

Гурьев В. В., д-р техн. наук, проф.,
Акбиев Р. Т., канд. техн. наук
(ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», г. Москва),
Гранев В. В., д-р техн. наук, проф.,
Лысов Д. А., канд. техн. наук
(АО «ЦНИИПромзданий», г. Москва),
Дорофеев В. М., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.
(ООО СНТП «Профинж», г. Москва)

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЙСМООПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Работа посвящена проблемам обеспечения комплексной безопасности и контроля технического состояния зданий и сооружений в период эксплуатации как основы и одного из важных элементов, необходимых для обеспечения необходимых условий для комплексного устойчивого развития сейсмоопасных территорий. Рассмотрены различные нормативные, организационно-методические и технические аспекты организации такого контроля на национальном уровне, обозначены вопросы, возникающие в данной сфере деятельности, сформулированы предложения по их решению. Приведены конкретные технические решения по устройству наблюдательных станций, которые можно использовать для устройства на зданиях и сооружениях, в том числе при восстановлении национальной системы инженерно-сейсмометрических наблюдений.

Ключевые слова: безопасность, градостроительная деятельность, здания, измерения (измеритель) низкочастотных сейсмических колебаний (ИНСК), инженерно-сейсмометрическая станция (ИСС), контроль, мониторинг, объект капитального строительства, техническое состояние, сейсмическая безопасность, система инженерно-сейсмометрических наблюдений СИСН

Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [1] выдвигает одним из главных требований к проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений обеспечение защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества. Статья 9 закона [1] определяет среди прочих требование по обеспечению безопасности при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях, которое корреспондируется со статьей 7 и аналогичными требованиями по обеспечению механической безопасности (конструктивной надежности, сейсмостойкости) объектов капитального строительства (далее – комплексная безопасность).

Обозначенные статьи закона [1] и соответствующие им требования по комплексной безопасности напрямую относятся к сейсмически опасным районам страны, которые по разным оценкам

занимают площадь от 25% до 35% территории Российской Федерации.

Отметим несколько аспектов и методов реализации данной проблемы.

1. Зонирование территорий, подверженных землетрясениям отражается на картах общего сейсмического районирования (ОСР), т. е. федерального уровня, с приложением соответствующих перечней населенных пунктов [2]. Состав, надежность и методы разработки таких карт не регламентируются никакими нормативно-техническими документами, в то время как зонирование отдельных субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и площадных объектов осуществляется на основе карт детального сейсмического районирования (ДСР), карт сейсмического микрорайонирования (СМР), правила создания которых определены в [3]–[5].

В [6] содержатся предложения авторов по совершенствованию таких карт и правил, включая изменение их названия

на «карты сейсмического зонирования» (соответственно, ОСЗ, ДСЗ и СМЗ).

2. Для понимания актуальности и масштабов проблемы, связанной с обеспечением сейсмической безопасности объектов и территорий страны приведем некоторые данные из работы [7].

- Проблема одновременно защиты от землетрясений, иных явлений природного и природно-техногенного характера актуальна для всех восьми федеральных округов; для четырех из них (СКФО, ЮФО, СФО, ДФО) проблема снижения сейсмического риска является определяющей.

- Из 146 крупнейших и крупных агломераций Российской Федерации 62 находятся в сейсмических районах, а 25 из них на территориях повышенной опасности (8 и более баллов по шкале MSK-64).

- Согласно статистическим данным по состоянию на 1 января 2020 года, в России насчитывалось 2341 муниципальное образование верхнего уровня, в т. ч. 1673

муниципальных района, 635 городских округов и 33 муниципальных округа. По некоторым оценкам как минимум 550 из них находятся в зоне повышенного сейсмического риска.

Безопасность жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества в этих зонах обеспечивается специальными методами проектирования сейсмостойких зданий и сооружений, а также контролем комплексной безопасности, частью которого является мониторинг (оценка) технического состояния зданий и сооружений при их эксплуатации.

3. Принципы и накопленный опыт организации контроля и комплексной безопасности (технического состояния) объектов капитального строительства, в том числе и для сейсмических районов страны описаны в работах [8]-[11]. Соответствующие результаты такого контроля являются основой для дальнейшего анализа в рамках методологии оценки и выявления территорий повышенного риска урбанизированных территорий, разработанной и внедренной специалистами ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России». Исследования, касающиеся данного вопроса подробно описаны в источниках, перечисленных в работе [7].

4. В работе [9] отмечено, что для систематизации и дальнейшего развития нормативно-технической базы по обеспечению комплексной безопасности на этапе эксплуатации объектов (существующей застройки населенных пунктов или территорий), в том числе на особых территориях (сейсмических, с вечномерзлыми грунтами, подрабатываемых, подтопленных, цунами опасных и др.) отсутствует нормативная база. В связи с этим, очевидна необходимость скорейшей разработки и внедрения ряда нормативных документов, касающихся:

- зонирования как территории страны в целом, так и территорий отдельных субъектов Российской Федерации и (или) населенных пунктов с целью получения исходной информации, требуемой для качественного анализа с целью комплексного устойчивого развития территорий. Результатом такой работы должны стать, например, карты ОСЗ (ДСЗ, СМЗ) [6], карты оттаивания вечномерзлых грунтов для населенных пунктов арктической зоны страны и др.; карты застройки территорий с обозначением региональных особенностей (внешних воздействий,

грунтов и пр.), а карт «уязвимости» объектов к воздействию землетрясений и их последствий на основе паспортизации;

- развертывания и организации деятельности систем мониторинга технического состояния существующей застройки населенных пунктов с целью паспортизации, т.е. своевременного выявления зданий и сооружений, требующих первоочередного выполнения превентивных мероприятий для обеспечения их эксплуатационной безопасности; систем прогноза последствий;

- вопросов накопления, реконструкции (ремонта) или ликвидации строений, наиболее уязвимых к воздействию землетрясений (ветхих и аварийных воздействий).

5. Возникает необходимость цифровой трансформации градостроительной деятельности путем создания и внедрения соответствующих информационных систем, формирование и организация которых на муниципальном, региональном и федеральном уровнях, в контексте обозначенных выше проблем, также не регламентируется каким-либо нормативно-техническим документом. Предложения, которые могли бы стать основой документа такого рода, представлены, например, в [10], [12].

6. Важным для обеспечения комплексной безопасности объектов и территорий является прогноз последствий сильных землетрясений и вторичных воздействий. Прогноз рисков, связанных с такими воздействиями, является источником получения достоверной информации для осуществления комплекса превентивных градостроительных мероприятий, в том числе по реконструкции территорий, развитию соответствующей транспортной и инженерной инфраструктуры, а также по сносу, усилению зданий и сооружений, обладающих недостаточной сейсмостойкостью.

Представляется, что решению проблемы поможет разработка и внедрение нормативно-технического документа (свода правил) СП «Градостроительная деятельность в сейсмических зонах. Основные положения», где кроме всего прочего устанавливаются «правила представления прогноза последствий землетрясений», регламентирующие организацию и порядок осуществления такого прогноза. Документ такого рода в национальной системе технического регулирования и стандартизации также отсутствует.

В случае разработки, за его основу



Рисунок 1 – Внешний вид ИНСК – трехкомпонентного цифрового акселерометра измерения низкочастотных сейсмических колебаний

могли бы быть приняты, например, положения ГОСТ 31937-2011 [13], базирующиеся на действующем своде правил СП 442.1325800.2019 [14], которые следует проанализировать, упорядочить с учетом современных требований и далее развивать.

7. Источником инструментальных данных, используемых в качестве исходных в рамках информационных систем и мониторинга комплексной безопасности существующей застройки населенных пунктов сейсмических территорий [14] наравне с автоматизированными станциями мониторинга технического состояния строительных объектов и станциями службы сильных движений Единой геофизической службы Российской академии наук (Федеральный исследовательский центр «ЕГС РАН») являются инженерно-сейсмометрические станции (ИИС), установленные на зданиях и сооружениях.

Основопологающим документом в этой области является СП 14.13330.2018 [2], где определены правила установки автоматизированных систем (станций) мониторинга технического состояния объектов в соответствии, а также ИИС для наблюдений за динамическим поведением конструкций и прилегающих грунтов в соответствии с [14]-[17]. При этом, допускается объединение ИИС с автоматизированными системами (станциями) мониторинга технического состояния в единые измерительные комплексы.

8. Основные способы и системы постановки наблюдений (мониторинг) технического состояния объектов и ИИС представлены в [18]. На момент распада СССР станции инженерно-сейсмометрических наблюдений (СИСН) были установлены на 125 объектах в различных регионах (Камчатка, Сибирь, Краснодарский край, Северный Кавказ и др.), кото-



Рисунок 2 – Футбольные стадионы, построенные к чемпионату мира по футболу-2018 в городах Ростове-на-Дону (а) и Калининграде (б)

рые были объединены в рамках единой службы.

Тем не менее, опыт США, Японии, Китая, Казахстана, Таджикистана, других государств – участников СНГ показывает, что именно станции СИСН являются скрепами национальной системы обеспечения комплексной безопасности строительных объектов, т.е. задача восстановления и организации деятельности такой системы в Российской Федерации является одной из первоочередных.

Для решения данной задачи необходимо принять соответствующие решения по ряду базовых моментов на высшем государственном уровне. Одним из важных вопросов данного направления, требующих первоочередного решения, является наличие подведомственной организации Минстроя России и наделение ее полномочиями по координации и организационно-методическому сопровождению деятельности других участников федеральной СИСН, которые представляют собой «силы» и обеспечивают «средства-

ми» функционирование такой системы.

9. В настоящее время ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» совместно с АО «ЦНИИПромзданий» и другими заинтересованными участниками (организации, ученые и эксперты в предметной области) разработали современную концепцию воссоздания на национальном уровне СИСН – инженерно-сейсмометрической службы страны.

Одновременно был создан базовый элемент ИСС – цифровая инженерно-сейсмометрическая станция для стационарного размещения на объектах гражданского и промышленного назначения, в соответствии с федеральным законом [1] и СП 330.1325800.2017 [17]. Данная разработка базируется на комплексных решениях методологического и технического характера, которые отражены в документах, являющихся объектами интеллектуальной собственности [19]-[24].

10. ИИС имеет модульную структуру, позволяющую путем вариации

количества измерительных модулей устанавливать ее на любые по конструктивному типу и размеру здания и сооружения, в том числе линейные объекты.

В состав станции входят базовые модули: средство измерения (измеритель) низкочастотных сейсмических колебаний (ИНСК) с комплектом периферийных устройств; каналы проводной или беспроводной связи с сервером ИСС; устройство согласования и разветвления сигналов (адаптер) до/от ИНСК; сервер ИСС, с возможностями автоматизированного рабочего места.

Измеритель ИНСК представлен на рисунке 1, а его технические параметры приведены в таблице 1. Данный прибор представляет собой цифровой акселерометр, имеющий свидетельство об утверждении типа средства измерений, осуществляет измерение и регистрацию ускорений колебаний объекта и его основания в широком диапазоне частот и амплитуд ускорений.

ИНСК предназначен как для при-

Таблица 1 – Основные технические характеристики ИНСК

Наименование характеристики	Значение
Одновременное измерение по трем взаимно перпендикулярным направлениям (по осям X, Y и Z)	
Диапазон измерения ускорений, м/с ²	от 2·10 ⁻⁴ до 14
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения ускорения на базовой частоте 10 Гц, %	±10
Диапазон рабочих частот, Гц	от 0,5 до 100
Неравномерность амплитудно-частотной характеристики по осям X, Y и Z относительно базовой частоты 10 Гц, дБ от 0,5 до 50 Гц от 50 до 100 Гц	±1 ±3
Диапазон рабочих температур, °С	от -10 до +45
Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерения ускорения в диапазоне рабочих температур, %	±5
Масса, кг, не более	2
Габаритные размеры (длина × высота × ширина), мм, не более	170×160×150

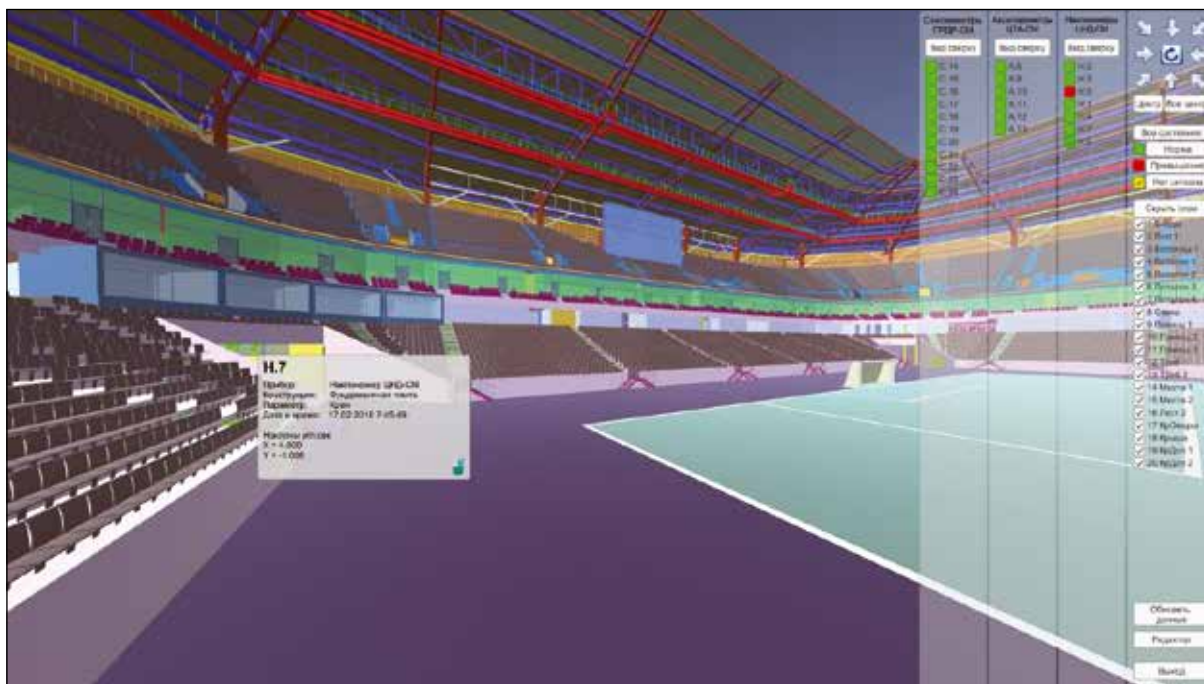


Рисунок 3 – Рабочее окно информационной модели многопараметрических данных технического состояния несущих строительных конструкций стадиона в г. Калининграде

менения в автоматизированных или автоматических многоточечных системах мониторинга строительных объектов, так и в качестве автономного регистратора (ИИС) с возможностью записи «полезных» сигналов в память акселерометра и их дальнейшей перезаписи в персональный компьютер; включает в себя совокупность технических и программных средств, начиная от первичного сенсора (источника информации – сейсмоприемника) и заканчивая программным обеспечением, использующим широкие возможности математической обработки.

Специализированное программное обеспечение при совместном использовании с ИСНК позволяет сформировать банк данных по результатам записей рабо-

ты ИСС – как записей в процессе мониторинга конструкций в период нормальных условий эксплуатации, так и записей в период сейсмических воздействий, до и после землетрясений.

По разработкам АО «ЦНИИПромзданий» с участием специалистов ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» запроектированы и установлены ИСС для мониторинга ряда крупных объектов. В России это футбольные стадионы к чемпионату мира по футболу 2018 г. в городах Ростове-на-Дону и Калининграде (рисунок 2), в государствах – участниках СНГ – Карагандинская ТЭЦ-3 (Казахстан) и Хумо Арена в г. Ташкенте (Узбекистан).

На рисунках 3–5 как пример, представлено соответственно рабочее окно программы, внешний вид и схема устрой-

ства «грунтового» измерительного пункта ИСС описанного выше типа.

11. Инженерно-сейсмометрическая информация имеет огромное значение для развития сейсмостойкого строительства и используется, как основа теоретических разработок по совершенствованию методов расчета сооружений на сейсмические воздействия, в качестве критериев проверки результатов научных исследований и практических разработок в области сейсмостойкого строительства, основание для создания методов лабораторных и полигонных испытаний конструкций на сейсмические воздействия, база для уточнения существующих нормативных положений и инженерной оценки интенсивности землетрясений.

На национальном уровне в масштабах страны назрела необходимость восстановления единой системы инженерно-сейсмометрических наблюдений за колебаниями конструкций зданий и сооружений при землетрясениях (ИСИЧ), включающей организацию сети инженерно-сейсмометрических станций на объектах капитального строительства (ИСС) в различных сейсмических зонах с центром сбора, обработки, систематизации и хранения информации, получаемой при регистрации сейсмических воздействий на объектах капитального строительства, для анализа такой информации и совершенствования на ее основе мето-

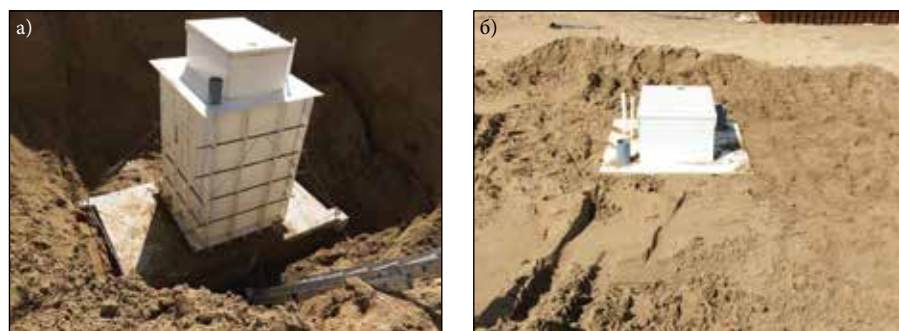


Рисунок 4 – Внешний вид «грунтового» измерительного пункта инженерно-сейсмометрической станции в общем виде (а) и рабочем состоянии (б)

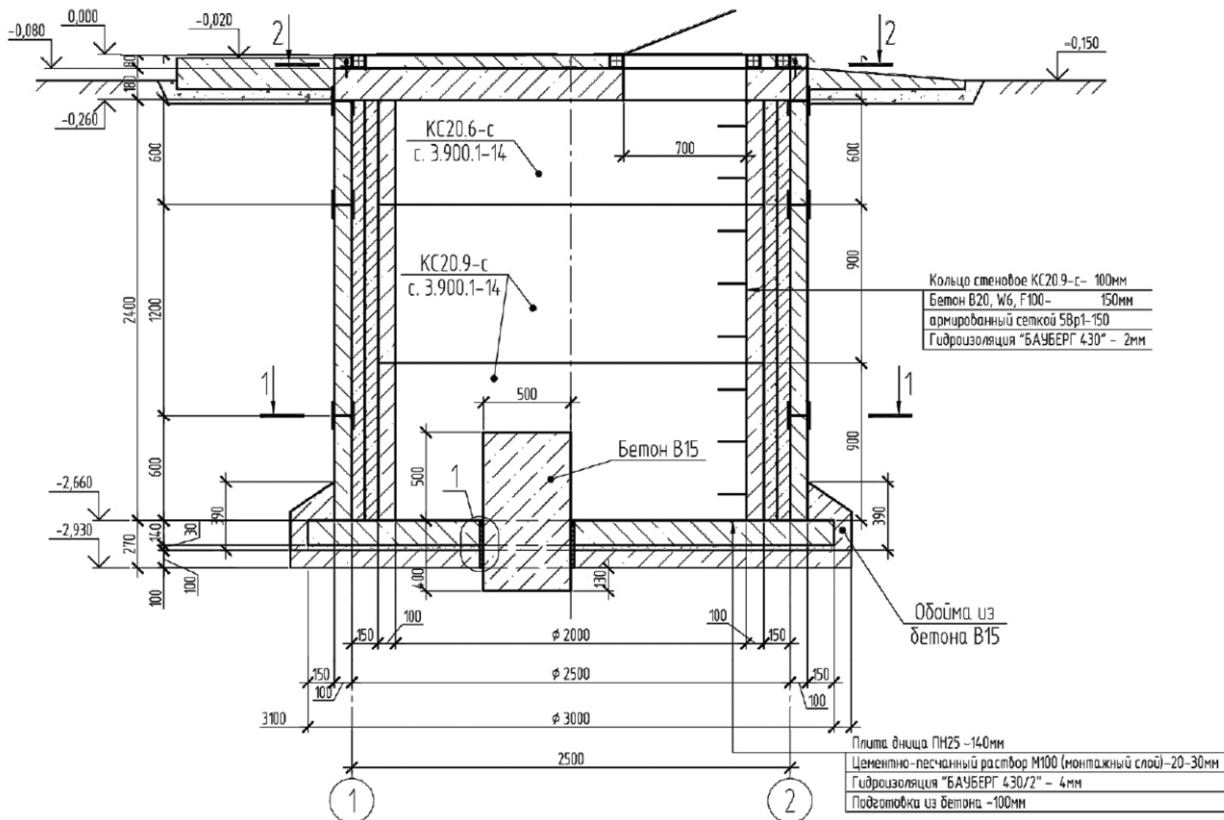


Рисунок 5 – Схема устройства грунтового измерительного пункта инженерно-сейсмометрической станции

дов расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия.

Одной из главных задач и конечной целью использования результатов инженерно-сейсмометрических наблюдений за зданиями и сооружениями является создание на цифровой основе и постоянная актуализация прогностических карт последствий разрушительных землетрясений как основа для принятия управленческих градостроительных решений.

Учитывая вышеизложенное, при понимании проблемы и направлений (методов) ее решения очевидно, что в настоящий момент имеются все основания и соответствующие ресурсы для того, чтобы приступить к восстановлению общероссийской СИСН, концепция формирования функционирования которой будет посвящена отдельная статья.

Библиография

1. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
2. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах»
3. СП 286.1325800.2016 Объекты строительные повышенной ответственности.

Правила детального сейсмического районирования

4. СП 408.1325800.2018 Детальное сейсмическое районирование и сейсмомикро-районирование для территориального планирования
5. СП 283.1325800.2016 Объекты строительные повышенной ответственности.

Правила сейсмического микрорайонирования

6. Акбиев Р.Т., Заалишвили В.Б. К вопросу о разработке современных карт общего сейсмического зонирования территории Российской Федерации. // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений.* 2021. №4. С. 19-30.
7. Вильнер М.Я., Акбиев Р.Т., Морозова Т.В. О роли агломерационных процессов расселения в организации обустройства сейсмоопасных территорий в Российской Федерации. // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений.* 2021. №4. С. 31-36.

8. Травуш В.И., Гурьев В.В., Дмитриев А.Н., Дорофеев В.М., Волков Ю.С. О концепции развития нормативно-технической базы строительных объектов в период их эксплуатации. // *Academia. Архитектура и строительство.* 2020. №4. С. 111-123.

9. Гурьев В.В., Дорофеев В.М., Лысов Д.А., Акбиев Р.Т., Основы мониторинга строительных объектов с использованием анализа изменения их динамических параметров. // *Academia. Архитектура и строительство.* 2021. №3. С. 89-100.

10. Гурьев В. В., Дорофеев 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.*

11. Гурьев В. В., Гранев В.В., Дмитриев А.Н., Дорофеев В.М., Келасьев Н.Г., Лысов Д.А. Опыт применения автоматизированных станций мониторинга на уникальных строительных объектах. // *ПГС.* 2021. № 12. С. 6-12.
12. Дорофеев В.М., Денисов А.С. Прогноз последствий сильных землетрясений. // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений.* 2019. №1. С. 28-31.

13. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

14. СП 442.1325800.2019 Здания и сооружения. Оценка класса сейсмостойкости
15. ГОСТ 34081-2017 Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний
16. ГОСТ 32019-2012 Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Правила проектирования и установки стационарных систем (станций) мониторинга
17. СП 330.1325800.2017 Здания и сооружения в сейсмических районах. Правила проектирования инженерно-сейсмических станций
18. Инженерно-сейсмическая служба СССР./Под ред. Э.Е. Хачияна. – М: Наука. 1987. 95 с.
19. Григорьев Ю. П., Гурьев В. В., Дмитри-

- ев А. Н., Дорофеев В. М., Стражников А. М., Ройтман А. Г. Станция контроля технического состояния здания или сооружения, его частей, конструкций, элементов конструкций и узлов соединения./Патент РФ №2321836, 2007.
20. Гурьев В. В., Дорофеев В. М., Лысов Д. А., Денисов А. С., Катренко В. Г. Цифровая инженерно-сейсмическая станция с системой мониторинга технического состояния зданий или сооружений./Патент РФ №2654830, 2017.
21. Акбиев Р.Т. Инженерный паспорт для идентификации строительного объекта, отражения его технического содержания в информационных системах обеспечения градостроительной деятельности, оценки уровня энергетической

- эффективности, конструктивной безопасности и уязвимости к внешним воздействиям./Патент РФ №101673, 2011.
22. Гурьев В. В., Дорофеев В. М., Лысов Д. А., Денисов А. С., Катренко В. Г. Способ многоканальной регистрации сейсмических колебаний на инженерно-сейсмической станции./Патент РФ №2654831, 2017.
23. Гурьев В. В., Дорофеев В. М., Лысов Д. А., Денисов А. С., Катренко В. Г. Сейсмический прибор для измерения динамических воздействий при мониторинге технического состояния несущих конструкций зданий и сооружений./Патент №2655462, 2017.
24. Специализированное программное обеспечение «Динамическая цифровая информационная модель». Свидетельство №2021612607.

eng

Guryev V. V., Akbiev R. T., Granev V. V., Lysov D. A., Dorofeev V. M.

DIGITAL TECHNOLOGIES AND SAFETY CONTROL OF CONSTRUCTION FACILITIES FOR INTEGRATED SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE-PRONE TERRITORIES

The work is devoted to the problems of ensuring integrated safety and control of the technical condition of buildings and structures during operation as the basis and one of the important elements necessary to ensure the necessary conditions for the integrated sustainable development of earthquake-prone areas. Various regulatory, organizational, methodological and technical aspects of the organization of such control at the national level are considered, issues arising in this field of activity are identified, proposals for their solution are formed. Specific technical solutions for the installation of observation stations that can be used for installation on buildings and structures, including during the restoration of the national system of engineering seismometric observations, are given.

Keywords: safety, urban planning activity, buildings, measurements (meter) of low-frequency seismic vibrations (INSC), engineering seismometric station (ISS), control, monitoring, capital construction object, technical condition, seismic safety, system of engineering seismometric observations of CISN

References

1. Federalnyy zakon ot 30 dekabrya 2009 g. №384-FZ «Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij» (in Russian)
2. SP 14.13330.2018 «SNiP II-7-81* Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah» (in Russian)
3. SP 286.1325800.2016 Ob'ekty stroitel'nye povyshennoj otvetstvennosti. Pravila detal'nogo sejsmicheskogo rajonirovaniya (in Russian)
4. SP 408.1325800.2018 Detal'noe sejsmicheskoe rajonirovanie i sejsmomikrorajonirovanie dlya territorial'nogo planirovaniya (in Russian)
5. SP 283.1325800.2016 Ob'ekty stroitel'nye povyshennoj otvetstvennosti. Pravila sejsmicheskogo mikrorajonirovaniya (in Russian)
6. Akbiev R. T., Zaalishvili V. B. K voprosu o

- razrabotke sovremennykh kart obshchego sejsmicheskogo zonirovaniya territorii Rossijskoj Federacii. // Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenij. 2021. №4. Pp. 19-30. (in Russian)
7. Vil'ner M. YA., Akbiev R. T., Morozova T. V. O roli aglomeracionnykh processov rasseleniya v organizacii obustrojstva sejsmoopasnykh territorij v Rossijskoj Federacii. // Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenij. 2021. №4. Pp. 31-36. (in Russian)
8. Travush V. I., Gur'ev V. V., Dmitriev A. N., Dorofeev V. M., Volkov YU. S. O koncepcii razvitiya normativno-tekhnicheskoy bazy stroitel'nykh ob'ektov v period ih ekspluatatsii. // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. 2020. №4. Pp. 111-123. (in Russian)
9. Gur'ev V. V., Dorofeev V. M., Lysov D. A.,

- Akbiev R. T., Osnovy monitoringa stroitel'nykh ob'ektov s ispol'zovaniem analiza izmeneniya ih dinamicheskikh parametrov. // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. 2021. №3. Pp. 89-100. (in Russian)
10. Gur'ev V. V., Dorofeev V. M. O problemah normirovaniya bezopasnosti zastroyennykh territorij v sejsmicheskikh rajonah./Fundamental'nye, poiskovye 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)
11. Gur'ev V. V., Granev V. V., Dmitriev A. N., Dorofeev V. M., Kelas'ev N. G., Lysov D. A. Opyt primeneniya avtomatizirovannykh stancij monitoringa na unikal'nykh stroitel'nykh ob'ektakh. // PGS. 2021. №12. Pp.

- 6-12. (in Russian)
12. Dorofeev V.M., Denisov A.S. Prognoz posledstviy silnyh zemletryasenij. // Prirodnye i tekhnogennyye riski. Bezopasnost» sooruzhenij. 2019. №1. Pp. 28-31. (in Russian)
13. GOST 31937-2011 Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya (in Russian)
14. SP 442.1325800.2019 Zdaniya i sooruzheniya. Ocenka klassa sejsmostojkosti (in Russian)
15. GOST 34081-2017 Zdaniya i sooruzheniya. Opredelenie parametrov osnovnogo tona sobstvennyh kolebanij (in Russian)
16. GOST 32019-2012 Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya unikalnyh zdaniy i sooruzhenij. Pravila proektirovaniya i ustanovki stacionarnykh sistem (stanciy) monitoringa (in Russian)
17. SP 330.1325800.2017 Zdaniya i sooruzheniya v sejsmicheskikh rajonah. Pravila proektirovaniya inzhenerno-sejsmometricheskikh stanciy (in Russian)
18. Inzhenerno-sejsmometricheskaya sluzhba SSSR./Pod red. E.E. Hachiyana. – M: Nauka. 1987. 95 p. (in Russian)
19. Grigor»ev YU. P., Gur»ev V. V., Dmitriev A. N., Dorofeev V. M., Strazhnikov A. M., Rojzman A. G. Stanciya kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniya ili sooruzheniya, ego chastej, konstrukcij, elementov konstrukcij i uzlov soedineniya./Patent RF №2321836, 2007. (in Russian)
20. Gur»ev V. V., Dorofeev V. M., Lysov D. A., Denisov A. S., Katrenko V. G. Cifrovaya inzhenerno-sejsmometricheskaya stanciya s sistemoy monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy ili sooruzhenij./Patent RF №2654830, 2017. (in Russian)
21. Akbiev R.T. Inzhenernyj pasport dlya identifikacii stroitel»nogo objekta, otrazheniya ego tekhnicheskogo soderzhaniya v informacionnykh sistemah obespecheniya gradostroitel»noj deyatel»nosti, ocenki urovnya energeticheskoy effektivnosti, konstruktivnoj bezopasnosti i uyazvimosti k vneshnim vozdeystviyam./Patent RF №101673, 2011. (in Russian)
22. Gur»ev V. V., Dorofeev V.M., Lysov D. A., Denisov A. S., Katrenko V. G. Sposob mnogokanal»noj registracii sejsmicheskikh kolebanij na inzhenerno-sejsmometricheskoy stancii./Patent RF №2654831, 2017. (in Russian)
23. Gur»ev V. V., Dorofeev V.M., Lysov D. A., Denisov A. S., Katrenko V. G. Sejsmicheskij pribor dlya izmereniya dinamicheskikh vozdeystviy pri monitoringe tekhnicheskogo sostoyaniya nesushchih konstrukcij zdaniy i sooruzhenij./Patent №2655462, 2017. (in Russian)
24. Specializirovannoe programmnoe obespechenie «Dinamicheskaya cifrovaya informacionnaya model». Svidetel»stvo №2021612607. (in Russian)