. М. Принципы оценки сейсмостойкости эксплуатируемых сооружений. // Экспресс-информация «Сейсмостойкое строительство». 1985.
5. Уздин А. М., Долгая А. А., Кузнецова И. О., Сахаров О. А. Комплекс исследований для анализа сейсмической надежности эксплуатируемых сооружений. // Экспресс-информация «Сейсмостойкое строительство». 1999. Вып. 2. С. 24–26.
6. Kliachko M. A. Preventive aseismic strengthening of the structures: from problems and approaches to implementation./Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering (ed. G. Duma), Balkema, Rotterdam, 1995, Vol. 3 (ISBN 905410 5313), pp. 2287–2292.
7. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах»
8. Simkin A. Yu., Nikitin A. A., Uzdin A. M. Engineering Analysis of Spitak Earthquake Effects and Problems for Strengthening Buildings./Proc. of the 9-th European Conference on Earthquake Engineering, 1990, Vol. 9, Moscow, pp. 118–128.
9. РСН-44–88 Инструкция по оценке сейсмостойкости эксплуатируемых мостов на сети железных и автомобильных дорог (на территории Туркменской ССР)
10. Уздин А. М. Оценка сейсмостойкости моста, запроектированного по старым нормам. // Экспресс-информация «Сейсмостойкое строительство». 1983. Вып. 12. С. 1–6.
11. Уздин А. М., Сандович Т. А., Аль-Насер-Мохомад Самих Амин. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. – СПб: Изд. ВНИИГ. 1993. 175 с.
12. Уздин А. М., Долгая А. А., Кузнецова И. О., Сахаров О. А. Комплекс исследований для анализа сейсмической надежности эксплуатируемых сооружений. // Экспресс-информация «Сейсмостойкое строительство». 1999. Вып. 2. С. 24–26.
13. Канторович Л. В., Кейлис-Борок В. И.,

- Молчан Г. И. Сейсмический риск и принципы сейсмического районирования. // Вычислительные и статистические методы интерпретации сейсмических данных. Вычисл. Сейсмология. 1974. Вып. 6. С. 3–20.
14. Кейлис-Борок В. И., Нерсесов И. А., Яглом А. М. Методы оценки экономического эффекта сейсмостойкого строительства. – М.: Изд. АН СССР. 1962. 46 с.
15. S.-E. Cherif, M. Chourak, M. Abed, A. Douiri Potential seismic damage assessment of residential buildings in Imzouren City (Northern Morocco), Buildings, 8 (2018), p. 179, DOI:10.3390/buildings8120179.
16. Levi, T., Bausch, D., Katz, O. et al. Insights from Hazus loss estimations in Israel for Dead Sea Transform earthquakes. Nat Hazards 75, 365–388 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1325-y>.
17. Miroslav Nastev. Adapting Hazus for seismic risk assessment in Canada. Canadian Geotechnical Journal Volume 51, Number 2, February 2014.
18. Schneider, Philip J, Schauer, Barbara A. HAZUS – Its Development and Its Future. Natural Hazards Review. Volume: 7, Issue Number: 2, 2006–5, pp. 40–44 Publisher: American Society of Civil Engineers, ISSN: 1527–6988, EISSN: 1527–6996, Serial URL: <http://ascelibrary.org/journal/nhrefo>.
19. Гурьев В. В., Дорофеев В. М. К вопросам разработки норм проектирования сейсмостойкого строительства нового поколения. // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2020. №4 (47). С. 13–18.
20. Уздин А. М., Воробьев В. А., Богданова М. А., Сигидов В. В., Ваничева С. С. Экономика сейсмостойкого строительства. – М.: ФГПУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2017. 176 с.
21. Сергин К. С. Оптимизация инвестиций при антисейсмическом усилении нескольких объектов. // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2009. №4 (21). С. 175–185.
22. Grünthal G. (ed) European Macroseismic Scale. EMS-98. ESC, Luxemburg, 1998.101 p.
23. Антикаев Ф. Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. – М.: Наука и образование. 2012. 175 с. ISBN 978-5-906235-02-2.
24. Zaslavsky Y., Shapira A., and Kenigsberg M. Earthquake site response study for designed bridges in Israel./The proceedings of the 12-th European conference on earthquake engineering (12-th ECEE), 9–13 September 2002, Barbican Centre, London, UK; Paper

reference 059.

25. ГОСТ 57546–2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности
26. Melkumyan Mikayel. *New solutions in seismic isolation*. – Yerevan: Lusabats. 2011. 264 p.
27. Богданова М. А., Болтенкова А. А., Сигидов В. В., Уздин А. М., Чернов В. П. Применение теории сейсмического риска к задачам оптимизации. // Современная экономика: проблемы и решения. 2018. №2 (98). С. 8–17. ISSN: 2078–9017. DOI: 10.17308/meps.2018.02/1828.
28. M. Dolce, A. Prota. Guest editorial to the special issue – Seismic risk assessment in Italy. *Bulletin of Earthquake Engineering*. (2021) 19: 2995–2998 <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01107-y>.
29. Pane Stojanovski, Weimin Dong, Suruchi

- Wagh, Chris Mortgat, Haresh C. Shah. *Double Trigger Earthquake Micro – Insurance Program for Rural China Viability and Sustainability Study*. Fourteen European Conference on Earthquake Engineering, Macedonia 2010.
30. Steiner Franz, Eric Elsesser. *Oakland City Hall Repair and Upgrades. A Publication Series on Applied Design of Buildings/Design Decision, Methods, and Procedures*, EERI, 2004, 29 p.
31. Елисеев О. Н., Уздин А. М. Сейсмостойкое строительство. Учебник. – СПб: Изд. ПБВВСУ. 1997. 371 с.
32. Уздин А. М., Елизаров С. В., Белаиш Т. А. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений. Учебное пособие. – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 2012. 500 с.
33. Aggiornamentodelle «Normetecnichep-

- erlecostruzioni» (18A00716). MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI. DECRETO 17 gennaio 2018 // Supplementoordinarioalla «GazzettaUfficiale» n. 42 del 20 febbraio 2018 – Seriegenerale. N. 8. 372 p.
34. Уздин А. М. Что скрывается за линейно-спектральной теорией сейсмостойкости. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009. №2. С. 18–23.
35. Деменкова М. С., Уздин А. М. Использование дробных баллов в инженерной сейсмологии и сейсмостойком строительстве. // Вопросы инженерной сейсмологии. 2019. Т. 46. №1. С. 78–83. DOI:10.21455/VIS2019.1–6.

eng

Uzdin A. M., Sorokina G. V., Heydarov R. S., Akbiev R. T., Akbiev I. D.

## EARTHQUAKE RESISTANCE OF OPERATED STRUCTURES OF OLD CONSTRUCTION

The article examines the paradoxical situation in the field of earthquake resistance of old buildings and structures. The main damage caused by earthquakes is associated with the destruction of such buildings, but research in this area is carried out mainly for new construction.

The article mentions the initiative of M. A. Klyachko, who began work on assessing the seismic resistance of old structures in Petropavlovsk-Kamchatsky. He carried out certification of buildings and structures, the results of which are reflected in his publications and monographs, as well as in the research of his colleagues.

Keywords: Earthquake resistance of old buildings, paradoxical situation, social and economic damage, research on new construction, certification of buildings, vulnerability of urban development, restoration work

### References

1. Klyachko M. A. *Iz istorii sejsmoproгноза i v istoriyu sejsmozashchity*. // Vestnik mezhdunarodnoj asociacii ekspertov po sejsmostojkomu stroitel'stvu. 2022. №1 (13). DOI: 10.38054/iaeee-202204. (in Russian)
2. Klyachko M. A. *Zemletryasenie i my*. – SPb: RIF «Integraf». 1999. 236 p. (in Russian)
3. Savinov O. A., Klyachko M. A., Uzdin A. M. *Sravnitel'naya ocenka sposobov sejsmozashchity./Sejsmologiya i sejsmostojkoe stroitel'stvo na Dal'nem Vostoke. CHast' 2. – Vladivostok: Dal'NIIS. 1989. Pp. 59–60. (in Russian)*
4. Uzdin A. M. *Principy ocenki sejsmostojkosti ekspluatiruemyh sooruzhenij*. // Ekspres-informaciya «Sejsmostojkoe stroitel'stvo». 1985. (in Russian)
5. Uzdin A. M., Dolgaya A. A., Kuznecova I. O., Saharov O. A. *Kompleks issledovaniy dlya analiza sejsmicheskoy nadezhnosti ekspluatiruemyh sooruzhenij*. // Ekspres-informaciya «Sejsmostojkoe stroitel'stvo». 1999. Vyp. 2. Pp. 24–26. (in Russian)
6. Kliachko M. A. *Preventive aseismic strengthening of the structures: from problems and approaches to implementation./Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering (ed. G. Duma), Balkema, Rotterdam, 1995, Vol. 3 (ISBN 905410 5313), pp. 2287–2292.*
7. SP 14.13330.2018 «SNiP II-7-81\* Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah» (in Russian)
8. Simkin A. Yu., Nikitin A. A., Uzdin A. M. *Engineering Analysis of Spitak Earthquake Effects and Problems for Strengthening Buildings./Proc. of the 9-th European Conference on Earthquake Engineering, 1990, Vol. 9, Moscow, pp. 118–128.*
9. RSN-44–88 *Instrukciya po ocenke sejsmostojkosti ekspluatiruemyh mostov na seti zheleznyh i avtomobil'nyh dorog (na territorii Turkmenskoj SSR) (in Russian)*
10. Uzdin A. M. *Ocenka sejsmostojkosti mosta, zaproektirovannogo po starym normam*. // Ekspres-informaciya «Sejsmostojkoe stroitel'stvo». 1983. Vyp. 12. Pp. 1–6. (in Russian)
11. Uzdin A. M., Sandovich T. A., Al' – Naser-Mohamad Samih Amin. *Osnovy teorii sejsmostojkosti i sejsmostojkogo stroitel'stva zdaniy i sooruzhenij*. – SPb: Izd. VNIIG. 1993. 175 p. (in Russian)
12. Uzdin A. M., Dolgaya A. A., Kuznecova I. O., Saharov O. A. *Kompleks issledovaniy dlya analiza sejsmicheskoy nadezhnosti ekspluatiruemyh sooruzhenij*. // Ekspres-informaciya «Sejsmostojkoe stroitel'stvo». 1999. Vyp. 2. Pp. 24–26. (in Russian)
13. Kantorovich L. V., Kejlis-Borok V. I., Molchan G. I. *Sejsmicheskij risk i principy sejsmicheskogo rajonirovaniya*. // Vychislitel'nye i statisticheskie metody interpretacii sejsmicheskikh dannyh. Vychisl. Sejsmologiya. 1974. Vyp. 6. Pp. 3–20. (in Russian)
14. Kejlis-Borok V. I., Nersesov I. A., Yaglom A. M. *Metody ocenki ekonomicheskogo effekta sejsmostojkogo stroitel'stva*. – M.: Izd. AN SSSR. 1962. 46 p. (in Russian)
15. S.-E. Cherif, M. Hourak, M. Abed, A. Douiri *Potential seismic damage assessment of residential buildings in Imzouren City (Northern Morocco), Buildings, 8 (2018), p. 179, DOI:10.3390/buildings8120179.*
16. Levi, T., Bausch, D., Katz, O. et al. *Insights from Hazus loss estimations in Israel for Dead Sea Transform earthquakes. Nat Hazards 75, 365–388 (2015).* <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1325-y>.
17. Miroslav Nastev. *Adapting Hazus for seismic risk assessment in Canada. Canadian Geotechnical Journal Volume 51, Number 2, February 2014.*
18. Schneider, Philip J, Schauer, Barbara A. *HAZUS – Its Development and Its Future. Natural Hazards Review. Volume: 7, Issue Number: 2, 2006–5, pp. 40–44 Publisher: American Society of Civil Engineers, ISSN: 1527–6988, EISSN: 1527–6996, Serial URL: <http://ascelibrary.org/journal/nhrepo>.*
19. Gur'ev V. V., Dorofeev V. M. *K voprosam razrabotki norm proektirovaniya sejsmostojkogo stroitel'stva novogo pokoleniya*. // Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenij. 2020. №4 (47). Pp. 13–18. (in Russian)
20. Uzdin A. M., Vorob'ev V. A., Bogdanova M. A., Sigidov V. V., Vanicheva S. S. *Ekonomika sejsmostojkogo stroitel'stva*. – M.: FGPU DPO «Uchebno-metodicheskij centr po obrazovaniyu na

- zheleznodorozhnom transporte». 2017. 176 p. (in Russian)
21. Sergin K.S. Optimizaciya investicii pri antisejsmicheskom usilenii neskol'kikh ob'ektov. // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya. 2009. №4 (21). Pp. 175–185. (in Russian)
22. Grünthal G. (ed) European Macroseismic Scale. EMS-98. ESC, Luxemburg, 1998.101 p.
23. Aptikaev F.F. Instrumental'naya shkala sejsmicheskoy intensivnosti. Instrumental'naya shkala sejsmicheskoy intensivnosti. – M.: Nauka i obrazovanie. 2012. 175 p. ISBN 978-5-906235-02-2. (in Russian)
24. Zaslavsky Y., Shapira A., and Kenigsberg M. Earthquake site response study for designed bridges in Israel./The proceedings of the 12-th European conference on earthquake engineering (12-th ECEE), 9–13 September 2002, Barbican Centre, London, UK; Paper reference 059.
25. GOST 57546–2017 Zemletryaseniya. SHkala sejsmicheskoy intensivnosti (in Russian)
26. Melkumyan Mikayel. New solutions in seismic isolation. – Yerevan: Lusabats. 2011. 264 p.
27. Bogdanova M. A., Boltenkova A. A., Sigidov V. V., Uzdin A. M., Chernov V. P. Primenenie teorii sejsmicheskogo riska k zadacham optimizacii. // Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya. 2018. №2 (98). Pp. 8–17. ISSN: 2078–9017. DOI: 10.17308/meps. 2018.02/1828. (in Russian)
28. M. Dolce, A. Prota. Guest editorial to the special issue – Seismic risk assessment in Italy. Bulletin of Earthquake Engineering. (2021) 19: 2995–2998 <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01107-y>.
29. Pane Stojanovski, Weimin Dong, Suruchi Wagh, Chris Mortgat, Hareesh C. Shah. Double Trigger Earthquake Micro – Insurance Program for Rural China Viability and Sustainability Study. Fourteen European Conference on Earthquake Engineering, Macedonia 2010.
30. Steiner Franz, Eric Elsesser. Oakland City Hall Repair and Upgrades. A Publication Series on Applied Design of Buildings/Design Decision, Methods, and Procedures, EERI, 2004, 29 p.
31. Eliseev O. N., Uzdin A. M. Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Uchebnik. –SPb: Izd. PVVISU. 1997. 371 p. (in Russian)
32. Uzdin A. M., Elizarov S. V., Belash T. A. Sejsmostojkie konstrukcii transportnyh zdaniy i sooruzhenij. Uchebnoe posobie. – M.: FGOU «Uchebno-metodicheskij centr po obrazovaniju na zheleznodorozhnom transporte». 2012. 500 p. (in Russian)
33. Aggiornamentodelle «Normetecnicheperlecostruzioni» (18A00716). MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI. DECRETO 17 gennaio 2018 // Supplementoordinarioalla «GazzettaUfficiale» n. 42 del 20 febbraio 2018 – Seriegenerale. N. 8. 372 p.
34. Uzdin A. M. CHto skryvaetsya za linejno-spektral'noj teoriej sejsmostojkosti. // Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij. 2009. №2. Pp. 18–23. (in Russian)
35. Demenkova M. S., Uzdin A. M. Ispolzovanie drobnnyh ballov v inzhenernoj sejsmologii i sejsmostojkom stroitel'stve. // Voprosy inzhenernoj sejsmologii. 2019. T. 46. №1. Pp. 78–83. DOI:10.21455/VIS2019.1–6. (in Russian)

Уважаемые авторы, при направлении рукописей статей для опубликования просим соблюдать следующие требования:

1. Объем статей не должен превышать 10 страниц машинописного текста (10–20 тыс. знаков).
2. Текст статьи должен быть набран на компьютере с использованием текстового редактора *Microsoft Word* (в формате \*.doc, \*.docx или \*.rtf) **БЕЗ расстановки переносов, автоматически нумерованных списков, колонтитулов страниц, подстраничных сносок, отображения исправлений по тексту.**
3. В начале статьи указывается: название статьи; фамилии и инициалы авторов; ученая степень, звание, должность, организация, в которой работает или учится автор.
4. К статье обязательно прилагается аннотация 7–10 строк (100–150 слов) и ключевые слова.
5. После основного текста статьи размещается библиографический список Библиография, содержащий сведения об использованных или рекомендуемых документах. В тексте в квадратных скобках [] указывается порядковый номер документа из библиографического списка. Библиографические ссылки оформляются в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

#### Пример:

#### Библиография

1. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах»
  2. ГОСТ 57546–2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности
  3. Ильина Д. А., Уздин А. М. Один аспект проблемы задания расчетных акселерограмм. // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2017. №1. С. 40–43.
  4. Курбацкий Е. Н. Сейсмоизолирующие устройства для мостов. Учебное пособие. – М.: МИИТ. 2010. 74 с.
6. После библиографического списка **обязательно** указывается контактная информация: фамилия, имя, отчество авторов; ученая степень, звание, должность, организация, в которой работает или учится автор; полный почтовый адрес организации/автора, телефон, адрес электронной почты. (Авторы, по желанию, могут предоставить свою фотографию в формате \*.tiff, \*.jpg).
7. По возможности вся информация об авторах, заглавии, данные об аффилировании авторов (наименование (я) организаций, ведомств, адрес (а) авторов), аннотация, ключевые слова, должны быть продублированы **на английском языке** (перевод), библиографический список с помощью транслитерации.
8. Иллюстрации (фотографии, рисунки, графики, диаграммы и др.) представляются **только** в графических редакторах в формате \*.eps, \*.tif, \*.jpg, \*.cdr, \*.xls с разрешением от 300 dpi (не менее 500 Кб). Подрисуночные подписи обязательны и могут быть приведены в конце текстового блока статьи. Обозначения по осям графиков и внутрисуночные надписи должны быть четкими и хорошо читаемыми. Натурные рисунки и фотографии должны быть хорошего контрастного качества. Графики, диаграммы, схемы и т. п. иллюстрации, сделанные в *Microsoft Excel*, должны быть сгруппированы. Все иллюстрации прилагаются **отдельными файлами**. Иллюстрации в формате \*.doc (*Word*), а также вставленные в текст статьи, к публикации **не принимаются!**
9. Таблицы должны быть напечатаны с минимальными размерами строк и столбцов и вставлены в текст статьи. Все наименования в таблицах даются полностью без сокращения слов.
10. В связи с трудоемкостью набора стандартные математические формулы, уравнения и выражения линейного формата должны быть записаны в *Microsoft Word*, только сложные дроби, корни, интегралы, крупные операторы, матрицы и т. п. могут быть записаны с помощью редактора *Microsoft Equation*. Отдельные символы и специальные знаки по тексту статьи записываются с помощью *Microsoft Word* опции «вставка-символ». Оформление переменных и формул: латинские буквы – *курсив* (кроме sin, cos, tg, ctg, min, max, extr); греческие буквы, русские буквы, цифры, скобки – прямой шрифт (то же написание применяется и в отношении верхних и нижних индексов); знак десятичной дроби (десятичный делитель) – запятая, знак «минус» – короткое тире, знак умножения – × (не x), знак градуса – ° (не O), знак стрелки – → (не ->).
11. Все условные обозначения в тексте, таблицах, иллюстрациях приводятся в системе СИ.
12. Статьи принимаются в электронном виде на любом носителе информации или присылаются по электронной почте.
13. К статье должно прилагаться рекомендательное письмо от организации, которую представляет автор.
14. Представленная автором статья при необходимости может быть передана на рецензию Экспертному научно-техническому совету журнала.
15. Статьи могут быть направлены в редакцию:  
E-mail: ntd-ntpi@mail.ru

Рукописи, не отвечающие указанным требованиям, приниматься к публикации не будут.