

Гурьев В. В., д-р техн. наук, проф.,  
Дорофеев В. М., канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.,  
Акбиев Р. Т., канд. техн. наук  
(ФБГУ «ЦНИИП Минстроя России», г. Москва)

## О РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ НА СЕЙСМИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Для снижения социального и экономического ущерба от сильных землетрясений за счет реализации превентивных строительных мероприятий по своевременному усилению зданий и сооружений с дефицитом сейсмостойкости необходим прогноз их последствий, что может быть обеспечено созданием Единой цифровой системы постоянного эксплуатационного инженерно-сейсмометрического мониторинга и контроля сейсмостойкости объектов жилищного фонда на сейсмических территориях Российской Федерации (ЕЦСЭМ). В статье обсуждаются вопросы разработки информационной системы ЕЦСЭМ, в том числе ее инфологической модели.*

*Ключевые слова: землетрясения, эксплуатационный мониторинг, застройка городов, информационная система, инфологическая модель*

Нормативно-правовой основой создания Единой цифровой системы постоянного эксплуатационного инженерно-сейсмометрического мониторинга и контроля сейсмостойкости объектов жилищного фонда на сейсмических территориях Российской Федерации Минстроя России (ЕЦСЭМ) являются целевые показатели и задачи: устойчивое сокращение непригодного для проживания жилищного фонда [1, пункт 4г], достижение к 2030 году «цифровой зрелости» государственного и муниципального управления, ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, предполагающей автоматизацию большей части транзакций в рамках единых отраслевых цифровых платформ и модели управления на основе данных с учетом ускоренного внедрения технологий обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [1, пункт 8а], формирование рынка данных, их активное вовлечение в хозяйственный оборот, хранение, обмен и защита [1, пункт 8б]; перечень важнейших наукоемких технологий [2, пункты 16, 19, 25]; предложения об определении критериев, на основании

которых признаются аварийными и подлежащими сносу многоквартирные дома, в случае если их сейсмостойкость не отвечает установленным требованиям, а также критериев, на основании которых признаются непригодными для проживания жилые помещения, расположенные в таких домах (исходя из необходимости соблюдения требований к безопасности зданий и сооружений) [3, пункт 1а]; Стратегическое направление в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года [4]; и полномочия Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации по мониторингу и анализу состояния жилищной сферы в субъектах Российской Федерации [5, пункт 5, подпункт 5.4.29] и мониторингу использования жилищного фонда и обеспечения его сохранности [5, пункт 5, подпункт 5.4.37].

Основными целями функционирования ЕЦСЭМ являются:

– обеспечение органов государственной власти прогностической информацией о степени разрушаемости строительных объектов на основе релевантных данных

инженерно-сейсмометрических станций, расположенных на зданиях городской застройки субъектов Российской Федерации в регионах с природной и техногенной сейсмичностью;

– обеспечение в режиме реального времени постоянного контроля сейсмостойкости объектов жилищной сферы с целью предотвращения их перехода в ограниченно-работоспособное и аварийное состояние;

– подготовка предложений по превентивным строительным мероприятиям сохранения жилищного фонда сейсмических территорий Российской Федерации на основе информации ЕЦСЭМ, включая ранжирование многоквартирных домов (МКД) в рамках существующих адресных перечней зданий в субъектах РФ по степени их сейсмической безопасности с разделением по группам: 1) подлежащие сносу и расселению, 2) подлежащие антисейсмическому усилению в рамках реновации и капремонта без отселения и с отселением, 3) подлежащие дополнительному наблюдению (для уточнения состояния и обеспечения безопасности);

– оперативный сбор и доведение информации о последствиях сильных зем-

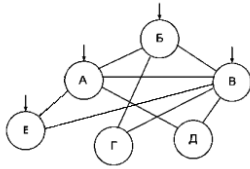


Рисунок 1 – Граф структуры модели информационной системы мониторинга состояния зданий и сооружений существующей застройки города

летрясения на территории Российской Федерации до органов государственной власти, включая установление на основе данных ЕЦСЭМ и действующей шкалы макросейсмической интенсивности силы этих землетрясений, а также выделение в пределах исследуемых территорий (городов, поселений) границ зон инженерно-сейсмологических отклонений от фоновой сейсмичности;

– подготовка предложений по снижению последствий сильных землетрясений, восстановлению, сейсмоусилению и сохранению объектов жилищной сферы на урбанизированных территориях Российской Федерации, включая обобщение и анализ результатов инженерно-сейсмологических изысканий и данных инженерно-сейсмометрических наблюдений за зданиями для картирования и зонирования природно-техногенных опасностей – основы и исходных данных для оценки сейсмического риска;

– обеспечение научных организаций, занимающихся вопросами сейсмостойкого строительства в Российской Федерации, инструментальной информацией о поведении зданий, сооружений и прилегающего грунта при реальных землетрясениях для совершенствования методов нормативного расчета и проектирования зданий и сооружений на сейсмостойкость.

Структурно ЕЦСЭМ формируется в виде системы федерального уровня, уровня федерального округа и уровня субъекта федерации с сетью цифровых инженерно-сейсмометрических станций (ЦИСС), размещенной в городах субъектов Российской Федерации и обеспечивающих сбор первичной информации ЕЦСЭМ и единой информационной системой ЕЦСЭМ, обеспечивающей хранение и анализ информации ЕЦСЭМ.

Единая информационная система ЕЦСЭМ должна представлять собой информационную систему с распределенными базами данных, территориально распо-

ложенными и формируемыми в субъектах федерации на основе определения классов сейсмостойкости зданий в городах субъектов федерации, определения сейсмической опасности для этих зданий, информации сети ЦИСС этих городов. Информация единой информационной системы ЕЦСЭМ должна быть доступна работникам ЕЦСЭМ: региональным операторам – информация, полученная для субъекта Российской Федерации; операторам федеральных округов – информация, полученная для федерального округа; федеральному оператору – вся информация ЕЦСЭМ. Все заинтересованные организации и ведомства информацию ЕЦСЭМ, хранящуюся в единой информационной системе ЕЦСЭМ, могут получить по запросу у федерального оператора. Обмен информацией между информационными системами ЕЦСЭМ и ЕГС РАН должен осуществляться по специально устанавливаемому протоколу.

Первичной основой единой информационной системы ЕЦСЭМ являются информационные системы уровня субъекта Российской Федерации, основанные на информационных системах городов входящих в этот субъект Российской Федерации и обсуждавшиеся, например, в работах [6], [7].

В рамках эпидемиологической модели [8] электронные базы информационных систем городов, как отмечалось в указанных выше работах, могут быть представлены в виде пяти информационных множеств: **А** – паспорта (содержит информацию о зданиях и сооружениях города, включая информацию о сейсмической опасности для них и их уязвимости), **Б** – станции (содержит информацию об инженерно-сейсмометрических станциях города), **В** – землетрясения (содержит информацию о землетрясениях, произошедших в городе), **Г** – записи (содержит информацию о записях колебаний конструкций и грунта, полученных в городе при землетрясениях), **Д** – описания повреждений после произошедшего землетрясения (содержит информацию о повреждениях зданий и сооружений города, перенесших землетрясения).

Учитывая тот факт, что сейсмическая опасность для зданий и сооружений города может меняться как и класс сейсмостойкости этих зданий и сооружений целесообразно использовать еще одно информационное множество **Е** – очаги, которое содержало бы информацию об очаговых зонах землетрясений (зоны ВОЗ), из которых возникает опасность достиже-

ния землетрясениями макросейсмической интенсивности (по шкале МСК-64) 6 баллов и выше. Такая информация могла бы быть эффективно использована для прогноза последствий землетрясений, например по методике [9], с целью снижения уровня потерь таких последствий за счет превентивных строительных мероприятий по своевременному снижению дефицита сейсмостойкости зданий застройки города.

Атрибутами такого информационного множества **Е** являются следующие параметры, представленные в таблице 1.

Отношения между информационными множествами **А** и **Б**, а также **А** и **Д** находятся в соответствии 1:1, между **А** и **В**, **Б** и **В**, **А** и **Е** – в соответствии **М: К**, между **Б** и **Г**, **В** и **Г**, **Е** и **В**, **В** и **Д** – в соответствии 1: **М**. Здесь соответствия 1:1, 1: **М** и **М: К** имеют следующий смысл. Отношение между множествами **X** и **Y** можно рассматривать как два отображения: **F<sub>X</sub>: X→Y** и **F<sub>Y</sub>: Y→X**. Тогда объекты множества **X** и **Y** находятся в отношении 1: **М**, если одно из отображений, **F<sub>X</sub>** или **F<sub>Y</sub>**, функционально (если оба отображения функциональны, то объекты множества **X** и **Y** находятся в отношении 1:1). Эти объекты находятся в отношении **М: К**, если ни одно из отображений не функционально, т.е. для каждого объекта **X** найдется много объектов **Y** и наоборот.

Сбор информации и ведение информационной системы ЕЦСЭМ на уровне субъекта Российской Федерации включает организацию работ по определению класса сейсмостойкости зданий и сооружений [10] городов субъекта Российской Федерации, ввод информации от сетей ЦИСС городов субъекта Российской Федерации в единую информационную систему ЕЦСЭМ.

Для реализации задач обеспечения органов государственной власти прогностической информацией о степени разрушаемости строительных объектов, расположенных на урбанизированных сейсмических территориях Российской Федерации и подготовки предложений по превентивным строительным мероприятиям сохранения жилищного фонда сейсмических территорий Российской Федерации на основе информации ЕЦСЭМ может использоваться методика [9]. С использованием информации множества **Е** – очаги, содержащего информацию об очаговых зонах землетрясений (зоны ВОЗ), из которых возникает опасность достижения землетрясениями макросейсмической интенсивности (по шкале МСК-64) 6 бал-

Таблица 1

Обозначение атрибута	Описание атрибута	Область значений атрибута
E1	Условное название зоны ВОЗ	Текст
E2	Удаленность от города	Четырехразрядное число, км
E3	Максимальная магнитуда землетрясения этой зоны ВОЗ, которая использовалась при составлении карт ОСР	Число вида _..
E4	Минимальная магнитуда землетрясения, которая может вызвать в городе сотрясения в 6 баллов по шкале МСК-64	Число вида _..
E5	Глубина очага землетрясения этой зоны ВОЗ, которая использовалась в атрибуте E3	Четырехразрядное число, км
E6	Глубина очага землетрясения этой зоны ВОЗ, которая использовалась в атрибуте E4	Четырехразрядное число, км
E6	Машинные номера землетрясений из множества В, которые относятся с этой зоне ВОЗ	Соответствует обозначениям атрибута В3 множества В
E7	Преобладающий частотный состав землетрясений этой очаговой зоны	Сочетание чисел вида М-Н, где М нижнее значение в Гц частоты (трехразрядное целое число), Н верхнее значение в Гц частоты (трехразрядное целое число)
E8	Преобладающая длительность землетрясений этой очаговой зоны	Двухразрядное целое число, с
E9	Прочие особенности зоны ВОЗ	Текст

лов и выше, можно рассчитать последствия любого землетрясения из какой-либо зоны ВОЗ, являющейся элементом множества E и глубина которого находится между значениями атрибутов E5 и E6, а магнитуда соответствует величине больше значения атрибута E4 и меньше значения атрибута E3. Таким образом можно достаточно просто спрогнозировать последствия землетрясений меньшей интенсивности чем это определено картами общего сейсмического районирования (ОСР), которые как правило реализуются чаще землетрясения прогнозируемого картами ОСР. При этом при прогнозе последствий землетрясений возможен учет как диапазон преобладающих частот, так и продолжительность колебаний, свойственные той или иной зоны ВОЗ. Сравнение же прогнозируемых последствий землетрясений с результата-

ми обследования последствий реальных землетрясений в соответствии с [11] позволяет совершенствовать методику такого прогноза, при чем значительно быстрее на основе более часто происходящих землетрясений меньшей интенсивности.

#### Библиография

1. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»
2. Указ Президента Российской Федерации от 18 июня 2024 г. № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий»
3. Перечень поручений по итогам совещания по вопросам долгосрочного

- социально-экономического развития Петропавловск-Камчатского городского округа (утв. Президентом Российской Федерации от 7 октября 2022 г. № Пр-1883)
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2021 г. 3883-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года»
  5. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1038 «О Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации»
  6. Гурьев В.В., Дорوفеев В.М. О проблемах нормирования безопасности застроенных территорий в сейсмических районах. // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году: Сб. науч. тр. РААСН. – М.: АСВ. 2020. С. 157–178.
  7. Гурьев В.В., Дорوفеев В.М., Акбиев Р.Т., Булькин В.И. О критериях дефицита сейсмостойкости при эксплуатации объектов жилищного фонда на сейсмически активных территориях. // Жилищное строительство. 2023. №3. С. 50–61. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-3-50-61>.
  8. Круташов В.В. Базы данных: большие и малые, простые и сложные системы. – М: Сов. Радио. 1980. 51 с.
  9. Дорوفеев В.М., Денисов А.С. Прогноз последствий сильных землетрясений. // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2019. №1. С. 28–31.
  10. СП 442.1325800.2019 Здания и сооружения. Оценка класса сейсмостойкости
  11. СП 322.1325800.2017 Здания и сооружения в сейсмических районах. Правила обследования последствий землетрясения

eng

Guryev V. V., Dorofeev V. M., Akbiev R. T.

## ON THE DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR A DIGITAL PLATFORM FOR MANAGING THE SAFETY OF URBAN DEVELOPMENT IN THE SEISMIC TERRITORIES OF THE RUSSIAN FEDERATION

In order to reduce social and economic damage from strong earthquakes through the implementation of preventive construction measures for the timely strengthening of buildings and structures with a shortage of seismic resistance, a forecast of their consequences is necessary, which can be ensured by the creation of a unified digital System for permanent operational engineering seismometric monitoring and control of seismic resistance of housing stock facilities in the seismic territories of the Russian Federation (ECSEM). The article discusses the development of the ECSEM information system, including its infological model.

Keywords: earthquakes, operational monitoring, urban development, information system, infological model

## References

1. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 7 maya 2024 g. № 309 «O nacional'nyh celyah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda» (in Russian)
2. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 18 iyunya 2024 g. № 529 «Ob utverzhdenii prioritetnyh napravlenij nauchno-tehnologicheskogo razvitiya i perechnya vazhnejshih naukoemkih tekhnologij» (in Russian)
3. Perechen» poruchenij po itogam soveshchaniya po voprosam dolgosrochnogo social'no-ekonomicheskogo razvitiya Petropavlovsk-Kamchatskogo gorodskogo okruga (utv. Prezidentom Rossijskoj Federacii ot 7 oktyabrya 2022 g. № Pr-1883) (in Russian)
4. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 dekabrya 2021 g. 3883-r «Ob utverzhdenii strategicheskogo napravleniya v oblasti cifrovoj transformacii stroitel'noj otrasli, gorodskogo i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii do 2030 goda» (in Russian)
5. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 18 noyabrya 2013 g. № 1038 «O Ministerstve stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii» (in Russian)
6. Gur'ev V. V., Dorofeev V.M. O problemah normirovaniya bezopasnosti zastroennyh territorij v seismicheskikh rajonah./Fundamental'nye, poiskovyie i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2019 godu: Sb. nauch. tr. RAASN. – M.: ASV. 2020. Pp. 157–178. (in Russian)
7. Gur'ev V. V., Dorofeev V.M., Akbiev R. T., Bulykin V.I. O kriteriyah deficita sejsmostojkosti pri ekspluatacii ob'ektov zhilishchnogo fonda na seismicheski aktivnyh territoriyah. // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2023. № 3. Pp. 50–61. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2023-3-50-61>. (in Russian)
8. Krutashov V.V. Bazy dannyh: bol'shie i malye, prostye i slozhnye sistemy. – M.: Sov. Radio. 1980. 51 p. (in Russian)
9. Dorofeev V.M., Denisov A.S. Prognoz posledstvij sil'nyh zemletryasenij. // Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenij. 2019. № 1. Pp. 28–31. (in Russian)
10. SP 442.1325800.2019 Zdaniya i sooruzheniya. Ocenka klassa sejsmostojkosti (in Russian)
11. SP 322.1325800.2017 Zdaniya i sooruzheniya v seismicheskikh rajonah. Pravila obsledovaniya posledstvij zemletryaseniya (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). Подписи обязательны и могут быть приведены в конце текстового блока статьи. Обозначения по осям графиков и внутрисуточные надписи должны быть четкими и хорошо читаемые. 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 разделитель) – запятая, знак «минус» – короткое тире, знак умножения – × (не х), 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-ntp@mail.ru](mailto:ntd-ntp@mail.ru)

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