

**СТРОИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА РОССИИ НЕ ПРИЗНАЕТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВТОРНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ****Масляев А.В.***кандидат техн. наук**Научно-исследовательская сейсмическая лаборатория**(400117, г. Волгоград, ул. Землячки, корп. А, к. 51)***RUSSIAN CONSTRUCTION SYSTEM DOES NOT RECOGNIZE THE IMPACT OF REPEATED
EARTHQUAKES ON CONSTRUCTION SITES****Maslyayev A. V.***Candidate of Sciences (Engineering)**Seismic Research Laboratory**(27, bldg. A, rm 51, Zemlyachki Street, Volgograd, 400117, Russian Federation)*

Аннотация. Сегодня многим ученым строителям известно, что землетрясения на территории, например, населенного пункта могут проявляться в виде первого наиболее сильного землетрясения (главного подземного толчка), за которым, как правило, следует целая серия более слабых повторных землетрясений (повторных толчков). Убедительным доказательством именно такой последовательности проявления сильных землетрясений на какой-то определенной территории служат немало примеров, когда десятки тысяч людей гибнут в разрушенных зданиях во время воздействия повторных землетрясений. Именно благодаря этим примерам ученые строители понимают и основную причину гибели людей при воздействиях повторных землетрясений, которая заключается в образовавшихся в зданиях при воздействии первого главного землетрясения предельно допустимых степеней повреждения. К тому же сегодня ученым строителям известны и немало примеров, когда интенсивность воздействия от повторного землетрясения на здания по ряду причин была сильнее интенсивности от воздействия главного землетрясения. Однако, вопреки примерам гибели тысяч людей в зданиях при повторных землетрясениях, в строительной системе России расчет сейсмостойких объектов продолжает учитывать воздействие только одного главного землетрясения. Поэтому в статье обосновывается необходимость учета в расчетах сейсмостойких объектов воздействия и повторных землетрясений.

Abstract. Today, many learned builders know that earthquakes in the territory of, for example, a settlement can manifest themselves in the form of the first most powerful earthquake (main underground shock), which is usually followed by a series of weaker repeated earthquakes (repetitive shocks). There are many examples of such a sequence of manifestations of strong earthquakes in a certain territory, when tens of thousands of people die in destroyed buildings during repeated exposure earthquakes. It is thanks to these examples that scientists, builders, understand the main cause of death due to repeated earthquakes, which is the maximum permissible degree of damage formed in buildings under the influence of the first main earthquake. In addition, many builders are aware of many examples today when the intensity of the impact of a repeated earthquake on buildings was, for a number of reasons, stronger than the intensity of the effects of a major earthquake. However, contrary to the examples of the death of thousands of people in buildings during repeated earthquakes, in the construction system of Russia, the calculation of earthquake-resistant objects continues to take into account the impact of only one main earthquake. Therefore, the article substantiates the need to take into account the effects of earthquakes and repeated earthquakes in the calculations of earthquake-resistant buildings.

Ключевые слова: главное землетрясение, повторные землетрясения, здание, сейсмоопасная территория, нормативный документ, степень повреждения

Keywords: main earthquake, repeated earthquakes, building, seismically dangerous territory, normative document, degree of damage.

Как известно, изучением причин землетрясений и их проявлением на поверхности Земли занимаются только ученые сейсмологи. Поэтому только ученые сейсмологи могут определять количественные характеристики сейсмических воздействий землетрясений на строительные объекты. Однако эту теоретическую азбуку в науке по сейсмологии сегодня строительная система России нарушает. Это особенно видно при сопоставлении отдельных положений ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности», в которых

обосновывается наиболее вероятный перечень разных сейсмических воздействий при землетрясениях на строительные объекты, с положениями СП 14.133330.2018 «Строительство в сейсмических районах», в которых расчеты строительных объектов почему-то используют только одно даже «усеченное» (заниженное) сейсмическое воздействие от главного землетрясения (главного толчка).

Серия землетрясений из ГОСТ Р 57546-2017 и ряда научных изданий

В разделе 3 ГОСТ Р 57546-2017 приводятся определения в основном для понимания такого опасного сейсмического процесса, которому с наибольшей вероятностью могут быть подвержены строительные объекты. В нижеприводимых пунктах ГОСТ Р 57546-2017 приводится классификация разных подземных толчков, которые, как правило, на строго определенной территории могут вызывать землетрясения с разной интенсивностью. Так, например, в п.3.3 записано: «главный толчок: наиболее сильный толчок в группе близких в пространстве и времени землетрясений». В п. 3.1: «афтершок: повторный толчок, землетрясение меньшей магнитуды, возникающее в очаге главного толчка и его окрестности». В п. 3.26 : «форшок: землетрясение меньшей магнитуды, возникающее в очаге основного толчка и его окрестности и предшествующее ему». Из приведенных определений можно заключить, что в очаге главного землетрясения или в его окрестностях могут возникать очаги разных повторных землетрясений в следующей последовательности: 1.землетрясение от форшока; 2. землетрясение от главного толчка; 3. множество повторных землетрясений от афтершоков. И далее из п. 5.5 ГОСТ Р 57546-2017 для ученых строителей следует самое главное разъяснение о том, что интенсивность сейсмического воздействия от каждого повторного землетрясения на строительные объекты необходимо оценивать раздельно: «Интенсивность землетрясения следует относить к единичному сейсмическому событию. Надлежит отдельно оценивать интенсивность главного толчка, его форшоков и афтершоков, отдельных землетрясений, образующих рой». Эта последняя запись из п 5.5 ГОСТ Р 57546-2017 говорит только о том, что все строительные объекты, например, на территории населенного пункта с наибольшей вероятностью будут испытывать сейсмические воздействия от многих землетрясений с разной интенсивностью. Более того, например, воздействия всех этих отдельных землетрясений с магнитудой $M \geq 4.0$ обязательно записываются сейсмостанциями многих стран мира. Другими словами, отрицать воздействия повторных сильных землетрясений на строительные объекты сегодня просто невозможно, но это успешно делает СП 14.13330.2018. Так, например, о высокой вероятности повторного землетрясения говорит ученый сейсмолог Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта [1]: «Это подтверждает известный факт, что сразу после сильного землетрясения вероятность еще одного сильного толчка наиболее высока». Более подробно описывает причину возникающей серии землетрясений, например, на территории населенного пункта научный руководитель и один из авторов ГОСТ Р 57546-2017 [2]: «Крайне редко возникают ситуации одиночных землетрясений. В целом главный толчок системой своих разрывов создает очаг землетрясения, очаговую обл. или эпицентральною зону, в пределах которой лежит

большая часть форшоков и афтершоков». Ученые строители это пояснения ученых сейсмологов должны понимать как факт того, что на определенной территории с наибольшей вероятностью возникает, как правило, целая серия разных землетрясений, некоторые из которых по ряду причин могут представляет наибольшую опасность для строительных объектов и людей. Именно только поэтому в СП 14.13330.2018 расчет строительных объектов должен учитывать сейсмические воздействия как от главного так и от повторных землетрясений. При этом учет количества повторных землетрясений в расчетах строительных объектов должен определяться в зависимости от расчетного времени эвакуации людей на открытое безопасное пространство. Так, в [3] предложено принять усредненное время между главным и первым повторным толчком равное 4 мин., а усредненное время между главным и вторым повторным толчком -19 мин. Это время между главным толчком и первыми двумя повторными толчками (землетрясениями) удовлетворительно подтвердилось при Гаитском 2010 г. землетрясении: первый толчок после главного толчка произошел через 7 мин. 33 с, а второй толчок –через 18 мин. 56 с. [4]. Ученые сейсмологи в своих определениях по серии отдельных землетрясений на определенной территории местности называют их форшоком, главным подземным толчком, повторным толчком (афтершоком) только с целью пояснения их внутренней связи между собой. Но так как из этого множества разных подземных толчков некоторые из них могут разрушить здания с гибелью людей, ученые строители обязаны эти подземные толчки называть землетрясениями (от строителей никто не требуют пояснения о связи между разными подземными толчками). При названии подземного толчка землетрясением более понятным воспринимается его опасность на поверхности Земли, где расположены строительные объекты (бывают очаги подземных толчков на глубине более 500 км, которые не оказывают разрушительного воздействия на строительные объекты и людей).

Повторные землетрясения – причина гибели людей в зданиях

12 мая 2008 года на территории Китая после главного землетрясения примерно в течение 1 часа произошло еще 6 сильных повторных землетрясений, в результате воздействия которых разрушены многие здания и погибли десятки тысяч людей. При Спитакском землетрясении 1988 г. (Армения) через 4 мин 20 с произошло первое повторное сильное землетрясение, от воздействия которого разрушились многие жилые здания с гибелью десятков тысяч людей. В январе 2010 г. на территории Гаити после главного землетрясения в течение 19 мин произошли еще два повторных сильных землетрясений, в результате воздействия которых разрушились многие строительные объекты с гибелью десятков тысяч людей. На территории Италии в августе 2016г. произошла

серия сильных землетрясений с разрушением зданий и гибелью сотен людей. В [5, 6, 7] обосновываются, что основной причиной разрушения зданий с гибелью людей при землетрясениях является отсутствие учета в расчетах зданий: 1. воздействия первых повторных сильных землетрясений; 2. предельно допустимой эксплуатационной степени повреждения, которая не допускает обрушения конструкций от воздействий главного и повторных землетрясений. В [8] обосновывается, что только с расчетом на воздействия главного землетрясения и первых повторных землетрясений можно обеспечить надежную сейсмозащиту строительных объектов и сохранить жизнь людей.

Положения СП 14.13330.2018 о расчете строительных объектов на воздействия землетрясений

Согласно формулам 5.1 и 5.2 СП 14.13330.2018 строительные объекты должны рассчитываться на воздействие только одного главного землетрясения (подземного толчка). Более того, за счет использования в формуле 5.1 СП 14.13330.2018 коэффициента допускаемых повреждений в зданиях при землетрясении, значение которого, например, для крупнопанельных зданий равен $K_1 = 0.25$, расчетное сейсмическое воздействие на эти здания уменьшается в 4 раза. Такому основному правилу расчета строительных объектов на воздействие землетрясения дает оценку известный ученый строитель [9]: «Следовательно, в качестве расчетного сейсмического воздействия в 7-балльном районе принимается воздействие, отвечающее 5-балльному землетрясению, в 8-балльном – 6-балльному землетрясению и в 9 – балльном районе – 7- балльному землетрясению». Это сделано для того, чтобы при интенсивности реального землетрясения больше расчетного землетрясения на 2 балла в строительных объектах обязательно образовывалась предельно допустимая степень повреждения, которая может только в течение короткого времени не допускать обрушения их конструкций и гибели людей. Такое основное правило расчета строительных объектов на сейсмические воздействия согласно п. 5.18 СП 14.13330.2018 выполняется по предельным состояниям первой группы, характеристику которой находим в п. 5.1.2 ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований»: «потеря устойчивости отдельных конструктивных элементов или сооружения в целом;...чрезмерное раскрытие трещин». Более конкретная характеристика предельно допустимой степени повреждения при землетрясении изложена в п. 6.19.5 СП 14.13330.2018: «Гарантией соблюдения этого критерия сейсмической безопасности является состояние, при котором степень его повреждения по результатам его расчета на РЗ не превышает $d = 3.0$. Такое состояние здания является предельно допустимым и называется критическим». Поэтому вышеизложенная характеристика предельно допустимой степени повреждения в зданиях при

одном главном землетрясении убеждает, что установленное расчетными положениями СП 14.13330.2018 предельно допустимая степень повреждения $d \leq 3.0$ просто не может позволить сейсмостойким объектам выдержать сейсмическое воздействие еще и от первого повторного сильного землетрясения.

При этом следует отметить еще и отсутствие в расчетной части СП 14.13330.2018 влияния эксплуатационной степени повреждения до землетрясения на значение предельно допустимой степени повреждения зданий при воздействии даже одного главного землетрясения. Ведь по законам динамических колебаний в зданиях при землетрясении, при каждом новом сильном сейсмическом воздействии в их конструкциях обязательно образовывается своя (дополнительная) степень повреждения, которая, как правило, суммируется с предыдущей степенью повреждения в зданиях. Так как образование в строительных объектах эксплуатационной степени повреждения и предельно допустимой степени при землетрясении происходит по одной причине - внешнего силового воздействия, поэтому можно даже утверждать, что эти обе степени повреждения обязательно будут присутствовать во многих жилых и общественных зданиях с длительным сроком эксплуатации при землетрясении. Так, о большой вероятности разной степени повреждения во многих зданиях с большим сроком эксплуатации говорится в [10]: «На самом деле в каждом доме, в том числе и в новом, есть дефекты строительства, следовательно, величина степени повреждения не равна нулю. Тем более если это здание много лет находилось в эксплуатации...». В качестве вывода о влиянии повреждений в зданиях в длительном процессе эксплуатации на общую степень повреждения при землетрясении в [10] записано: «Таким образом, это еще раз подтверждает наше предположение, что не столь важно, каким образом накопились повреждения до данного землетрясения, а очень важно знать величину степени повреждения до землетрясения, ибо только в этом случае можно рассчитать какую степень повреждения будут иметь эти здания, если произойдет землетрясение...». Более того, в [10] одной из распространенных причин образования эксплуатационных степеней повреждения в зданиях до землетрясения называются деформации в их фундаментах. В [11] показано, что в расчетах сейсмостойких зданий следует учитывать наличия в них усредненной эксплуатационной степени повреждения равной не более единице ($d \leq 1.0$) до землетрясения, но при этом предельно допустимая степень повреждения от главного землетрясения должна быть не более 2-й степени по ГОСТ Р 57546-2017. Ибо, если сейсмостойкие жилые здания, которые по разным причинам будут иметь даже первую (слабую) эксплуатационную степень повреждения, но при образовании нормативной третьей предельно допустимой степени повреждения от воздействия главного землетрясения, тогда при общей 4 степени

повреждения в них могут образоваться частичные обрушения с гибелью людей. Именно поэтому расчетные положения СП 14.13330.2018 не допускают образования в сейсмостойких зданиях до землетрясения какой-либо степени повреждения. Но при этом в СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения» даже отсутствует технический мониторинг наиболее массовых жилых и общественных зданий на территориях населенных пунктов России. Более того, в разделе 3 СП 255.1325800.2016 «Термины и определения» отсутствует даже само название эксплуатационной степени повреждения в строительных объектах и тем более ее влияние на образование общей степени повреждения в зданиях при землетрясении.

Анализ воздействия ряда землетрясений на строительные объекты ведущими учеными строителями России

Основатели российского нормативного документа в области сейсмостойкого строительства так анализируют воздействия ряда землетрясений [12]: 1. «Анализ последствий Ашхабатского землетрясения показал, что в наибольшей степени пострадали здания из сырцового кирпича, затем здания из жженого кирпича и некоторые железобетонные здания»; 2. «В Ташкенте 26 апреля 1966 г. в 5 час. местного времени произошло землетрясение с очагом под центральной частью города». Как видим, несмотря на наличие большого количества повторных землетрясений после главного землетрясения, авторы ничего о них не сказали.

Один из руководителей технической политики в области сейсмостойкого строительства на территории СССР так анализирует сейсмические воздействия этих же землетрясений [13]: 1. «Землетрясение в Ашхабаде 6 октября 1948 г. оценивается 9 баллами. Вначале был сильный вертикальный толчок, после чего возникли горизонтальные колебания, продолжавшиеся около 10 сек...В районе Ашхабада, Багира и Безмеина произошли большие разрушения, особенно сильные в зданиях из сырцового и обожженного кирпича»; 2. «Землетрясение в Ташкенте 26 апреля 1966 г. имело в эпицентральной зоне интенсивность 7-8 баллов...В течение первой недели было зарегистрировано 240 повторных толчков, из которых 7 четырех – пятибалльных и один шестибалльный...Происшедшее землетрясение носило эпицентральный характер, вследствие чего имели место некоторые особенности воздействия на конструкции». Известный российский ученый строитель серию землетрясений на определенной поверхности Земли так же воспринимает так же только в виде одного сейсмического воздействия [9]: «Таким образом, можно констатировать, что в нынешней инженерной практике, за расчетное воздействие принимается воздействие, которое повторяется в среднем один раз в 15-70 лет...». Как видим, ведущие ученые строители СССР и России в области сейсмостойкого строительства серию

землетрясений на поверхности Земли оценивают только в виде: 1. единственного числа - землетрясения; 2. ни слова об анализе влияния повторных сильных толчков (землетрясений) на образование общей степени повреждения в зданиях.

Конечно, здесь понятна причина отсутствия оценки учеными строителями влияния эксплуатационной степени повреждения до землетрясения на общую степень повреждения при землетрясении. Эта причина заключается в том, что ни в одном из федеральных законов и нормативных документов РФ строительного содержания нет положения о том, что в сейсмостойких жилых и общественных зданиях населенных пунктов в обязательном порядке через каждые 5 лет должна определяться (корректироваться) нормативная эксплуатационная степень повреждения, которая должна назначаться в зависимости от их этажности (времени безопасной эвакуации людей при землетрясении на открытое безопасное пространство) [14, 15].

Для оценки сейсмозащиты строительных объектов в ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» предусмотрено правило для определения сейсмического риска, который, например, позволяет определить наиболее вероятное усредненное число человеческих жертв в каждом здании при расчетном землетрясении. Поэтому содержание этого правила по определению сейсмического риска в зданиях при землетрясении представляет особый интерес. Но прежде чем анализировать содержание этого правила приведем определение понятия сейсмического риска одного из ученых сейсмологов [2]: «Сейсмический риск – вероятность соц.-эконом. ущерба от возможных землетрясений в соответствии с *сейсмической опасностью H территории и сейсмической уязвимостью V* строительных и природных объектов. ...На основании оценок сейсмической опасности различных участков изучаемой территории и оценок *уязвимости* различных зданий и сооружений *для населенного пункта* может быть построена *карта сейсмического риска*». Более того, в приложении А СП 14.13330.2018 в разных сейсмических картах А, В, С приведена различная сейсмическая опасность для территорий населенных пунктов России в зависимости от расчетного периода (T) повторяемости землетрясений (карта А при периоде T равном 500 лет, карта В – 1000 лет, карта С- 5000 лет). Однако в приложении Ф ГОСТ 31937-2011 предусмотрели другой критерий для жилых и общественных зданий, который занижает сейсмическую опасность их строительных площадок, что способствует занижению сейсмического риска: «...риск нанесению зданию (сооружению) ущерба определенного уровня при опасном воздействии данной интенсивности за срок службы здания». Поэтому с учетом только сроков службы массовых жилых и общественных зданий в 50 и более лет в п.

4.3 СП 14.13330.2018 для расчетов сейсмостойких строительных объектов в сейсмических картах А, В, С указали вероятности интенсивностей сейсмических воздействий только за короткое время 50 лет. Это сделано по той причине, что в расчетных положениях сейсмических карт А, В, С заложена зависимость уровня интенсивности землетрясения от времени ее повторяемости: - за больший период повторяемости возрастает его интенсивность. Конечно, закономерность проявления землетрясения с большей интенсивностью при большем периоде повторяемости следует признать правильной, однако эта закономерность для короткого времени в 50 лет при ее сравнении со статистикой повторяемости современных реальных землетрясений вызывает сомнения. Ведь, как известно, одной из важнейшей характеристикой землетрясений является повторяемость их проявления на Земном шаре: сегодня специалистам известно, что за короткий промежуток времени, который может длиться примерно от 20 лет до 30 лет, иногда все же могут возникать очень сильные землетрясения. Так, примерами такого значительного всплеска воздействия сейсмических воздействий на территориях населенных пунктов могут служить землетрясения, например, в двух разных регионах СССР: 1. Серия землетрясений на Камчатке 4 ноября 1952 г., 4 мая 1953 г., 24 ноября 1971г.; 2. серия Газлийских землетрясений 8 апреля, 17 мая 1976 г., 24 марта 1984 г. Именно такие современные реальные и особенно опасные для строительных объектов значительные всплески сейсмической активности на территории России не должны позволять ученым сейсмологам и ученым строителям определять нормативные вероятности превышения, не превышения сейсмической интенсивности за короткое время в 50 лет как это сделано в СП 14.13330.2018 и в ГОСТ 31937-2011. Другими словами, у вышеприведенных примерах всплесков сейсмической активности землетрясений на территории СССР значения вероятностей превышения интенсивностей сейсмических воздействий на строительные объекты за короткое время примерно 25 лет могут быть значительно большими.

Так как реальные землетрясения на Земном шаре происходят, как правило, с периодическим ослаблением или усилением своей активности, поэтому ученые строители должны находить только интервалы времени со значительным усилением сейсмической активности землетрясений, чтобы только характеристики их сейсмических воздействий использовать в расчетах сейсмостойких объектов. Ведь, как известно, основной смысл в расчетах строительных объектов может заключаться только в том, чтобы в них было предусмотрено только самое неблагоприятное сочетание разных вероятных максимальных силовых воздействий, что только и может, например, массовым жилым и общественным зданиям с людьми обеспечить самый длительный срок их эксплуатации.

Обоснование характеристик землетрясений для определения федеральных сейсмических рисков в строительных объектах

Как отмечалось выше в статье сейсмостойкие здания и сооружения согласно СП 14.13330.2018 рассчитываются только на одно «усеченное» сейсмическое воздействие от главного землетрясения. При этом воздействия первых повторных землетрясений на строительные объекты расчетные положения СП 14.13330.2018 не учитывают. Более того, в приложении Ф ГОСТ 31937-2011 говорится, что при расчетах сейсмических рисков для зданий и сооружений расчетная сейсмическая интенсивность и период повторяемости землетрясения должны использоваться только из одной сейсмической карты. Расчетные усредненные значения периодов повторяемости землетрясений определялись из огромной их статистики, в которую вошли и немало землетрясений при ослабленной их сейсмоактивности на Земном шаре. Поэтому для современного сейсмостойкого строительства в России ученые сейсмологи и строители должны использовать характеристики землетрясений только сегодняшнего времени, а не далеких по времени землетрясений, когда сейсмическая активность землетрясений была заниженной. Тем более, как это будет показано ниже в статье, характеристики самых современных реальных землетрясений на Земле проявляются с гораздо большей интенсивностью и меньшим временем повторяемости. Кроме того, для оценки сейсмозащиты жилых и общественных зданий от воздействия землетрясений на территории России следует определять не региональные риски, как это предусмотрено в нормативных документах РФ строительного содержания, а федеральные сейсмические риски, значения которых следует определять с учетом повторяемости землетрясений на всей сейсмоопасной территории России [8]. Ведь, например, ученым сейсмологам хорошо известна зависимость времени повторяемости землетрясений от размеров рассматриваемой территории (например, на Земном шаре каждый день где-то происходит сильное землетрясение).

Поэтому для выявления сейсмической активности, например, на территории СССР за последние примерно 100 лет автор использовал приведенную в [16] статистику землетрясений с интенсивностью более 7 баллов за короткий интервал времени в сейсмоопасных районах страны и на территориях других стран мира [12,13]. Этот рассматриваемый интервал времени оказался примерно между окончанием 40-х годов и середины 70-х годов 20 века и равным примерно 30 годам. В пределах выбранного интервала времени по каждому региону или территории другой страны из [12, 13, 16] выписывались дата, год землетрясений с магнитудой $M \geq 6.0$ при их интенсивности более 7 баллов и без учета первых повторных сильных землетрясений. Цель работы была в том, чтобы подтвердить или опровергнуть вероятность за короткий интервал времени

всплеска сейсмической активности землетрясений с максимально возможной магнитудой $M \geq 8.0$ на территориях сейсмоопасных регионов СССР и ряда зарубежных стран, т.е. практически на большей части территории всего Земного шара.

Камчатка: 1. 4 ноября 1952 г. с магнитудой $M = 8.5$; 2. 13 апреля 1957 г. с $M = 6.8$; 3. 15 августа 1957 г. с $M = 6.8$; 4. 4 мая 1959 г. с $M = 7.6$; 5. 18 июня 1959 г. с $M = 7.0$; 6. 19 июля 1966 г. с $M = 6.5$; 7. 22 ноября 1969 г. с $M = 7.7$; 8. 24 ноября 1971 г. с $M = 7.3$; 9. 15 декабря 1971 г. с $M = 7.8$; 10. 12 июня 1973 г. с $M = 5.8$; 11. 22 января 1974 г. с $M = 6.1$ (усредненная повторяемость сильных землетрясений равна 2 годам).

Курилы: 1. 4 марта 1952 г. с $M = 8.3$; 2. 6 ноября 1958 г. с $M = 8.2$; 3. 12 февраля 1961 г. с $M = 7.0$; 4. 13 октября 1963 г. с $M = 8.1$; 5. 24 июля 1964 г. с $M = 7.2$; 6. 19 марта 1967 г. с $M = 7.0$; 7. 29 января 1968 г. с $M = 7.2$; 8. 1 августа 1969 г. с $M = 8.2$; 9. 28 февраля 1973 г. с $M = 7.5$ (усредненная повторяемость сильных землетрясений равна 2.3 годам).

Сахалин: 1. 2 февраля 1951 г. с $M = 5.5$ и интенсивностью до 8 баллов; 2. 2 октября 1964 г. с $M = 5.8$ и интенсивностью до 9 баллов; 3. 5 сентября 1971 г. с $M = 7.5$ (усредненная повторяемость сильных землетрясений равна 7 годам).

Прибайкалье: 1. 4 апреля 1950 г. с $M = 7.0$; 2. 1 января 1951 г. с $M = 5.8$ и интенсивностью до 9 баллов; 3. 6 февраля 1957 г. с $M = 6.5$; 4. 27 июня 1957 г. с $M = 7.6$; 5. 4 декабря 1957 г. с $M = 8.1$; 6. 29 августа 1959 г. с $M = 6.8$; 7. 5 января 1967 г. с $M = 7.8$ (усредненная повторяемость сильных землетрясений равна 2.5 годам).

Средняя Азия и Казахстан: 1. 28 июля 1947 г. с $M = 4.9$ и интенсивностью до 8 баллов; 2. 10 июля 1949 г. с $M = 7.4$; 3. 23 января 1954 г. с $M = 5.8$; 4. 22 сентября 1956 г. с $M = 4.5$ и интенсивностью до 8 баллов; 5. 21 декабря 1958 г. с $M = 6.4$; 6. 24 октября 1959 г. с $M = 5.7$ и интенсивностью до 8 баллов; 7. 2 февраля 1965 г. с $M = 6.0$; 8. 25 апреля 1966 г. с $M = 5.1$; 9. 5 июня 1970 г. с $M = 6.8$; 10. 10 мая 1971 г. с $M = 5.7$; 9. 11 августа 1974 г. с $M = 7.3$ (усредненная повторяемость сильных землетрясений равна 2.5 годам).

Западная Туркмения: 1. 5 октября 1948 г. с $M = 7.3$; 2. 12 февраля 1953 г. с $M = 6.3$; 3. 24 ноября 1955 г. с $M = 5.9$; 4. 2 июля 1957 г. с $M = 6.6$; 5. 5 октября 1962 г. с $M = 5.0$ с интенсивностью до 8 баллов; 6. 31 марта 1962 г. с $M = 4.5$ с интенсивностью до 9 баллов; 7. 3 января 1969 г. с $M = 5.4$ с интенсивностью до 8 баллов (усредненная повторяемость сильных землетрясений равна 3.0 годам).

Кавказ: 1. 8 декабря 1959 г. с $M = 5.4$ и интенсивностью до 8 баллов; 2. 18 сентября 1961 г. с $M = 6.6$; 3. 4 сентября 1962 г. с $M = 5.2$ и интенсивностью до 8 баллов; 4. 12 октября 1962 г. с $M = 4.2$ и интенсивностью до 8 баллов; 5. 27 января 1963 г. с $M = 6.2$; 6. 16 июля 1963 г. с $M = 6.4$; 7. 20 апреля 1966 г. с $M = 5.4$; 8. 9 июня 1968 г. с $M = 4.9$ и интенсивностью до 8 баллов; 9. 1 сентября 1968 г. с $M = 4.7$ и интенсивностью до 8 баллов; 10. 18 мая

1970 г. с $M = 6.6$; 11. 4 декабря 1970 г. с $M = 5.1$ и интенсивностью до 8 баллов (усредненная повторяемость сильных землетрясений равна 1 году). **Монголия:** разрушительное Гоби - Алтайское землетрясение 4 декабря 1957 г. с магнитудой $M = 8.1$.

Китай: 1. землетрясение 15 августа 1950 г. в Тибете с $M = 8.6$; 2. Таншаньское землетрясение 28 июля 1976 г. с $M = 7.9$ (повторяемость землетрясений равна 26 лет).

Индия: Ассамское землетрясение 15 августа 1950 г. с интенсивностью до 10 баллов.

Япония: 1. Фукуйское землетрясение 28 июня 1948 г. в эпицентральной зоне интенсивность 9 баллов, погибло более 5 тыс. человек; 2. землетрясение в Ниигате 16 июня 1964 г. с $M = 7.5$; 3. землетрясение в Токачиоки 16 мая 1968 г. с $M = 7.8$ (усредненная повторяемость землетрясений равна 10 лет).

Турция: 1. Вартское землетрясение 19 августа 1966 г. с $M = 7.0$; 2. Гедизское землетрясение 28 марта 1970 г. с $M = 7.75$ (повторяемость землетрясений равна 4 годам).

Иран: 1. Бендер – Аббасское землетрясение 8 ноября 1971 г. с $M = 5.9$; 2. Гхирское землетрясение 10 апреля 1972 г. с $M = 6.9$ (повторяемость землетрясений равна 1 году).

Италия: 1. Тосканское землетрясение февраль 1971 г. с интенсивностью 8 баллов; 2. землетрясение 6 мая 1976 г. с $M = 6.5$ (повторяемость землетрясений равна 5 годам).

США: 1. землетрясение 27 марта 1964 г. на Аляске с $M = 8.5$; 2. землетрясение в Паркфилде (Калифорния) 27 июня 1966 г. с $M = 6.5$; 3. землетрясение в Сан-Фернандо 9 февраля 1971 г. с $M = 6.6$ (повторяемость землетрясений равна 3.3 годам).

Чили: Великое чилинское землетрясение 22 мая 1960 г. с $M = 9.5$ (с большей магнитудой землетрясения в Земле быть не может).

Так как землетрясения с максимальной магнитудой $M \geq 8.0$ на поверхности Земли проявляются с самым большим временем повторяемости, поэтому определение времени повторяемости таких землетрясений из представленной выше статистики и представляет особый интерес для специалистов. Для определения времени повторяемости землетрясений с $M \geq 8.0$ выпишем их из вышеприведенной статистики с проявлением только на территории России: 1. 4 марта 1952 г., $M = 8.3$ (Курилы); 2. 4 ноября 1952 г., $M = 8.5$ (Камчатка); 3. 4 декабря 1957 г., $M = 8.1$ (Прибайкалье); 4. 6 ноября 1958 г., $M = 8.2$ (Курилы). Как видим, в только одном 1952 году произошло два таких землетрясений на Курилах и Камчатке, а потом с разницей в один год произошло два таких землетрясения на территориях Прибайкалье и Курилах. Однако, землетрясения с такими магнитудами землетрясений согласно СП 14.13330.2018 могут происходить в основном с периодом повторяемости в 1 тысячу и более лет.

Приведенная статистика землетрясений с магнитудой $M \geq 6.0$ и с интенсивностью более 7 баллов за период времени примерно 30 лет свидетельствует о прошедшей повышенной сейсмической активности землетрясений на территориях ряда стран мира. Более того, основные характеристики этих землетрясений в основном по своей интенсивности на поверхности Земли и времени повторяемости между ними представляли значительно большую опасность для строительных объектов по сравнению с нормативными их значениями в комплекте сейсмических шкал ОСР-2015. При этом в этой статистике землетрясений отсутствует перечень первых повторных сильных землетрясений, которые часто служат причинами разрушений зданий и гибели людей. Но даже вычисленную по статистике землетрясений, например, значение усредненного времени повторяемости землетрясений просто невозможно приравнять к нормативной даже самой минимальной времени повторяемости землетрясений равной 500 годам в сейсмической карте А, которая как раз используется в ГОСТ 31937-2011 для определения допустимого уровня сейсмического риска для наиболее массовых жилых и общественных зданий. Поэтому выявленная огромная разница в значениях времени повторяемости расчетных (нормативных) и современных реальных сильных землетрясений за время примерно 30 лет говорит только о факте значительном занижении в ГОСТ 31937-2011 нормативного допустимого уровня сейсмического риска примерно в сотню раз по сравнению с реальным его значением. Другими словами, сейсмологи России по общей статистике землетрясений на Земном шаре должны периодически определять интервал времени примерно в 30 лет, в котором произошел всплеск сейсмической активности землетрясений с целью определения основных характеристик современной реальной сейсмоопасности для строительных объектов. Поэтому динамический процесс воздействия сильных землетрясений на строительные объекты во времени образно можно сравнить с процессом воздействия волн цунами на берегу океана, которые лишь на какое-то короткое время покидают берег, чтобы вновь потом возвратиться для разрушений. Поэтому основной задачей для ученых сейсмологов и строителей следует считать постоянную корректировку современных наиболее опасных характеристик сейсмических воздействий от последних реальных землетрясений на строительные объекты России.

Выводы

Выводы в статье сделаны исходя из основного предназначения расчетной части СП 14.13330.2018 в обеспечении сейсмозащиты строительных объектов с людьми с учетом характеристик воздействия только современных наиболее опасных землетрясений за самое последнее время.

1. Согласно ГОСТ Р 57546-2017 и выводов ученых сейсмологов на сейсмоопасных территориях, например, населенных пунктов

России с наибольшей вероятностью будут проявляться только серии землетрясений с разной интенсивностью, но которые могут быть наиболее опасными для строительных объектов и жизни людей.

2. Однако расчетная часть СП 14.13330.2018 предусматривает сейсмическое воздействие на строительные объекты только от одного главного землетрясения и к тому же без учета образования, например, в наиболее массовых жилых и общественных зданий предельно допустимой эксплуатационной степени повреждения до землетрясения. Поэтому здесь можно говорить о сложившейся в России незащищенности массовых жилых и общественных зданий при воздействии вероятной серии сильных землетрясений.

3. Так как СП 14.13330.2018 нарушает ряд основных положений ГОСТ Р 57546-2017, поэтому ее редакцию следует значительно доработать.

4. Ученые строители в положениях федеральных законов и нормативных документов РФ строительного содержания обязаны «воздействия повторных толчков» при землетрясении называть «воздействиями повторных землетрясений».

5. В положениях СП 255.1325800.2016 и СП 14.13330.2018 для строительных объектов следует предусмотреть предельно допустимую эксплуатационную степень повреждения до землетрясения и предельно допустимую степень повреждения после землетрясения.

6. В положениях СП 14.13330.2018 следует предусмотреть вероятности превышения, не превышения нормативных сейсмических воздействий с учетом повторяемости только современных наиболее сильных землетрясений на территории России.

6. В положениях ГОСТ Р 57546-2017 предусмотреть расчет федеральных сейсмических рисков для наиболее массовых жилых и общественных зданий с учетом сейсмической опасности строительных площадок и повторяемости современных реальных землетрясений за время 50 лет на территории России.

7. Ученые строители при анализе последствий в строительных объектах после землетрясений должны показывать степени эксплуатационной степени повреждения до землетрясения, последовательность образование в них степеней повреждений и после воздействия каждого землетрясения.

8. Анализ приведенной статистики землетрясений с интенсивностью более 7 баллов в сейсмоопасных регионах СССР и ряда других стран мира свидетельствует о прошедшей последней сейсмической активности землетрясений на территории СССР с ее началом в конце 40-х годах и окончании в середине 70-х годов 20 века.

Список литературы

1. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. М.: Академкнига. 2003. 376с.

2. Аптикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. М.: ООО «Наука и образование», 2012. 176 с.

3. Масляев А.В. Основные критерии сейсмозащиты зданий и сооружений при землетрясении //Жилищное строительство. 2008. № 12. С. 24-26.

4. Масляев А.В. Время между первыми толчками землетрясения на Гаите определялось заранее //Жилищное строительство. 2010. № 2. С. 26-27.

5. Сидорин А.Я. Спитакское землетрясение 1988 года и некоторые проблемы инженерной сейсмологии //Вопросы инженерной сейсмологии. 2018. Т. 48. №4. С. 106-118.

6. Аптикаев Ф.Ф., Масляев А.В. Защита жизни и здоровья людей не признаются главной целью при возведении зданий в России // Жилищное строительство. 2010. № 11. С. 58-64. DDI:https://doi.org/10.316659/0044-4472-2019-11-58-64

7. Масляев А.В. Занижение сейсмозащиты зданий с большим числом людей на этапах проектирования, строительства и эксплуатации //Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2012. № 3. С. 31-37.

8. Масляев А.В. Населенные пункты России не защищены от воздействия опасных природных явлений // Жилищное строительство. 2019. № 5. С. 36-42. DDI:https://doi.org/10.316559/0044-4472-2019-5-36-42.

9. Айзенберг Я.М. Сооружения с выключаящимися связями для сейсмических районов М.: Стройиздат.1976. 229с.

10. Ананьин И.В. Влияние многократности сейсмических воздействий на степень повреждения зданий // Источники и воздействие разрушительных сейсмических колебаний. Вопросы инженерной сейсмологии: М.: АН СССР. Инт-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта. 1990. Вып. 31. С. 142-148.

11. Масляев А.В. Сейсмостойкость зданий с учетом повторных сильных толчков при землетрясении //Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 3. С. 45-47.

12. Корчинский И.Л., Бородин Л.А., Гроссман.Б.А. и др. Сейсмостойкое строительство здания М.: «Высшая школа». 1971. 320с.

13. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий М.: «Высшая школа». 1969. 336с.

14. Масляев А.В. Критерии для определения уровня повышенной ответственности сейсмостойких зданий и сооружений с большим числом людей //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011. № 5. С. 35- 38.

15. Масляев А.В. Авторская парадигма строительной системы России //Жилищное строительство. 2020. № 1-2. С. 65-71. DDI:https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-1-2 -65-71.

16. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Издательство «Наука». 1977. 536 с.

References

1. Arefiev S.S. Epicenter seismological studies. M: Academicbook. 2003. 376 p.

2. Aptikaev F.F. Instrumental scale of seismic intensity. M.: LLC "Science and Education", 2012. 176 p.

3. Maslyayev A.V. Core criteria of seismoprotection of buildings and construction at earthquake // Zhilishchnoe Stroitelstvo [Housing Construction]. 2008. No. 12. pp. 24-26.(in Russian).

4. Maslyayev A.V. Time between the first pushes of earthquake to Haiti it was defined in advance // Zhilishchnoe Stroitelstvo [Housing Construction]. 2010. No. 2. pp. 26-27.(in Russian).

5. Sidorin A.Ya. 1988 Spitalk earthquake and some problems of engineering seismology // Voprosy inzhenernoi seismologii. 2018. Vol. 45. No. 4. pp. 106-118. (in Russian).

6. Aptikaev F.F., Maslyayev A.V. Protection of life and health of people is not recognized as the main goal in the construction of buildings in Russia // Zhilishchnoe Stroitelstvo [Housing Construction]. 2010. No. 11. P. 58-64. (in Russian) DDI: https://doi.org/10.316659/0044-4472-2019-11-58-64

7. Maslyayev A.V. Underestimation of the seismic protection of buildings with a large number of people at the design, construction and operation stages // Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost sooruzhenii. 2012. No. 3. pp. 31-37. (in Russian).

8. Maslyayev A.V. Russian settlements are not protected against the impact of natural hazards // Zhilishchnoe Stroitelstvo [Housing Construction]. 2019.No 5. pp. 36-42. (in Russian). DDI: https://doi.org/10.316559/0044-4472-2019-5-36-42.

9. Eisenberg Y.M. Off-line facilities for seismic areas M.: Stroyizdat. 1976. 229p.

10. Ananyin I.V. Influence of recurrence of seismic influences on a damage rate of buildings. Istochniki i vozdeistvie razrushitelnykh kolebaniy. Voprosy inzhenernoi seismologii.M.: AN SSSR. Institut fiziki Zemli im. O. Yu. Shmidta. 1990. V. 31.pp.142-148. (in Russian).

11. Maslyayev A.V. Seismic stability of buildings taking into account repeated strong pushes at earthquake // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2008. No. 3. pp. 45-47. (in Russian).

12. Korchinsky I.L., Borodin L.A., Grossman.B.A. Earthquake-resistant construction of the building M.: Higher School. 1971. 320 p.

13. Polyakov S.V. Earthquake-resistant construction of buildings M.: Higher School. 1969. 336 p.

14. Maslyayev A.V. Criteria for determining the level of increased responsibility of earthquake-resistant buildings and structures with a large number of people //Seismostoikoe stroitelstvo. Bezopasnost sooruzhenii. 2011. No 5. pp. 35-38. (in Russian).

15. Maslyayev A.V. The author's paradigm of Russian the construction system // Zhilishchnoe Stroitelstvo [Housing Construction]. 2020. No. 1-2. Pp.

C. 65-71. (in Russian). DDI:https://doi.org/10.31659/0044-4472-2020-1-2-65-71.

16. A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975. M.: Publishing House "Science". 1977.536 p.

Автор статьи: Масляев Александр Викторович, кандидат технических наук, эксперт федерального уровня в области сейсмостойкого

строительства, свидетельство № 08-07495, выданного 28.03. 2019 г. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, г. Москва, научный сотрудник хозрасчетной научно-исследовательской сейсмической лаборатории в г. Волгограде; дом. адрес: 400074, Волгоград, ул. Иркутская д.2 кв. 36

тел. сл. +7 (8442) 43-98-87; +7902-657-20-56;

УДК 681.5.015

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСА ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТЕНДА-ТРЕНАЖЕРА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Шолохов Д.О.

кандидат технических наук,
специалист научно-образовательного центра
«Интеллектуальные системы»,
Московский Государственный Технический Университет
им. Н. Э. Баумана,
Россия, Москва

Пролетарский А.В.

доктор технических наук, декан факультета
«Информатика и системы управления»,
Московский Государственный Технический Университет
им. Н. Э. Баумана,
Россия, Москва

Неусыпин К.А.

доктор технических наук, профессор кафедры
«Системы автоматического управления»,
Московский Государственный Технический Университет
им. Н. Э. Баумана,

Россия, Москва

Лукьянова Н.В.

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Системы автоматического управления»,
Московский Государственный Технический Университет
им. Н. Э. Баумана,
Россия, Москва

DOI: [10.31618/asj.2707-9864.2020.1.38.9](https://doi.org/10.31618/asj.2707-9864.2020.1.38.9)

Аннотация. Обсуждаются методы решения задач идентификации динамических объектов с использованием математических моделей исследуемых процессов. Уточнение структуры и параметров моделей систем производится с использованием алгоритмов построения моделей. Разработан алгоритм идентификации, построенный на основе метода группового учета аргументов в котором сформирован ансамбль критериев селекции. Предложен критерий простоты модели, который позволяет строить компактные модели исследуемых процессов. Эффективность разработанного алгоритма продемонстрирована на примере задачи формирования базы данных моделей погрешностей навигационных систем для кабины-тренажера летательного аппарата. Представлены результаты математического моделирования и полунатурного моделирования с серийной инерциальной навигационной системой Ц060. Анализ результатов моделирования нейросети Вольтерра и разработанного алгоритма показал преимущество предложенного алгоритма

Ключевые слова: идентификация динамических объектов; математическое моделирование; полунатурное моделирование; алгоритм самоорганизации; метод группового учета аргументов; ансамбль критериев селекции; критерий простоты модели.

Введение. Решение задач управления динамическими объектами предполагает использование математической модели исследуемого процесса. Математические модели, полученные на основе физических или каких-либо других законов, в практических приложениях, как правило, не всегда точно отражают исследуемые

процессы. Поэтому для уточнения структуры и параметров математической модели применяются различные алгоритмы идентификации и алгоритмы построения моделей [1,2,3]. Алгоритмы построения моделей позволяют получить высокоточные математические модели исследуемых объектов, однако их использование для управления