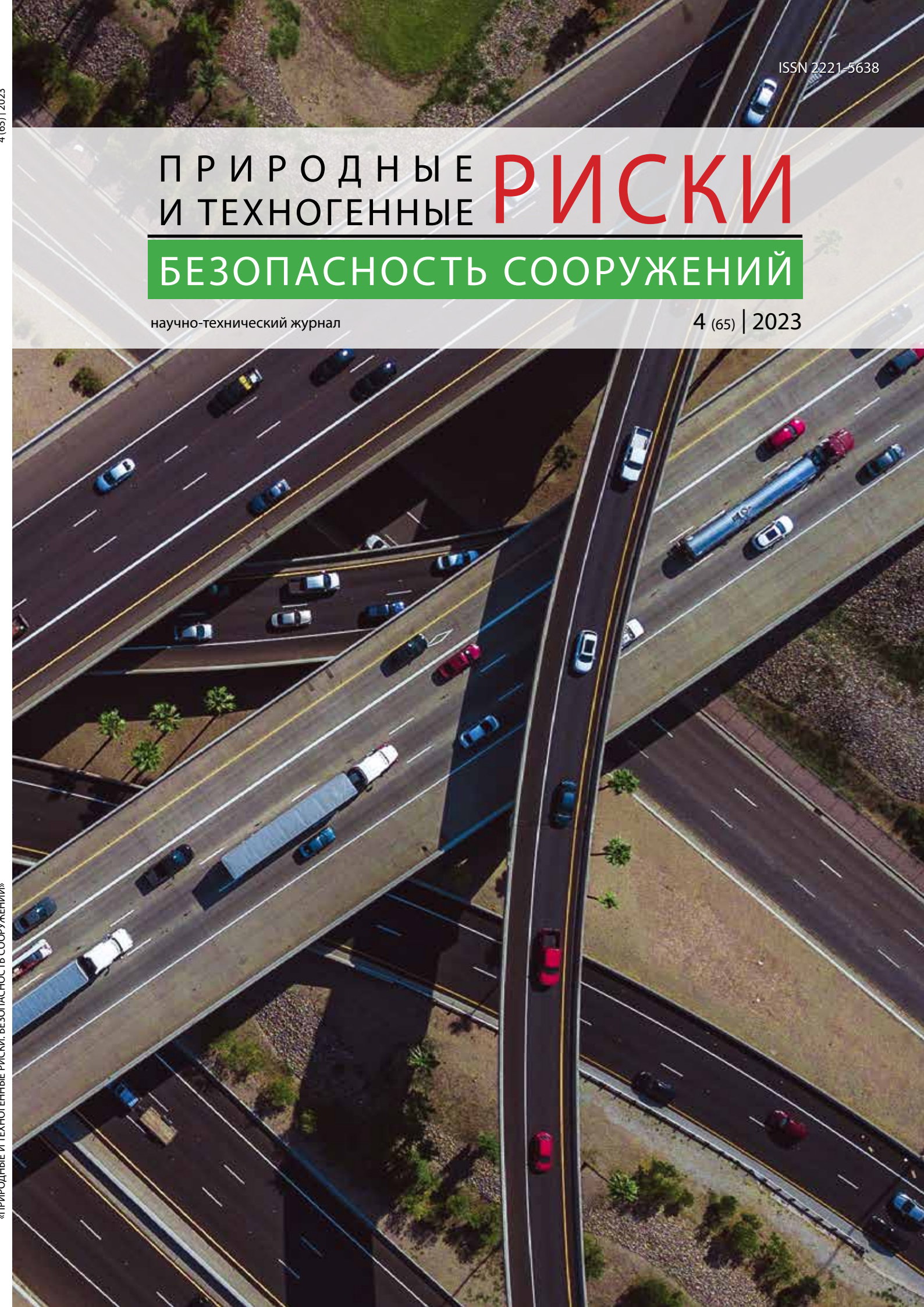


# ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ

## БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ

научно-технический журнал

4 (65) | 2023



## IV Научно-практическая Всероссийская конференция

# «Технологии информационного моделирования зданий, сооружений и территорий. УРАЛЬСКИЕ ТИМ ЧТЕНИЯ».



Научная часть Российского форума BIM-технологий в составе X Международного строительного форума и выставки 100+ TechnoBuild

6 октября 2023 года  
МВЦ «Екатеринбург – Экспо», г. Екатеринбург

### ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ:

Обсудить профессиональные общие вопросы. Объединение усилий ученых, практиков и экспертов в области информационного моделирования объектов капитального строительства, зданий, сооружения и территорий на пути развития отрасли в России. В центре внимания конференции этого года будут рассмотрены вопросы истории и перспектив развития различных экосистем технологий формирования и ведения информационных моделей (ИМ) в России, обозначены пути развития ТИМ (Технологии информационного моделирования) – практические сложности на этом пути, проанализирован отечественный опыт их преодоления. Будут рассмотрены вопросы создания реальных условий и практического механизма для инновационного научного, образовательного и организационного прорыва в области технологий информационного моделирования в строительстве (градостроительной деятельности) с учетом всего жизненного цикла информационной модели (ИМ) от задумки до эксплуатации – возможности и перспективы различных экосистем ТИМ.

Технологии информационного моделирования в строительстве – наработки прошлых лет и текущие работы в автоматизации и цифровизации процессов. Их судьба в будущем. Основные технологические вызовы!



### ТЕМАТИКА/НАПРАВЛЕНИЯ/СЕКЦИИ:

Вопросы истории и перспектив развития различных экосистем ТИМ в России, пути развития ТИМ (технологии информационного моделирования) – технологические сложности на этом пути, практический опыт их преодоления.

Взаимодействия банков и застройщиков, в рамках проектного финансирования. Автоматизация валидации объективными средствами контроля (лазерное сканирование/фотометрия и т.д.) строительной информации (акты принятых работ и увязка со сметами и экономикой стройки). Цифровизация генподряда. Ярмарка ТИМ талантов.

### ФОРМА УЧАСТИЯ:

Регистрация по e-mail:  
[bim.ims.urfu@gmail.com](mailto:bim.ims.urfu@gmail.com)

**СТОИМОСТЬ:** Организационный взнос за участие в Конференции не предусмотрен.

**КОНТАКТНОЕ ЛИЦО:** Секретарь Оргкомитета конференции

Варгина Татьяна Анатольевна

E-mail: [bim.ims.urfu@gmail.com](mailto:bim.ims.urfu@gmail.com)

Место проведения: МВЦ «Екатеринбург – Экспо», г. Екатеринбург, ул. Бульвар ЭКПО-бульвар 2, Павильон 1, Зал 1

### ОРГАНИЗАТОРЫ:

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина;

Оргкомитет X Международного строительного форума и выставки 100+ TechnoBuild;

Министерство строительства и развития инфраструктуры Свердловской области;

ГАУ Свердловской Области «Управление государственной экспертизы»;

АО «СиСофт Девелопмент» (CSoft) – Генеральный партнер Сессии 1;

ГК КОРТРОС – Генеральный партнер Сессии 2;

ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»;

Свердловское отделение Союза архитекторов России;

ООО Институт проектирования, архитектуры и дизайна (ИНПАД);

ООО «Ситис»;

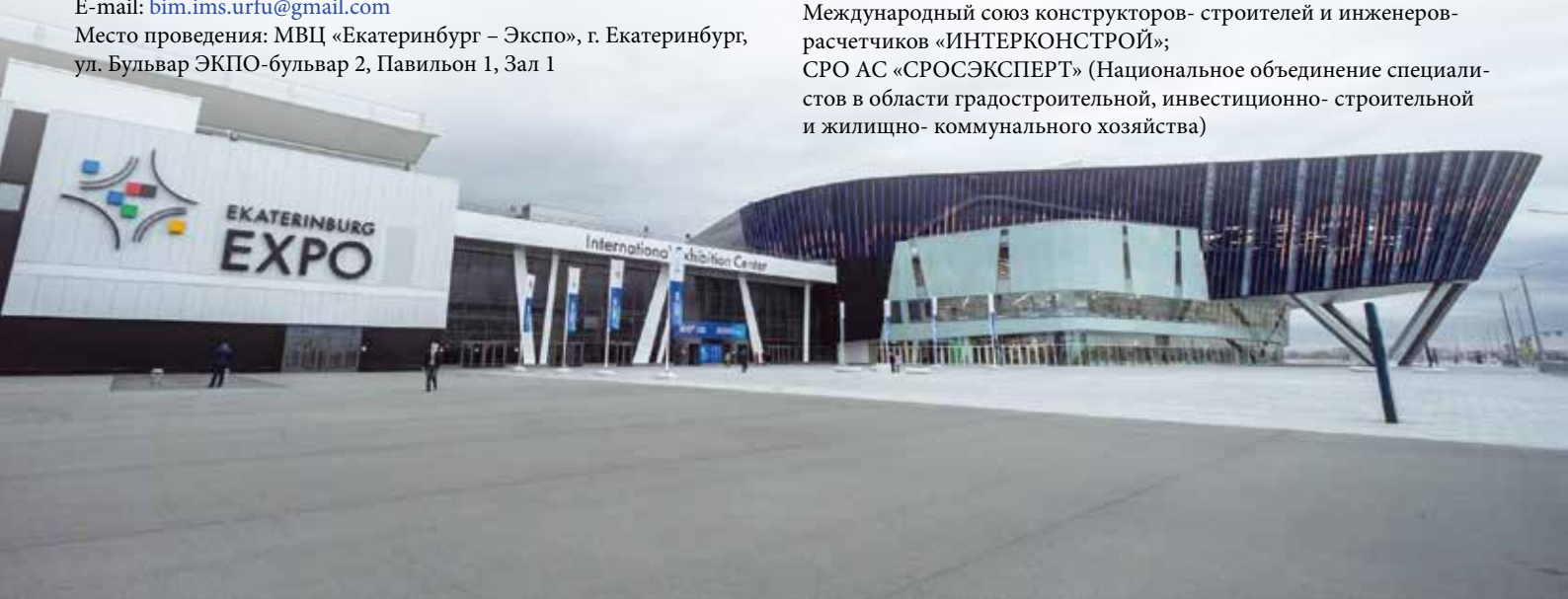
ООО «Альтек Системз»;

СРО проектировщиков и строителей Екатеринбурга, Свердловской области и Урала;

НОТИМ;

Международный союз конструкторов-строителей и инженеров-расчетчиков «ИНТЕРКОНСТРОЙ»;

СРО АС «СРОСЭКСПЕРТ» (Национальное объединение специалистов в области градостроительной, инвестиционно-строительной и жилищно-коммунального хозяйства)



**КУРБАЦКИЙ Евгений Николаевич** — врио председателя совета, д-р техн. наук, проф. кафедры «Мосты и тоннели» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ))

**УЗДИН Александр Михайлович** — заместитель председателя совета, д-р техн. наук, проф. кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

**ЗААЛИШВИЛИ Владислав Борисович** — заместитель председателя совета, д-р физ.-мат. наук, проф., научный руководитель Геофизического института — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (ГФИ ВНИЦ РАН)

**АБАКАНОВ Миркен Сейткасымович** — д-р техн. наук, ст. науч. сотр., советник генерального директора по производственным вопросам Акционерного общества «Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры» (АО «КазНИИСА»)

**АЛИЕВ Вугар Амир оглы** — д-р физ.-мат. наук, проф., вед. науч. сотрудник Института Физики НАН Азербайджана, ген. директор Международной Компании «AMIR Technical Services LLC»

**АПТИКАЕВ Феликс Фуадович** — д-р физ.-мат. наук, проф. геофизики, гл. науч. сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН)

**БЕЛАШ Татьяна Александровна** — д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации, зав. кафедрой «Здания» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

**ИЛБИЧЕВ Вячеслав Александрович** — д-р техн. наук, проф., академик РААСН, вице-президент по направлению «Инновации» Федерального государственного учреждения «Российская академия архитектуры и строительных наук» (РААСН)

**КОТЕЛЬНИКОВ Владимир Семенович** — д-р техн. наук, проф., ген. директор ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», президент Национального лифтового союза

**МАЖИЕВ Хасан Нажоевич** — д-р техн. наук, проф., академик МАНЭБ, зав. кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО ГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, зам. директора ФГБУН Комплексный научно-исследовательский институт им. Х. И. Ибрагимова РАН, президент Фонда поддержки и развития сейсмостойкого строительства «Защита и безопасность города» — «Сейсмофонд»

**МЕШАЛКИН Евгений Александрович** — д-р техн. наук, проф., председатель правления Федеральной палаты пожарно-спасательной отрасли и обеспечения безопасности

**МИРФАТУЛЛАЕВ Мир-Гусейн Мир-Шамиль оглы** — д-р техн. наук, Президент Саморегулируемой организации Союз «Межрегиональное объединение инженерно-строительных предприятий» (СРО Союз «МОИСП»)

**МИТАСОВ Валерий Михайлович** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Железобетонные конструкции» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВПО «СибСТРИН»)

**МОНДРУС Владимир Львович** — д-р техн. наук, проф., чл.-кор. РААСН, зав. кафедрой «Строительная и теоретическая механика» (СиТМ) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)

**МУСАЕВ Вячеслав Кадыр оглы** — д-р техн. наук, проф. кафедры «Техносферная безопасность» (РУТ (МИИТ))

**НЕМЧИНОВ Юрий Иванович** — д-р техн. наук, проф., Заслуженный строитель Украины, академик Академии строительства и академии инженерных наук Украины, первый зам. директора ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций» Минрегиона Украины

**ПАВЛЕНКО Ольга Витальевна** — д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник лаборатории экспериментальной геофизики Институт физики Земли О. Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН)

**ПУСТОВИТЕНКО Бэлла Гавриловна** — д-р физ.-мат. наук, гл. науч. сотрудник ГАН «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений»; вед. науч. сотрудник Института сейсмологии и геодинамики Крымского Федерального Университета им. В. И. Вернадского

**ПШЕНИЧКИНА Валерия Александровна** — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой Строительных конструкций, оснований и надежности сооружений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ВолГТУ)

**РАЙЗЕР Владимир Давидович** — д-р техн. наук, проф., научный консультант Ассоциации «Проблемы надежности и безопасности конструкций» (Associations «Problems of reliability and safety of structures»)

**ТОЛОК Алексей Вячеславович** — д-р техн. наук, проф. (ИПУ РАН)

**ТРАВУШ Владимир Ильич** — д-р техн. наук, проф., академик РААСН, Заслуженный строитель РФ, Заслуженный деятель науки РФ, Вице-президент РААСН, зам. ген. директора по научной работе ЗАО «ГОРПРОЕКТ»

**ХАЧИЯН Эдуард Ефремович** — д-р техн. наук, проф., академик НАН Республики Армения, зав. кафедрой Армянского национального университета архитектуры и строительства

#### ЭКСПЕРТЫ (РЕЦЕНЗЕНТЫ)

**БАРАННИКОВ Владимир Георгиевич** — канд. техн. наук (ООО «ВостокПромПроект»);

**ГРАНОВСКИЙ Аркадий Вульфович** — канд. техн. наук, доц. (НИУ МГСУ)

**КАЗИЕВ Махач Магомедович** — канд. техн. наук, проф. (Академия ГПС МЧС России)

**КЛЯЧКО Марк Абрамович** — канд. техн. наук (АНО «РАДАР»)

**НИГМЕТОВ Геннадий Максимович** — канд. техн. наук, доц. (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ))

**ПРОНИН Денис Геннадиевич** — канд. техн. наук (ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»)

**СТРОМ Александр Леонидович** — д-р геол.-минерал. наук (ЦСГНЭО — филиал АО «Институт Гидропроект»)

**ХАКИМОВ Шамиль Абдуллаевич** — канд. техн. наук, Заслуженный строитель Узбекистана (ОАО «ToshuyjoyLIT»)

**ЭРТЕЛЕВА Ольга Олеговна** — д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник (ИФЗ РАН)

04 (65)/2023

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ. БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ»

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор  
**АКБИЕВ Рустам Тоғанович**,  
кандидат технических наук  
Шеф-редактор  
**ЗАБОЛОЦКАЯ Елена Николаевна**,  
Почетный строитель России  
Члены редакционной коллегии:  
**ЗАБОЛОЦКИЙ Антон Дмитриевич**  
**МАНИН Сергей Петрович**  
**МОРОЗОВА Татьяна Викторовна**  
**НОСОВ Борис Алексеевич**  
**ШОЛЕНБЕРГ Евгения Федоровна**

#### АДРЕС РЕДАКЦИИ:

Россия, 105037, г. Москва, ул. Первомайская, д. 16-24  
Тел.: +7 (906) 066-98-86; +7 (916) 563-23-38  
E-mail: akbi1963@gmail.com, ntd-ntpi@mail.ru

Издатели:  
Евразийская СЕЙСМО Ассоциация (ЕАСА)  
119331, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 29  
Тел.: +7 (499) 705-67-12, E-mail: office@seismo.pro

Типография:  
АС «СРОСЭКСПЕРТ»  
111024, г. Москва, ул. Душинская, д. 9  
Тел.: +7 (499) 705-67-17; E-mail: office@spec-expert.ru

Дата выхода журнала: 21 сентября 2023 года

Научно-технический журнал «Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений» зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-27300 от 22 февраля 2007 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Журнал входит в систему российской научной электронной библиотеки, интегрированной с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) — [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

Порядок представления и оформления рукописи статьи на 14 стр.

#### ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ:

Индекс **62009**  
Почта России (ФГУП)  
Альтернативные подписные агентства —  
Урал-Пресс (ООО), Информнаука (ООО) и др.  
В редакции можно приобрести комплект или отдельные номера журнала.

Учредители:  
Акбиев Р. Т., Заболоцкая Е. Н.

Тираж 300 экз. Свободная цена.  
Периодичность 6 (шесть) номеров в год

При перечислении материалов ссылка на журнал обязательна.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов

**Обложка:** фото из открытых источников

## НОВОСТИ

4

СПРАВКА О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ  
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

15

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ  
И РАЗВИТИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Григорьев А. В., Маковеев Е. Н.

**Применение стандартов организаций и технических условий, зарегистрированных в Федеральном информационном фонде стандартов, для оценки соответствия требованиям технических регламентов «О требованиях пожарной безопасности» и «О безопасности зданий и сооружений»**

20

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.  
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

Жемчугов-Гитман Д. М., Сорокина Г. В., Уздин А. М.

**Аппроксимация зависимости пиковых ускорений от преобладающего периода на акселерограмме для расчетов сооружений по линейно-спектральной методике**

24

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ,  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Абашкин А. А., Карпов А. В., Ушаков Д. В., Самошин Д. А.

**Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Основные нововведения**

29

Приступюк Д. Н., Иванов В. Н., Федоров В. Ю., Крючков Г. И.

**Приведение расчетного пожара к пределу огнестойкости через эквивалентную продолжительность пожара**

34

Беляев В. С., Костарев В. В., Васильев П. С., Кульцеп А. В., Бондарев Д. Е.

**Современные методы сейсмозащиты зданий, учитывающие пространственный характер сейсмического воздействия**

38

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Карамышев В. В., Спиридонов Д. А.

**Проблемы пожарной безопасности при проектировании физкультурно-оздоровительных комплексов типа «Термы» в современных условиях**

46

БЕЗОПАСНОСТЬ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ,  
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Колесников А. О.

**Расчет жесткости заглубленных фундаментов при свободных колебаниях**

50

## КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ. СОВЕЩАНИЯ

**IV Научно-практическая Всероссийская конференция «Технологии информационного моделирования зданий, сооружений и территорий. УРАЛЬСКИЕ ТИМ ЧТЕНИЯ». Научная часть Российского форума ВМ-технологий в составе X Международного строительного форума и выставки 100+ TechnoBuild (6 октября 2023 года, г. Екатеринбург)**

обл.

## АВТОРЫ НОМЕРА

56

4		NEWS
15		SUMMARY ON EMERGENCIES ON THE RUSSIAN FEDERATION TERRITORY
		TECHNICAL REGULATION AND DEVELOPMENT OF DESIGN STANDARDS
		Grigoriev A. V., Makoveev E. N
20		<b>Application of standards of organizations and technical specifications registered in the Federal Information Fund of Standards to assess compliance with the requirements of technical regulations on fire safety requirements and On the Safety of Buildings and Structures</b>
		THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES. TEST METHODS
		Zhemchugov-Gitman D. M., Sorokina G. V., Uzdin A. M.
24		<b>Approximation of the dependence of peak accelerations on the prevailing period on the accelerogram for calculations of structures using the linear spectral method</b>
		DESIGN ANALYSIS, DESIGN OF COMPONENTS, BUILDINGS AND STRUCTURES
		Abashkin A. A., Karpov A. V., Ushakov D. V., Samoshin D. A.
29		<b>Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard. Main innovations</b>
34		Pristupyuk D. N., Ivanov V. N., Fedorov V. Y., Kryuchkov G. I.
34		<b>Bringing the calculated fire to the limit of fire resistance through the equivalent duration of the fire</b>
		Belyaev V. S., Kostarev V. V., Vasiliev P. S., Kultsep A. V., Bondarev D. E.
38		<b>Modern methods of seismic protection of buildings taking into account the spatial nature of seismic impact</b>
		FIRE SAFETY
		Karamyshev V. V., Spiridonov D. A.
46		<b>Problems of fire safety in the design of sports and recreation complexes such as «Terms» in modern conditions</b>
		SAFETY OF EARTH STRUCTURES, BASES AND FOUNDATIONS
		Kolesnikov A. O.
50		<b>Estimation of embedded foundations stiffness at considering free vibrations</b>
		CONFERENCES. SYMPOSIA. MEETINGS
		IV Scientific and practical All-Russian Conference «Technologies of information modeling of buildings, structures and territories. URAL TIM READINGS». Scientific part of the Russian BIM Technologies Forum as part of the X International Construction Forum and the 100+ TechnoBuild Exhibition (October 6, 2023, Yekaterinburg)
folder		
56		AUTHORS OF THE ISSUE

6 апреля 2023 года (г. Ташкент, Республика Узбекистан)

## Проектирование метрополитена в Ташкенте с помощью Model Studio CS

Проектирование первого этапа строительства кольцевой надземной линии метрополитена в Ташкенте осуществляется с помощью инструментов программного комплекса Model Studio CS (АО «СиСофт Девелопмент», г. Москва).

В реализации проекта участвовал авторизованный партнер АО «СиСофт Девелопмент» – компания SOFTICA, являющаяся одним из ведущих поставщиков программного обеспечения в сфере САПР в Узбекистане ([www.softica.uz](http://www.softica.uz)). Основной сферой деятельности компании является автоматизация промышленных, нефтегазовых предприятий и проектных институтов. SOFTICA организует поставки комплексных программно-аппаратных решений для проектов, осуществляемых в сфере промышленного и гражданского строительства, архитектурного проектирования, землеустройства и ГИС, машиностроения и технологической подготовки производства, электронного документооборота, нормативно-технической документации, обработки сканированных чертежей, векторизации и гибридного редактирования. В пул бизнес-партнеров компании SOFTICA входят более пятидесяти производителей программного и аппаратного обеспечения.

Комплексным проектированием строительства надземного метро в Ташкенте с помощью ПО Model Studio CS занимается АО «BOSHTRANSLOYINA» – узбекский головной проектно-изыскательский институт по транспорту (генеральная лицензия Кабинета министров Республики Узбекистан). Он занимается инженерно-техническими изысканиями и разработкой проектно-сметной документации по проектированию железных дорог и соответствующей инфраструктуры. Основным заказчиком института является АО «Ўзбекистон темир йўллари».

АО «BOSHTRANSLOYINA» осуществляет проектно-изыскательские работы по широкому профилю объектов. Созданный в 1953 г., этот проектный институт участвовал в строительстве многих инфраструктурных объектов на территории республики. В частности, кроме проектов по развитию железных дорог и соответствующей инфраструктуры, специалисты АО «BOSHTRANSLOYINA» осуществляют поэтапное проектирование кольцевой надземной линии метрополитена в Ташкенте. Сотрудничество с АО «СиСофт Девелопмент» по этому проекту началось в 2019 г. Первый этап строительства кольцевой надземной линии метро с применением решений программного комплекса Model Studio CS был выполнен в 2021 году.



Подробнее: <https://notim.ru/news-partners/218>

6 апреля 2023 года (г. Москва)

## Новая ГИС оценки катастрофических рисков и моделированию ЧС

Российская Национальная Перестраховочная Компания представила рынку собственную геоинформационную систему оценки катастрофических рисков, разработка которой велась с 2020 г. ГИС РНПК призвана повысить эффективность управления рисками и скорость принятия управленческих решений. В одном проекте собраны, обрабатываются и используются данные из различных источников о наводнениях и землетрясениях в масштабе всей территории России.

ГИС РНПК позволяет проводить операции по оценке рисков и моделированию чрезвычайных ситуаций. С ее помощью можно рассчитать подверженность портфелей объектов наводнениям и землетрясениям.

На текущий момент ГИС РНПК успешно прошла тестирование, в том числе, с привлечением участников страхового сообщества и введена в промышленную эксплуатацию. Получить доступ к системе может любой участник страхового рынка, при выполнении соответствующих условий информационной безопасности.

Подробнее: <https://rnrc.ru/about/news/2023/press-20230405.php>



7 апреля 2023 года (г. Москва)

## Унифицированы требования к разработке сводов правил в строительстве

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии утвержден ГОСТ Р 1.19-2023 «Стандартизация в Российской Федерации. Свод правил. Правила построения, изложения, оформления и обозначения». Новый основополагающий стандарт подготовлен подведомственным Минстрою России ФАУ «ФЦС», совместно с Росстандартом.

Введение стандарта будет способствовать унификации требований к построению, изложению, оформлению и обозначению сводов правил (СП) и изменений к ним. В дальнейшем это обеспечит системный подход к формированию нормативной технической базы строительной отрасли.

СП разрабатываются и утверждаются федеральными органами исполнительной власти или Госкорпорацией «Росатом» и содержат правила и общие принципы для обеспечения соблюдения требований технических регламентов. В стандарте впервые установлены



требования к структуре такого документа по стандартизации как свод правил, учитывающие их специфику в сравнении с национальными стандартами.

Разработка стандарта проходила на площадке технического комитета по стандартизации ТК 012 «Методология стандартизации». В работе принимали участие все заинтересованные организации, включая Российский союз промышленников и предпринимателей, Торгово-промышленную палату РФ, госкорпорации «Росатом» и «Роскосмос», а также представители строительной, нефтегазовой, транспортной и других отраслей промышленности.

ГОСТ Р 1.19-2023 «Стандартизация в Российской Федерации. Свод правил. Правила построения, изложения, оформления и обозначения» утвержден приказом Росстандарта и вступит в силу 1 июля 2023 года.

Подробнее: <https://www.rst.gov.ru/newsRST/redirect/news/1/8947>

7 апреля 2023 года (пос. Зуя, Белогорский р-н, Республика Крым)

## В пещере Таврида появится прибор для предсказания землетрясений

В знаменитой крымской пещере Таврида планируется установить комплекс с GPS-ГЛОНАСС-антенной для измерения сейсмической активности. С его помощью ученые смогут фиксировать приближение землетрясений.

Для прогнозирования сейсмоактивности существует математический метод моделирования. Его разработали в Кубанском государственном университете и Южном научном центре РАН (ЮНЦ РАН). В процессе создания моделей был обнаружен принципиально новый вид землетрясений – так называемых стартовых. Геодинамический мониторинг движения литосферных плит, который проводится с помощью GPS-ГЛОНАСС-антенн, позволяет распознавать условия возникновения такого типа землетрясений и прогнозировать наступление сейсмического события.

В Крыму имеются все условия для возникновения землетрясений, что обусловлено взаимодействием Черноморской плиты с Крымским горным массивом. Еще в древнегреческих источниках можно найти свидетельства о сильных землетрясениях в Крыму. В XX веке на полуострове произошли два больших землетрясения, известных как Большие крымские землетрясения 1927 г. Причем магнитуда одного из них, сентябрьского, достигла 9, что привело к большим разрушениям. Это и обуславливает необходимость проведения мониторинга геодинамической активности на Крымском полуострове. ЮНЦ РАН располагает сетью спутниковых антенн: Сочи (Красная Поляна), Большой Сочи (Лесное, Эсто-Садок, Адлер), Геленджик, Анапа, Тамань, Темрюк, порт Кавказ (начало Крымского моста). В Крыму пока нет ни одного пункта. В то же время геодинамический мониторинг в Крыму возможен за счет передислокации части антенн ЮНЦ РАН на полуостров. Наиболее вероятным является перемещение антенн из поселков Лесное и Тамань в район пещеры Таврида (восточная часть Крыма) и Севастополя (западная часть Крыма).



GPS-станция в г. Темрюк фиксирует северную геодинамическую аномалию с проседанием по высоте. По мнению специалистов, район Таманского полуострова уже давно испытывает с юга давление Черноморской плиты, сбивая ее северо-восточное движение на северное.

Пещера Таврида была обнаружена в 2018 г. во время строительства многополосной трассы, пересекающей Крымский полуостров с востока на запад. По данным Русского географического общества, возраст уникального объекта – примерно 5 млн лет. Это самая большая пещера внутренней гряды предгорного Крыма. Разведанная на сегодня протяженность – около 1300 м.

Подробнее: <https://www.rgo.ru/ru/article/v-peshchere-tavrida-poyavitsya-pribor-dlya-predskazaniya-zemletryasenyi>

8 апреля 2023 года (г. Томск)

## Ученые ТГАСУ работают над созданием прибора дистанционного мониторинга зданий и сооружений

Специалисты Томского государственного архитектурно-строительного университета (ТГАСУ) разрабатывают единый прибор для дистанционной диагностики зданий и инженерных сооружений с помощью визуальных систем. В перспективе прибор будет использоваться для дистанционного мониторинга зданий и сооружений на территории Арктики и Крайнего севера.

В коллектив разработчиков вошли: специалисты НИИ строительных материалов, кафедры инженерной геологии, мостов и сооружений на дорогах, кафедры металлических и деревянных конструкций ТГАСУ, а также сотрудники ТПУ.

Дистанционный метод мониторинга состояния зданий и инженерных сооружений основан на регистрации лазерных спеклов (случайных интерференционных картин). Это темные и светлые «пятнышки», которые появляются при освещении несущей конструкции лазером. По ним можно судить о мельчайших дефектах конструкции. В результате того, что конструкция колеблется, начинает колебаться и лазерное пятно. Это фиксируется, обрабатывается с помощью компьютерного комплекса.

Далее замеряется, как исследуемые конструкции вибрируют, прогибаются при нагрузке, деформируются в зависимости от температуры



и т. д. Например такую систему мониторинга можно поставить на крышу здания, чтобы замерять ее прогиб от нагрузки снега. Область применения подобной системы дистанционного мониторинга достаточно обширна: диагностика зданий, инженерных сооружений, дорожных объектов, а также предпроектные исследования. Для работы системы ученые ТГАСУ разрабатывают собственное программное обеспечение.

Данное направление находится в плане работ молодежной научной лаборатории ТГАСУ «Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии для устойчивого развития инфраструктуры территорий Крайнего севера и Арктики». А именно, мониторинг зданий и сооружений в экстремальных условиях эксплуатации.

Подробнее: <https://tsuab.ru/news/uchenye-tgasu-rabotayut-nad-sozdaniem-pribora-distsionnogo-monitoringa-zdaniy-i-sooruzheniy>

9 апреля 2023 года (г. Москва)

## Ученые НИУ МГСУ разработали метод оценки фасадных конструкций

В НИУ МГСУ разработан и внедрен в научную практику инновационный метод оценки фасадных конструкций. Ученые лаборатории динамики сооружений НИИ ЭМ НИУ МГСУ провели масштабные исследования динамического поведения фасадных конструкций. Результаты исследований помогают оценить сейсмостойкость фасадов, их устойчивость к ветровым воздействиям.

Для оценки реакции фасадной конструкции на внешнее воздействие ученые применили замеры коэффициента динамичности фасада. Эта характеристика показывает отношение между амплитудами внутренних колебаний и деформаций и амплитудами внешнего воздействия. Совпадение этих частот, эффект резонанса, может привести к серьезным разрушениям фасадной системы. Коэффициент динамичности фасада зависит от массово-инерционных и геометрических характеристик, видов крепления и используемых материалов.

Реакция сооружения на внешнее воздействие может быть различной: иногда конструкция возвращается в исходное состояние, а иногда возникает колебательный процесс, который может привести к разрушению элементов несущих систем.

Результаты испытаний применяют при проектировании фасадной системы зданий и сооружений, расположенных в сейсмически опасных районах. Их используют при разработке новых фасадных конструкций, для того чтобы производители могли понять, какие новые технологические решения приводят к повышению безопасности их конструкций и как можно улучшить текущие фасадные системы. Величина коэффициента динамичности может использоваться и для мониторинга технического состояния фасадной системы в процессе эксплуатации сооружения на протяжении его жизненного цикла, поскольку при изменении каких-либо вышеописанных параметров системы произойдет изменение спектральных значений коэффициента динамичности.

В рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» планируется совершенствование стенда динамических испытаний с увеличением высоты исследуемых образцов, повышения жесткости ряда элементов стенда, дополнительного оснащения датчиками повышенной чувствительности.



Источник: <https://mgsu.ru/news/Nauka/UchenyeNIUMGSUrazrabotalimetodotsenkifasadnykhkonstruktsiy/>

10 апреля 2023 года (г. Монтгомери, шт. Алабама, США)

## Плиты древней литосферы складывают «горы» над земным ядром

Сейсмические наблюдения показали, что на глубине в тысячи километров, на границе ядра и мантии, расположены массивные и плотные «горы» высотой до нескольких десятков километров. Геологи считают их остатками древних океанических плит.

Земное ядро находится на глубине около 3000 км, в сотни раз ниже самых глубоких скважин, какие способны пробурить. Поэтому едва ли не единственным способом исследовать его остается сейсмография – регистрация сейсмических волн, которые создают землетрясения. Проходя сквозь толщу Земли, они меняют характеристики в зависимости от плотности и других свойств породы.

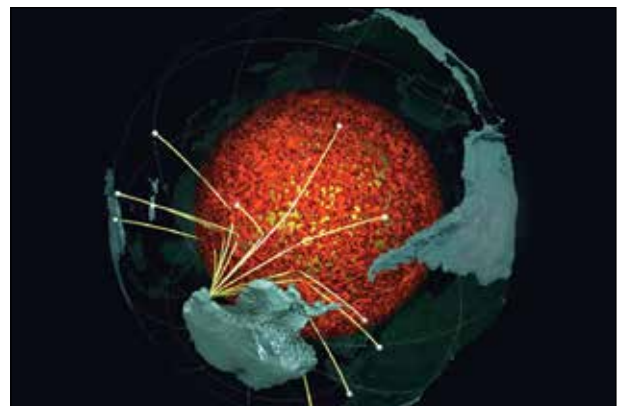
Это позволило выяснить, что ядро разделяется на твердое внутреннее и жидкое внешнее, а в самом центре – еще одно миниатюрное «ядрышко». Его окружает тонкий, всего лишь в десятки километров, пограничный слой, разделяющий ядро и мантию. Там могут скапливаться древние океанические плиты земной коры, показало новое исследование геологов из Университета штата Алабама.

Их статья опубликована в журнале Science Advances.

Команда исследователей использовала сеть из 15 сейсмографов, развернутую в Антарктиде. Данные собирали в течение трех лет, «осматривая» южную сторону границы ядра и мантии. Главное внимание ученых было обращено на области сверхнизкой вязкости (Ultra-Low Velocity Zone, ULVZ) – чрезвычайно плотные участки границы, вызывающие резкое замедление сейсмических волн.

ULVZ можно представить, как нечто вроде горных массивов высотой от нескольких до десятков километров. Геологи предположили, что они могут быть остатками древних океанических плит литосферы, которые за многие миллионы лет опустились почти до самого ядра.

Земная кора сложена из плит двух разных типов: континентальных и океанических. Океанические плиты постоянно «нарастают» в области срединно-океанических хребтов и погружаются вниз в зонах субдукции – например, уходя под более массивную кору на окраинах





континентов. Зарегистрированные учеными области ULVZ не соответствуют современным зонам субдукции. Это и позволило предположить, что они ушли глубоко в недра еще в очень далеком прошлом.

Источник: <https://naked-science.ru/article/geology/plity-drevnej-litosfery-skladyvayut-gory-nad-zemnym-yadrom>

17 апреля 2023 года (г. Екатеринбург)

## Ученые выясняют, могут ли течения в ядре Земли влиять на глобальные процессы

Ученые Московского государственного университета совместно с коллегами из Уральского федерального, Хельсинского и Оксфордского университетов исследовали реакции течения вязкой жидкости в сферическом слое – зазоре между двумя концентрическими, вложенными одна в другую, сферами – на случайные внешние воздействия. Результаты исследований приближают науку к пониманию влияния случайных изменений скорости вращения Земли на крупномасштабные движения в ее жидком ядре. Такие изменения скорости могут провоцировать тектоническую активность, которая является причиной землетрясений, извержения вулканов, цунами. Статью с описанием исследований ученые опубликовали в старейшем научном издании мира Philosophical Transactions of the Royal Society. Известно, что при увеличении угловой скорости вращения внутренней сферы происходит переход от стационарного к колебательному режиму течения: образуется течение, в котором в каждой точке скорость периодически изменяется во времени. Такое событие называется первой бифуркацией или потерей гидродинамической устойчивости. Более 30 лет назад было показано, что в динамических системах с присутствием шума вблизи точки бифуркации наблюдаются предвестники неустойчивости: средние значения параметров, характеризующих состояние динамической системы, уменьшаются, а амплитуды их флуктуаций увеличиваются. Такие же предвестники неустойчивости авторы статьи впервые в мире открыли для случая гидродинамических течений с шумом. Численные результаты были подтверждены данными, полученными на экспериментальной установке Института механики МГУ.



Подробнее: <https://urfu.ru/ru/news/46363/>

20 апреля 2023 года (г. Москва, г. Троицк)

## Обсерватории регистрируют изменения в геофизических полях перед крупными землетрясениями по всему миру

В России создана межинститутская группа, объединяющая ученых занимающихся исследованием изменения геофизических полей в процессе подготовки природных катастрофических сейсмических событий. В настоящее время в нее входят следующие институты: ИЗМИРАН, КрАО, ИФЗ, ИЯИ и ИПГ.

Совместными усилиями создаются геофизические обсерватории, которые располагаются в районах с повышенной сейсмической и вулканической опасностью в европейской части России.

На начало 2023 г. функционируют обсерватории в Крыму на Симеизском геодинамическом полигоне и на Кавказе в шахте Баксанской нейтринной обсерватории (БНО). В этих регионах есть вероятность сильных землетрясений, а БНО располагается рядом с вулканом Эльбрус, поэтому именно здесь решили проводить научные исследования. Обсерватории оснащены научными приборами, в том числе: магнитометрами, сейсмическими и наклономерными станциями.

С 2009 г. идет накопление данных и апробация методик выделения предвестников готовящихся сейсмических событий. Постоянно работающие приборы регистрируют изменения в геофизических полях перед крупными землетрясениями по всему миру. Так перед разрушительным землетрясением в Турции 6 февраля 2023 г. зарегистрированы гармонические геомагнитные вариации с периодом порядка 90 с за несколько часов, а потом и за несколько минут перед землетрясением.

По результатам совместных научных исследований вышло большое число публикаций. Одна из методик поиска предвестников сейсмического события защищена патентом.

В планах группы создание новых обсерваторий в Крыму и на Кавказе, а также привлечение других заинтересованных участников.

Подробнее: <https://new.ras.ru/activities/news/sovmetstnye-rossiyskie-geofizicheskie-observatorii-registriruyut-izmeneniya-v-geofizicheskikh-polyakh/>

22 апреля 2023 года (г. Санкт-Петербург)

## Трещин не будет – ученые обосновали использование строительных отходов в бетоне

Механики выяснили, что бетоны, содержащие искусственные добавки, например строительные отходы, более устойчивы к ударам, чем эти же материалы, но с природными заполнителями. Кроме того, авторы определили, что повысить прочность бетона можно за счет формы используемых волокон – при разных видах нагрузок лучшим оказался спиралевидный заполнитель. Полученные данные помогут разработать оптимальный состав для прочных и долговечных бетонных конструкций. Результаты работы ученых, поддержанной грантом Российского научного фонда (РНФ), опубликованы в журнале Mechanics of Materials.

В процессе любого строительства образуется большое количество отходов, которые зачастую не только не находят дальнейшего применения, но и вредят окружающей среде и здоровью людей. В последние годы ученые предлагают использовать строительные отходы повторно в качестве заполнителя в бетонных конструкциях при возведении жилых домов и других зданий. Кроме того, такой



заполнитель помогает сэкономить природные аналоги – песок, щебень и гравий. Поскольку бетонные конструкции могут подвергаться значительным динамическим нагрузкам, таким как землетрясения или сильные удары, при использовании заполнителей из отходов важно точно определить, насколько прочным будет конечный материал.

Механики из Санкт-Петербургского университета и Института проблем машиноведения РАН (Санкт-Петербург) смоделировали поведение бетонных конструкций с различными заполнителями при динамических нагрузках. За основу авторы взяли ранее опубликованные экспериментальные данные по прочности соответствующих материалов. Так, ученые сравнили бетонные конструкции с разным количеством наполнителя из отходов, а также углеродных волокон, стали и синтетики, которые используются в качестве добавок, улучшающих качество бетона.

Исследователи установили, что лучше всего выдерживал динамические нагрузки бетон, на 50% – 60% заполненный строительными отходами. Именно такой материал дольше всего не разрушался – даже после появления микротрещин. Одной из причин этого может быть то, что в бетоне с отходами существенно больше воды, которая, заполняя микропоры в материале при динамических нагрузках, приводила к эффекту упрочнения.

Кроме того, ученые выяснили, что на свойства бетона влияет и форма волокон в наполнителе. Так, волокна в виде спиралей делают конструкции прочнее и более устойчивыми к разрушению после появления микротрещин.

Подробнее: <https://www.rscf.ru/news/math/treshchin-ne-budet/>



24 апреля 2023 года (г. Хилибафунуа, о-ва Бату, Индонезия)

### Сильное землетрясение в Индийском океане

24 апреля 2023 года в 20 ч 00 мин гринвичского времени (23 ч 00 мин мск) в Индийском океане, в районе островов Бату, Индонезия, произошло землетрясение (в эпицентре катастрофическое по шкале ШСИ-17) с  $M = 7,2$  (ШСИ-17 – Шкала сейсмической интенсивности. Землетрясения. ГОСТ Р 57546-2017).

Эпицентр землетрясения, очаг которого находился в Индийском океане, в районе островов Бату, Индонезия, на глубине 10 км, располагался в 32 км к восток-северо-востоку от Хилибафунуа, в 190 км к запад-юго-западу от Паданга и в 227 км к северо-западу от Паданг Сидемпуана. Геофизической службой зарегистрирован один афтершок с  $M = 5,3$  через 2 ч 19 мин.

По данным РИА Новости, в результате землетрясения повреждения получила больница на острове Ментавай, Индонезия. Землетрясение ощущалось в районах и городах провинций Западная Суматра и Северная Суматра, а в некоторых местах власти приказали эвакуировать людей на возвышенности из-за угрозы цунами.

Землетрясение произошло в 487 км и 492 км к север-северо-востоку от сильных землетрясений 18 августа 2020 года с магнитудами  $M = 7,2$  и  $6,8$ .

Подробнее: <http://mseism.gsras.ru/eqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=231>



25 апреля 2023 года (г. Москва)

### Ученые МГУ разработали уникальную методику изучения сложных рельефов

Ученые геологического факультета МГУ совместно с коллегами разработали уникальную методику для изучения зон со сложным рельефом. Предложенный способ дает возможность создания объемной модели глубинного строения слоистых разрезов в условиях непростой тектонической обстановки. Технология была протестирована в Печорском море. Результаты работы опубликованы в журнале ИФЗ РАН «Геофизические исследования».

Основной метод изучения слоистых разрезов – это сейсморазведка. Однако в зонах, которые характеризуются сложным строением, обилие тектонических нарушений усложняет волновую картину и существенно снижает информативность. В таких случаях единственным интерпретационным решением остается привлечение несейсмических методов геофизики и выполнение комплексной геолого-геофизической интерпретации.

Ученые решили выяснить детали структурного плана одной из зон Печорского моря. Для этого они использовали комплекс сейсморазведки и магниторазведки. Исследуемый район интересен тем, что он является потенциальным обладателем промышленного количества углеводородов.

Поставить конкретную геологическую задачу исследователям помогла высокая точность и детальность магнитных съемок, выполненных



в едином комплексе с современной 3D-сейсморазведкой. Ученым предстояло определить параметры залегания (мощность, морфологии кровли и подошвы) предполагаемого магнитоактивного слоя в сейсмически немых зонах разреза.

Для решения этой задачи геологи разработали и реализовали на практике методику трехмерного сейсмомагнитного моделирования. Методика включает три основных этапа: выбор параметров начального приближения магнитоактивного слоя, интерактивный двумерный подбор положения кровли и подошвы магнитоактивного слоя с учетом известных фрагментов морфологии сейсмических границ по отдельным профилям и, наконец, трехмерный подбор – подбор распределения намагниченности в слое и уточнение формы.

За трехмерным сейсмомагнитным моделированием последовал геолого-геофизический анализ. Он позволил получить два важных геологических результата, которые изменили базовую геологическую концепцию. Во-первых, установлено наличие ранее не выделяемого вулканогенно-осадочного комплекса в терригенной толще перми-нижнего триаса. Во-вторых, доказано отсутствие даечного комплекса, ранее объяснявшего локальные аномалии магнитного поля.

В результате работы была выявлена тесная корреляционная связь между морфологией фрагментарно выделенных сейсмических горизонтов и аномалиями магнитного поля, обусловленных распределением магнитных пород в одной из толщ между выделенными горизонтами.

Разработанная методика интерпретации геофизических данных столь же уникальна, сколь уникальны и неповторимы изучаемые геологические объекты. Гарантом эффективности решения поставленной геологической задачи и достоверности результата стал креативный подход к исследованию, полный учет априорной информации и внимание к деталям.

Подробнее: [https://www.msu.ru/science/main\\_themes/uchenye-mgu-razrabotali-unikalnuyu-metodiku-izucheniya-slozhnykh-relefov.html](https://www.msu.ru/science/main_themes/uchenye-mgu-razrabotali-unikalnuyu-metodiku-izucheniya-slozhnykh-relefov.html)

30 апреля 2023 года (г. Блэксбург, шт. Вирджиния, США)

### Опускающийся грунт усиливает риск наводнений из-за повышения уровня моря

Недавнее исследование, проведенное Технологическим институтом Вирджинии (Virginia Tech (VT)), показало, что участки Чесапикского залива опускаются со скоростью почти 7 мм/год. К сожалению, современные сведения о том, где грунт опускается и на какую величину, в настоящее время не включены в официальные карты планирования, которые власти используют для оценки риска затопления из-за повышения уровня моря.

Это явление создает серьезную проблему для нынешних и будущих усилий по управлению, которые, вероятно, либо недооценивают, либо переоценивают риск наводнений для прибрежных сообществ от береговой линии Вирджинии.

Ученые использовали интерферометрическую съемку с помощью радара с синтезированной апертурой с орбиты Земли, чтобы измерить, насколько сильно затонула суша вдоль береговой линии Чесапикского залива в период с 2007 по 2020 гг.

Некоторые горячие точки проседания грунта, происходящие с относительно большей скоростью и еще более усугубляющие последствия повышения уровня моря и штормовых нагонов, включают Норфолк, Ньюпорт-Ньюс и Вирджиния-Бич (части Хэмптон-Роудс в Чесапикском заливе). Хотя многие из этих горячих точек являются местами интенсивной антропогенной деятельности, такой как откачка грунтовых вод, вызывающая уплотнение систем водоносных горизонтов, некоторые из них представляют собой районы, где земля теряется из-за эрозии.

При изучении различных сценариев повышения уровня моря в сочетании с последствиями оседания суши ученые обнаружили, что к концу столетия от 454 до 600 км<sup>2</sup> столкнутся со значительным риском затопления. Кроме того, мощные штормовые нагоны, такие как ураган Изабель 2003 г., могут увеличить площадь затопления с 849 до 1117 км<sup>2</sup> при сценарии с очень высоким уровнем выбросов парниковых газов.

По мнению исследователей, опускающийся грунт вдоль береговой линии значительно усиливает последствия повышения уровня моря: по мере опускания грунта и повышения уровня моря паводковые воды будут уходить гораздо дальше вглубь страны. Однако, поскольку различные районы сталкиваются с разной скоростью проседания грунта, долгосрочные решения по смягчению возникающих проблем должны быть адаптированы к каждой отдельной ситуации.

Адаптация к относительному повышению уровня моря включает три основные категории защиты: защита, приспособление и отступление. И прибрежные сообщества могут выбирать из длинного списка вариантов, таких как модернизация защитных сооружений (например, плотин), повышение уровня земель, поддержание и восстановление защиты водно-болотных угодий, контроль за просадкой грунта, повышение устойчивости к наводнениям, выборочное перемещение важной инфраструктуры и установка систем предупреждения о наводнениях.

Исследование опубликовано в Журнале геофизических исследований «Solid Earth».

Подробнее: <https://www.earth.com/news/sinking-ground-amplifies-flood-risk-from-sea-level-rise/>

2 мая 2023 года (г. Москва)

### Ученые создали летопись активности вулканов в Восточной Антарктиде за 2000 лет

Группа ученых кафедры физической географии и ландшафтного планирования СПбГУ проанализировала фирны со станции «Восток» и составила летопись вулканических событий в Восточной Антарктиде. Летопись охватывает период в 2000 лет. Исследователям также удалось обнаружить доказательства девяти извержений вулканов, о которых ранее ничего не было известно. Результаты работы были опубликованы в журнале *Frontiers in Earth Science*.

Исследование вулканических событий проводилось в рамках масштабного проекта по изучению климатической изменчивости в центральной части Восточной Антарктиды за последние 2000 лет. Основная цель данного проекта – надежная реконструкция кли-



матических изменений (температуры воздуха и скорости накопления снега) региона.

Период в 2000 лет был выбран не случайно. Именно этот временной отрезок служит тем фоном, на котором развиваются современные климатические изменения на нашей планете. На исследование климата шестого континента нацелен целый ряд международных научных проектов, но обширная территория Восточно-Антарктического ледникового плато пока остается плохо изученной.

В рамках исследования вулканических событий Восточной Антарктиды ученые проанализировали три фирновых керна, извлеченных в районе станции «Восток». Основной упор будет сделан на анализ химического состава, который несет в себе информацию о вулканических извержениях. Это позволяет очень точно датировать снежно-фирновую толщу.

Комплексные исследования ледяных кернов – практически единственный метод палеоклиматологии в Антарктике.

Летопись вулканических событий может быть использована вулканологами для уточнения датировок извержений, а климатологами – для изучения отклика климатической системы на эти извержения.

Исследование проводилось в рамках гранта РФФ 21-17-00246.

Подробнее: <https://scientificrussia.ru/articles/ucenye-sozdali-letopis-aktivnosti-vulkanov-v-vostocnoj-antarktide-za-2000-let>



15 мая 2023 года (о. Тузла, Таманский п-ов, Краснодарский край)

### Инженерные особенности Крымского моста для защиты от сейсмического воздействия

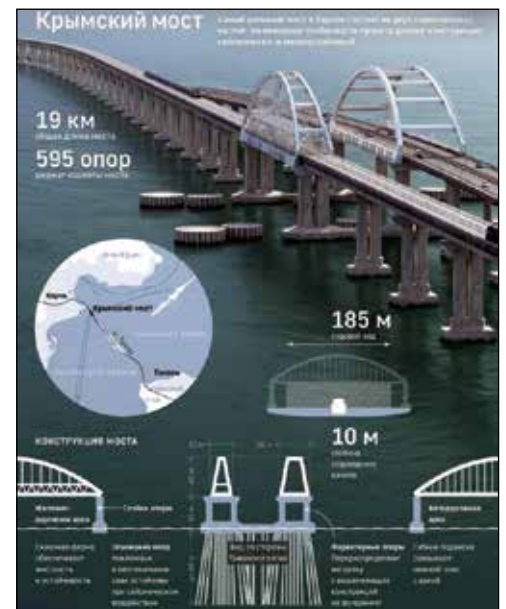
15 мая 2023 года исполняется пять лет с открытия Крымского моста. Он считается самым длинным мостом в Европе.

Конструкция состоит из двух параллельных автодорожной и железнодорожной частей протяженностью 19 км. Устойчивость моста обеспечивают большое количество опор – 288 под автомобильной частью и 307 под железной дорогой – с относительно коротким шагом в 55-60 м.

Благодаря особой конструкции мост защищен от сейсмических и погодных воздействий. Например, фундаменты опор состоят не только из вертикальных, но и из наклонных свай. Трубосваи погружены в устойчивые грунты на глубину более 50 м.

Для защиты конструкций от сейсмического воздействия используются шок-трансммитеры. Они работают по принципу ремней безопасности в автомобиле: позволяют пролетам моста беспрепятственно смещаться при перепадах температуры, а во время землетрясения срабатывают и распределяют сейсмическую нагрузку равномерно по опорам.

Источник: <https://tass.ru/infographics/9845>



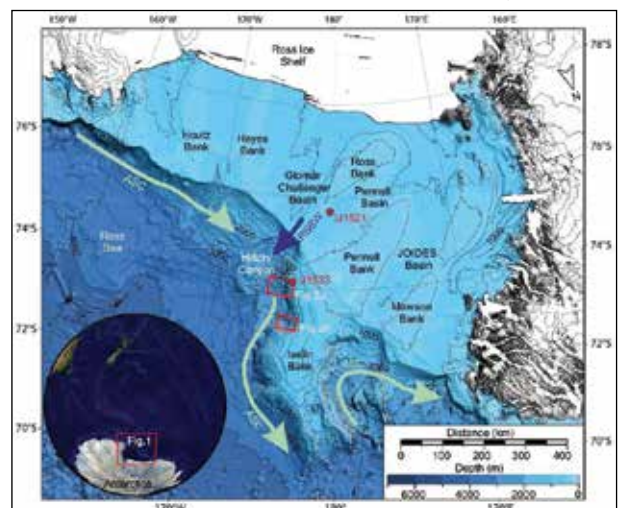
18 мая 2023 года (г. Плимут, Великобритания)

### Подводные оползни у берегов Антарктиды вызывали в прошлом гигантские цунами

Международный коллектив океанологов и геологов из британского Плимутского университета обнаружил в море Росса свидетельства того, что масштабные подводные оползни на территории этого водоема в далеком прошлом вызывали мощнейшие цунами.

Подводные оползни способны наносить большой вред инфраструктуре и порождать цунами, уносящие большое число человеческих жизней. Ученым впервые удалось изучить следы подобных оползней у берегов Антарктиды и раскрыть механизмы, запустившие их в далеком прошлом. Собранные сведения говорят о срочной необходимости изучения того, как глобальное потепление будет влиять на стабильность грунта в этих регионах южного Заполярья.

В ходе несколько экспедиций на территорию банки Айслина, одной из мелководных частей моря Росса, на борту исследовательских судов Explorer и Resolution океанологи и геологи составили детальную карту дна моря Росса при помощи инструментов судна Explorer, а также собрали пробы грунта с разных глубин и изучили сейсмические и геологические свойства данного региона Мирового океана. Исследователи неожиданно натолкнулись на следы сразу нескольких гигантских оползней, затронувших в общей сложности свыше 6 тыс. кв. км дна. Замеры и расчеты исследователей указали на то, что оползни были порождены двумя факторами. Первым из них является то, что в почве на дне моря Росса присутствует несколько мягких и нестабильных



прослойки из органических осадочных пород, которые возникли 3, 13 и 15 млн лет назад, когда климат Антарктики был значительно теплее, чем сейчас. Второй заключается в том, что эти слои грунта расположены неподалеку от зоны сейсмической активности. Как предполагают ученые, ее активизация в прошлом в результате быстрого исчезновения значительной части ледовой шапки Антарктиды уже приводила к дестабилизации прослоек органических отложений и сползанию огромных масс почвы вниз по шельфу. В результате этого возникали гигантские цунами, чьи волны, по оценкам океанологов, могли обладать высотой в несколько десятков метров. Они достигали не только берегов Антарктиды, но и соседних с ней континентов Земли. Нечто похожее, как предполагают исследователи, может произойти в будущем при дальнейшем росте температур в Антарктике под действием глобального потепления и при резком сокращении площади морских ледников. Это необходимо учитывать властям государств, чьи берега могут оказаться под ударами волн цунами, зародившихся у берегов Антарктиды.

Подробнее: <https://nauka.tass.ru/nauka/17781145>

19 мая 2023 года (г. Нумеа, Новая Каледония)

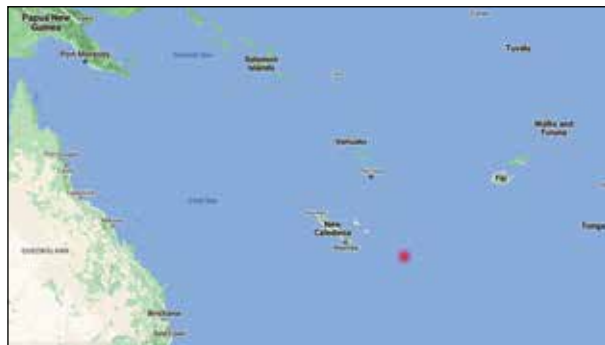
## Сильное землетрясение в Тихом океане, в районе островов Лоялти, Новая Каледония

19 мая 2023 года в 2 ч 57 мин гринвичского времени (5 ч 57 мин мск) в Тихом океане, к юго-востоку от островов Лоялти на французской территории Новая Каледония, произошло землетрясение (в эпицентре разрушительное по шкале ШСИ-17) с  $M = 7,6$ .

Эпицентр землетрясения, очаг которого находился в Тихом океане, в районе островов Лоялти на французской территории Новая Каледония, на глубине 33 км, располагался в 450 км к юго-востоку от Нумеа, административного центра Новой Каледонии.

Геофизической службой зарегистрировано 12 афтершоков с  $M \geq 5,1$  в течение 5,5 ч.

Тихоокеанский центр предупреждения о цунами объявил тревогу цунами на Вануату (спрогнозировали цунами от 1 до 3 м), а также на Фиджи, Новую Каледонию, Кирибати и Новую Зеландию (спрогнозировали волны до 1 м).



Подробнее: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfmsg&imid=232>

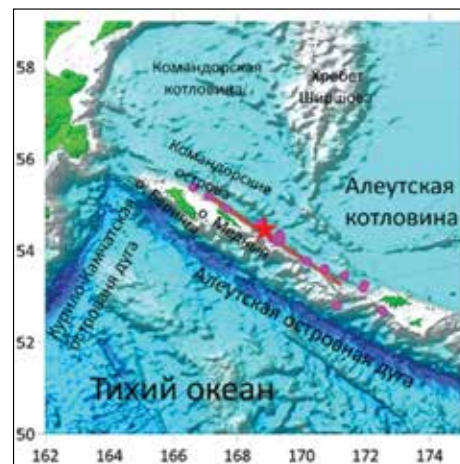
19 мая 2023 года (г. Москва)

## Исследование сейсмического разрыва в Беринговом море с помощью спутниковых данных

На границе Тихоокеанской литосферной плиты, которая занимает большую часть Тихого океана, располагается знаменитое Тихоокеанское огненное кольцо. Здесь происходят наиболее сильные землетрясения, а число действующих наземных вулканов достигает 328. В своей северо-западной части Тихоокеанская плита погружается под Курило-Камчатскую островную дугу и движется параллельно западной части Алеутской дуги. В этом районе происходят многочисленные землетрясения, иногда очень большой магнитуды, как, например, землетрясение 4 ноября 1952 года магнитудой 9,0, вызвавшее катастрофическое цунами и многочисленные жертвы.

Некоторые землетрясения этого района вызывают особый интерес. Например, Ближне-Алеутское землетрясение (БАЗ), которое произошло 17 июля 2017 года в районе Командорских островов Алеутской островной дуги. Эпицентр землетрясения находился к юго-востоку от острова Медный, у подножия склона шельфа в 200 км от поселка Никольское (остров Беринга). Это сейсмическое событие имело, по данным Геологической службы США, магнитуду  $M_w = 7,6$ .

Команда сотрудников лаборатории комплексной геодинамической интерпретации наземных и спутниковых данных ИФЗ РАН построила новую модель очага этого землетрясения с использованием полей смещений, полученных по радарным снимкам спутника «Сентинель-1В» для островов Беринга и Медный, которые расположены близко к очаговой области. Также в процесс построения модели были включены данные о смещениях на пунктах GPS сети Камчатского филиала Единой геофизической службы РАН.



Подробнее: <https://ifz.ru/novosti/valentin-olegovich-mixajlov-issledovanie-sejsmicheskogo-razryiva-v-beringovom-more-s-pomoshhyu-sputnikovyx-dannyix>

19 мая 2023 года (г. Нью-Йорк, США)

## Геологическая служба США сообщила о рекордном проседании Нью-Йорка

Нью-Йорк проседает под тяжестью своих зданий. Происходит это с рекордной скоростью – почти 2 мм в год, к такому выводу пришли специалисты из Геологической службы США. Это может привести к тому, что город уйдет под воду.

Согласно последнему исследованию, вес всех небоскребов и других сооружений в общей сложности составляет более 1,7 трлн фунтов (770 млн т). Именно из-за них «Большое яблоко» все ниже опускается в окружающие водоемы. Причем некоторые, более «тяжелые», районы города делают это еще быстрее.

Такой показатель, как 2 мм, может показаться незначительным, однако это делает город чрезвычайно уязвимым для стихийных бедствий, считает ведущий исследователь и геолог Том Парсонс из Геологической службы США. Особенно подвержены такому риску

Нижний Манхэттен, Бруклин и Куинс.

Нью-Йорк сталкивается со значительными проблемами, связанными с опасностью наводнений. Угроза повышения уровня моря в три-четыре раза выше, чем в среднем по миру вдоль Атлантического побережья Северной Америки.

В 2012 г. ураган «Сэнди» обернулся приливами и затопил отдельные районы города. В 2021 г. из-за урагана «Ида» оказались перегружены дренажные системы. В будущем структурная целостность многих зданий города также может оказаться под угрозой.

Сочетание тектонического и антропогенного проседания, повышения уровня моря и увеличения интенсивности ураганов предполагает ускорение проблемы в прибрежных и речных районах.



Подробнее: [https://www.rbc.ru/life/news/6465e7c09a7947c77c2d7a94?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://www.rbc.ru/life/news/6465e7c09a7947c77c2d7a94?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop)

19 мая 2023 года (г. Новосибирск)

## В Новосибирске создали весы с сейсмодатчиками для контроля нагрузки на дорогу

Весы для определения нагрузки на дорожное покрытие движущимся транспортом разработаны сотрудниками Новосибирского государственного технического университета (НГТУ НЭТИ). Внедрение новой разработки послужит импортозамещению зарубежных приборов.



В отличие от европейских систем, датчики которых размещаются в самом дорожном полотне, эти сейсмические датчики размещены на обочине, не затрагивая проезжую часть. Восемь датчиков размещены вдоль Советского шоссе, их сигналы передаются на компьютер, где идет обработка.

Разработанные весы были размещены на Советском шоссе, одной из важных и загруженных магистралей Новосибирска, в нескольких сотнях метров от европейской системы. Сравнение измерений отечественной и зарубежной систем позволяют предположить, что разработанные в Новосибирске весы будут точнее, чем используемые в настоящий момент на дорогах Новосибирска системы.

Измерения основаны на анализе сейсмических волн, возбуждаемых в грунте при движении транспортных средств. Сейсмические сигналы передаются для анализа в компьютер, который в результате специального анализа выработывает оценки весовых нагрузок на каждую ось транспортного средства. В настоящее время разрабатывается технология калибровки измерений.

Подробнее: <https://nauka.tass.ru/nauka/17786861>

19 мая 2023 года (г. Салехард, ЯНАО)

## Дан старт созданию Государственной системы фонового мониторинга мерзлоты

Министр природных ресурсов и экологии России Александр Козлов открыл в Салехарде первый пункт Государственной системы фонового мониторинга состояния многолетней мерзлоты. Комплексная сеть наблюдения за мерзлотой будет развернута на всей территории залегания криолитозоны, которая охватывает большую часть России. Оператором создания уникальной системы выступит Арктический и антарктический научно-исследовательский институт.



Скважина глубиной около 25 м, внутри 32 датчика, расстояние между которыми от 10 см до 2 м. Внутри находится блок регистрации, данные в режиме онлайн поступают в Центр мониторинга состояния многолетней мерзлоты Арктического и антарктического научно-исследовательского института. Все оборудование отечественных производителей.

Место открытия первого пункта выбрано не случайно – именно здесь, в Салехарде, на территории одной из старейших российских метеорологических станций, действующей с конца XIX века, мы начнем создание системы мониторинга мерзлоты. Учитывая, что криолитозона занимает 65% территории нашей страны, ее изучение становится национальной задачей. Чтобы контролировать изменения теплового состава уже до конца 2025 г. заработают 140 подобных станций

Система наблюдения за мерзлотой создается в России впервые. На основе полученных данных ученые будут прогнозировать последствия и учиться предотвращать аварии в криолитозоне. Планируется, что система будет создана за три года.

На первом этапе, в 2023 г. будут разработаны методы и технологии, а также отобраны 20 пунктов мониторинга, которые оснастят необходимым оборудованием. Они созданы в восьми субъектах (ЯНАО, Ненецкий АО, Красноярский край, Иркутская область, Амурская область, Забайкальский край, Республика Бурятия и Республика Алтай).

Технологию обустройства термометрических скважин и передачи данных ученые уже апробировали на территории российского Крайнего Севера и на архипелаге Шпицберген.

Подробнее: [https://www.mnr.gov.ru/press/news/termometriya\\_iz\\_glubiny\\_aleksandr\\_kozlov\\_dal\\_start\\_sozdaniyu\\_gosudarstvennoy\\_sistemy\\_fonovogo\\_monito/](https://www.mnr.gov.ru/press/news/termometriya_iz_glubiny_aleksandr_kozlov_dal_start_sozdaniyu_gosudarstvennoy_sistemy_fonovogo_monito/)

20 мая 2023 года (г. Нумеа, Новая Каледония)

## Второе сильное землетрясение в Тихом океане, в районе островов Лоялти, Новая Каледония

20 мая 2023 года в 1 ч 51 мин гринвичского времени (4 ч 51 мин мск) в Тихом океане, к юго-востоку от островов Лоялти на француз-

ской территории Новая Каледония, произошло второе сильное землетрясение (в эпицентре разрушительное по шкале ШСИ-17) с  $M = 7,3$  через 22 ч 53 мин после первого сильного землетрясения 19 мая в 2 ч 57 мин.

Эпицентр землетрясения, очаг которого находился в Тихом океане, в районе островов Лояли на французской территории Новая Каледония, на глубине 33 км, располагался в 36 км к северо-западу от сильного землетрясения 19 мая 2023 года в 2 ч 57 мин, в 430 км к востоку-юго-востоку от Нумеа, административного центра Новой Каледонии.

Геофизической службой зарегистрировано 15 афтершоков с  $M \geq 4,8$  в течение 21 ч.

По данным Национального центра по предупреждению цунами, максимальная волна цунами высотой 0,14 м была отмечена в Уинне, Новая Каледония и 0,12 м на острове Маре, Новая Каледония.

Землетрясение произошло в 36 км к северо-западу от сильного землетрясения 19 мая 2023 года с магнитудой  $M = 7,6$ .

Подробнее: <http://mseism.gsras.ru/EqInfo/RequestsHandler?cmd=toinfo&imid=234>



1 июня 2023 года (г. Москва)

## Вступает в силу техрегламент ЕАЭС на продукцию, предназначенную для гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

1 июня вступает в силу технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности продукции, предназначенной для гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ТР ЕАЭС 050/2021).

Техрегламент устанавливает единые обязательные требования к следующим видам

продукции, выпускаемой в обращение на территории Союза: средствам защитных сооружений гражданской обороны (защитно-герметическим устройствам, вентиляционным агрегатам, фильтрам); техническим средствам управления, связи и оповещения (автоматизированным рабочим местам, абонентским терминалам); техническим средствам мониторинга чрезвычайных ситуаций (программно-техническим комплексам, средствам передачи данных, датчикам); аварийно-спасательным средствам (аварийно-спасательным машинам, робототехническим средствам, инструментам и средствам поиска пострадавших).

Оценка соответствия продукции требованиям техрегламента осуществляется в форме сертификации и обеспечивается применением стандартов, включенных в перечни стандартов, утвержденных Коллегией Комиссии 30 мая этого года.

С целью плавного поэтапного перехода на требования техрегламента, в том числе для аккредитации органов по оценке соответствия установлен переходный период, который составляет 1,5 года, – до 1 января 2025 года.

Действие технического регламента не распространяется на продукцию, разработанную и модифицированную для распознавания, обнаружения или защиты от бактериологических (биологических) объектов и радиоактивных материалов, которые могут быть использованы в военных целях; продукцию, разработанную и модифицированную для распознавания, обнаружения или защиты от токсичных химикатов, используемых в химическом оружии, и химических средств для борьбы с массовыми беспорядками, а также на специально разработанные для них компоненты; средства индивидуальной защиты, которые являются объектом техрегламента Союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (ТР ТС 019/2011).

Источник: <https://eec.eaeunion.org/news/vstupuet-v-silu-tekhreglament-eaes-na-produktsiyu-prednaznachennuyu-dlya-grazhdanskoy-oborony-i-zashch/>

6 июня 2023 года (г. Гейтерсбург, шт. Мэриленд, США)

## Национальный институт стандартов и технологий о новом строительном стандарте по предотвращению обрушения зданий

Американское общество инженеров-строителей (ASCE) выпустило стандарт ASCE/SEI 76-23 Standard for Mitigation of Disproportionate Collapse Potential in Buildings and Other Structures – по снижению вероятности непропорционального обрушения зданий и других сооружений, первый национальный строительный стандарт такого рода. Разработанный в течение десятилетия и основанный на результатах исследований, проведенных Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST), стандарт содержит требования к конструкции и рекомендации по предотвращению распространения небольших изолированных отказов и разрушения всего здания или объекта.

Непропорциональное обрушение всегда представляло опасность для больших зданий. В 1995 г. федеральное здание Альфреда П. Мурра рухнуло в результате взрыва бомбы в Оклахома-Сити; первоначально были разрушены три колонны – повреждения, которые привели к последующему разрушению почти половины здания. Во время катастрофы во Всемирном торговом центре (ВТЦ) в 2001 г. высокая температура пожаров в здании ВТЦ7 вызвала деформации, которые разорвали соединение между балкой и колонной, вызвав серию отказов, которые привели к обрушению здания. По завершении расследования разрушения Всемирного торгового центра NIST подчеркнул необходимость



стандарта, направленного на смягчение последствий таких обрушений, а также руководящих принципов и инструментов для проектирования зданий. На основании предложения NIST, сделанного ASCE, инженерное общество сформировало новый комитет по стандартам из десятков экспертов по строительству из промышленности, научных кругов и федерального правительства.

Новый стандарт устанавливает цели производительности для конструкций, предоставив инженерам автономию в разработке собственных проектных решений. Он предлагает проверенные методы анализа и проектирования конструкций на случай непропорционального обрушения. Требуемые характеристики и уровень опасности (например, степень первоначального повреждения, которое должна выдержать конструкция) варьируются в зависимости от размера, занятости и полезности здания.

На данный момент стандарт является добровольным, однако в дальнейшем весь стандарт или его часть могут быть включены в типовые строительные нормы и правила и приняты государственными и местными органами управления.

Источник: <https://www.gostinfo.ru/WeeklyDigest/?digest=110>



#### ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСИ СТАТЬИ для журнала «Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений»

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, подстрочных 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).
  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 внутририсуночные надписи должны быть четкими и хорошо читаемыми. Натурные рисунки и фотографии должны быть хорошего контрастного качества.  
Графики, диаграммы, схемы и т. п. иллюстрации, сделанные в *Microsoft Excel*, должны быть сгруппированы.  
Все иллюстрации прилагаются **отдельными файлами**. Иллюстрации в формате \*.doc (*Word*), а также вставленные в текст статьи, к публикации **не принимаются!**
  9. Таблицы должны быть напечатаны с минимальными размерами строк и столбцов и вставлены в текст статьи. Все наименования в таблицах даются полностью без сокращения слов.
  10. В связи с трудоемкостью набора в издательских программах 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 x), знак градуса – ° (не O), знак стрелки – → (не ->).
  11. Все условные обозначения в тексте, таблицах, иллюстрациях приводятся в системе СИ.
  12. Статьи принимаются в электронном виде 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. Публикация научно-технических статей в журнале **бесплатная**.
  16. Статьи могут быть направлены в редакцию:  
E-mail: [ntd-ntp@mail.ru](mailto:ntd-ntp@mail.ru)  
Тел.: +7 (916) 563-23-38

**Рукописи, не отвечающие указанным требованиям, не принимаются к публикации не будут.**





# СПРАВКА О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**МЧС РОССИИ**

**12.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в складском здании в г. Хабаровске;
- пожара в складском здании в г. Норильске Красноярского края;
- обрушение перекрытий в ходе ремонтных работ в городской усадьбе «Торговый дом Г.И. Хаджи-Консты», расположенной в Большом Черкасском переулке в г. Москве.

**14.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожар автопокрышек на территории промзоны в г. о. Дзержинский Московской области;
- возгорания штабеля горбыля на территории промзоны на ул. Ударников, 1, в г. Плесецке Архангельской области;
- пожара в складском здании в г. Тольятти Самарской области;

**16.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- схода горной породы на автомобильную дорогу в Рутульском районе Республики Дагестан;
- произошло обрушение бетонного перекрытия в размещенной на первом этаже пекарне в бывшем общежитии «Парус», принадлежащем ранее «Донскому пароходству», в г. Ростове-на-Дону.

**18.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в складском здании в районе «Печатники» г. Москвы;
- пожара пиломатериалов на открытой площадке и цеха в н. п. Боровенка Новгородской области;
- пожара в жилом доме в г. Оренбурге;
- обрушения кровли складского здания на площади 800 кв. м на ул. 2-я Потребительская, 28, к. 4 в г. Челябинске.

**21.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- схода железнодорожных вагонов грузового поезда в Симферопольском районе Республики Крым;
- пожара в складском здании в г. Малоярославец Калужской области;
- пожара на шахте в г. Дальнегорске Приморского края;
- пожара в складском здании в г. Воронеже;
- ликвидация последствий схода вагонов грузового поезда в Нерчинском районе Забайкальского края;



– падения строительного крана на строительной площадке детского сада в микрорайоне Суворовском в жилом районе СЖМ в г. Ростове-на-Дону.

**23.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в жилом доме и надворных постройках в н. п. Арамилы Свердловской области;
- пожара в жилом доме в г. Якутске;
- пожара в жилом доме в н. п. Фоки Пермского края;
- пожара в складском здании в н. п. Тельмана Ленинградской области;
- обрушения части фасада многоэтажки по ул. Кирова, 99/2, в г. Уфа Республики Башкортостан.



**25.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в частном жилом доме в н. п. Старокучербаево Республики Башкортостан;
- взрыва газозащитной смеси в жилом доме в г. Краснодаре;
- пожара в 3-х нежилых домах с переходом огня на кровлю деревянного жилого дома в г. Архангельске;
- пожара в торгово-складских павильонах в г. Одинцово Московской области;
- частичного обрушения вследствие сильных дождей временного моста через реку Фарс в Мостовском районе на подъезде к г. Майкопу, на 72-м км федеральной трассы «Кавказ» на Кубани.



**30.05.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в квартире жилого дома в г. Сусуман Магаданской области;
- пожара в производственном цехе по изготовлению светодиодов в г. Шебекино Белгородской области;
- пожара в производственном цехе по изготовлению мебели в г. Рыбинске Ярославской области;
- обрушения при порыве ветра трибуны во время проведения детского футбольного матча на Гребном канале в Кировском районе в г. Ростове-на-Дону.



**02.06.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в здании цеха и складском здании в н. п. Осташево Московской области;
- пожара в производственном здании в н. п. Дружба Владимирской области;
- пожара в здании ритуальных услуг, 2-х пристроек и 4-х автомобилей в г. Гусь-Хрустальный Владимирской области;
- обрушения стены из-за взрыва и возгорания строительного клея в апартаментах на 60-м этаже в башне «Нева» «Москва-Сити» в г. Москве.



**05.06.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара на территории лесоперерабатывающего предприятия с переходом огня на лесной массив в н. п. Тасеево Красноярского края;
- пожара в производственно-складском здании с переходом огня на складское здание в н. п. Тюлячи Республики Татарстан;
- взрыва в квартире жилого дома в г. Брянске;
- пожара на кровле Центральной клинической больницы в г. Новосибирске;
- обрушения подпорной стены Каменного моста – объекта культурного наследия регионального значения в г. Воронеже.



**07.06.2023**

**Приняты меры по ликвидации последствий:**

- схода грязекаменной массы в Окинском районе Республики Бурятия;
- пожара в многоквартирном жилом доме в ЮЗАО города Москвы;
- обрушения грунта в результате скачка давления в трубопроводе на Боровском ш., д. 29 в г. Москве;
- обрушения плотины на Каховской ГЭС в Херсонской области.



#### 10.06.2023

##### Приняты меры по ликвидации последствий:

- пожара на кровле торгового здания в н. п. Саввино Московской области;
- пожара в емкости с разливом нефтепродукта и перехода огня на складское здание в г. Уфе Республики Башкортостан;
- пожара на кровле многоквартирного жилого дома в г. Лабинске Краснодарского края;
- пожара в частном жилом доме с переходом на соседний частный жилой дом и 3 хозяйственные постройки в г. Прокопьевске Кемеровской области-Кузбасса.



#### 13.06.2023

##### Приняты меры по ликвидации последствий:

- схода вагонов грузового поезда в Алексеевском районе Белгородской области;
- пожара в производственном здании в н. п. Николаевка Еврейской автономной области;
- пожара в частном жилом доме в н. п. Яковлево Московской области;
- пожара на кровле административного здания в г. Калининград;
- разрушения береговой опоры и части моста из-за резкого подъема воды в реке Ак на участке между г. Ак-Довурак Республики Тыва и г. Абаканом Республики Хакасия.



#### 16.06.2023

##### Приняты меры по ликвидации последствий:

- пожара на кровле жилого дома в г. Казань Республики Татарстан;
- пожара в энергоблоке на территории Новочеркасской ГРЭС в г. Новочеркасск Ростовской области;
- пожара в складском и административном зданиях в н. п. Красниково Курской области;
- обрушения из-за активизации оползневых процессов, вызванных обильными осадками, части дорожного полотна на федеральной трассе А-159 на подъезде от г. Майкопа к Кавказскому государственному биосферному заповеднику в Республике Адыгея.



#### 19.06.2023

##### Приняты меры по ликвидации последствий:

- пожара в здании автосервиса в г. Дзержинский Московской области;
- пожара в частном жилом доме в г. Урус-Мартане Чеченской Республики;
- пожара на открытой площадке с переходом огня на складской ангар в н. п. Ново-Талицы Ивановской области;
- пожара в частном жилом доме в н. п. Сайтово Республики Татарстан;
- падения строительного крана на стройке «Европейского берега» в г. Новосибирске.



#### 21.06.2023

##### Приняты меры по ликвидации последствий:

- взрыва на пороховом заводе в г. Котовске Тамбовской области;
- пожара в жилых домах и хозяйственных постройках в г. Медвежьегорск Республики Карелия;
- пожара в цехе по производству деревянных паллет в г. Волоколамске Московской области;
- пожара на кровле одноэтажного кирпичного здания центральной котельной в н. п. Ерофей Павлович Амурской области;
- обрушения во время сильного ветра части кирпичной кладки балкона на седьмом этаже многоквартирного дома в г. Омске.



#### 24.06.2023

##### Приняты меры по ликвидации последствий:

- пожара в частном жилом доме в н. п. Поречье Тверской области;
- пожара в квартире с переходом на кровлю жилого многоквартирного дома в н. п. Черкутино Владимирской области;
- пожара в многоквартирном жилом доме в г. Кемерово;
- пожара в многоквартирном жилом доме в г. Первоуральске Свердловской области;
- обрушения фрагментов здания бывшего завода им. Козицкого в ходе плановых работ по демонтажу производственного корпуса на стройплощадке ЖК «Регенбоген» девелопера проекта ГК «Красная стрела» на 7-й линии Васильевского острова г. Санкт-Петербурга.



**26.06.2023****Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в резервуаре с топливом в Левобережном районе г. Воронежа.
- пожара в строящемся частном жилом доме в н. п. Нартан Кабардино-Балкарской Республики;
- пожара в квартире жилого многоквартирного дома в г. Королеве Московской области;
- пожара в дачном доме в н. п. Устьянка Алтайского края;
- обрушение штукатурного слоя с балкона дома – памятника регионального значения «Дом, где в 1917 г. жил Джон Рид», а также писатель Сергей Довлатов на ул. Рубинштейна, 23 в г. Санкт-Петербург.

**28.06.2023****Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в многоквартирном жилом доме в г. Омске;
- пожара в деревянном многоквартирном жилом доме в н. п. Большая Уча Удмуртской Республики;
- пожара в квартире с переходом на кровлю жилого многоквартирного дома в г. Шахты Ростовской области;
- обрушение фасада у Стоквартирного дома – памятника архитектуры федерального значения в г. Новосибирске.

**01.07.2023****Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в помещении кафе в здании Ленинградского вокзала в районе «Красносельский» г. Москвы;
- пожара автоцистерны с переходом огня на склад и емкость с легковоспламеняющейся жидкостью на территории завода в г. Нижнем Новгороде;
- пожара в частном жилом доме в г. Таштаголе Кемеровской области-Кузбассе;
- схода вагонов грузового поезда на ж/д станции Бирюлево-Товарная в районе «Бирюлево-Восточное» г. Москвы;
- обрушения строительных лесов на территории технополиса «Москва» на ул. Конструктора Лукина в г. Зеленограде.

**05.07.2023****Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара на стройке в микрорайоне «Снеговая Падь» г. Владивостока;
- пожара в пятиэтажном доме по ул. Луначарского, 51 в г. Тюмени;
- пожара в многоквартирном жилом доме в г. Олекминске Республики Саха (Якутия);
- пожара в административно-складском здании в г. о. Химки, микрорайон Сходня Московской области;
- пожара на складе покрышек в промзоне на ул. Салова, 27 в г. Санкт-Петербурге.

**07.07.2023****Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожар в здании, где находятся рестораны «Турандот», «Шануар», «Кафе Пушкинъ», на Тверском бульваре, 26 в г. Москве;
- пожара в газотурбинном цеху на ГТ ТЭЦ «Лужская» в г. Великий Новгород;
- пожара в складском ангаре в Фрунзенском районе г. Санкт-Петербурга;
- незапланированного обрушения 120-метровой дымовой трубы, когда ее готовили к сносу, бывшего электролизного цеха Богословского алюминиевого завода в г. Красноурьинске Свердловской области.

**09.07.2023****Приняты меры по ликвидации последствий:**

- пожара в подвале Уральского института кардиологии на ул. 8 Марта в г. Екатеринбурге;
- пожара в кафе на ул. Путейской, 2А в Прикубанском округе г. Краснодара;
- взрыва на трубопроводе при проведении ремонтных работ на территории завода в г. о. Чапаевске Самарской области;
- пожара в производственно-складском здании в г. Волжский Волгоградской области;
- обрушения балкона в многоквартирном доме 11 по ул. Дос поселка Соколовый в г. Саратове.



### 10.07.2023

#### Приняты меры по ликвидации последствий:

- пожара в секционных складах удобрений в г. Иваново;
- пожара на предприятии по производству акриловых ванн в пос. Гигант Ковровского района Владимирской области;
- загоревшихся покрышек в г. Геленджике Краснодарского края;
- пожара в металлическом ангаре на территории компании «Атомэнергопроект» – дочерней компании «Росатома» в районе Чертаново на ул. Подольских Курсантов в г. Москве.



### 12.07.2023

#### Приняты меры по ликвидации последствий:

- обрушения плиты перекрытия между первым и вторым этажами в детской поликлинике по ул. Кузнечная, д. 5 в г. Красноармейск Саратовской области;
- пожара в квартире жилого дома в городе Нижний Новгород;
- пожара деревянных поддонов и трех грузовых автомобилей на открытой площадке в г. Екатеринбурге;
- пожара в производственно-складском здании на Менделеевской улице, д. 9 в Калининском районе г. Санкт-Петербурга.



### 17.07.2023

#### Приняты меры по ликвидации последствий:

- пожара строительных бытовок у станции метро «Народное ополчение» на северо-западе г. Москвы;
- пожара на 1-м этаже торгового комплекса по просп. Ленина г. Екатеринбурга Свердловской области;
- пожара на кровле жилого многоквартирного дома в г. Омске;
- пожара на территории АО «СИБУР-Нефтехим» в г. Дзержинске Нижегородской области;
- повреждения автомобильной части транспортного перехода через Керченский пролив в ст. Тамань Краснодарского края.



Материалы подготовлены по оперативной информации Главного управления «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ГУ НЦУКС МЧС России): [mchs.gov.ru](http://mchs.gov.ru), а также из открытых информационных интернет-источников.

# ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Григорьев А. В., инж.,  
Маковеев Е. Н., инж.  
(ФГБУ «Институт стандартизации», г. Москва)

## ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТОВ ОРГАНИЗАЦИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В ФЕДЕРАЛЬНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ФОНДЕ СТАНДАРТОВ, ДЛЯ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ «О ТРЕБОВАНИЯХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ» И «О БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

*В апреле 2023 года в рамках 5-ого учебно-консультационного семинара «Обоснование мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов капитального строительства путем разработки специальных технических условий, стандартов организаций, расчетов и испытаний» с докладом «Стандарты организаций. Регистрация стандартов организаций в Федеральном информационном фонде стандартов» выступили специалисты Российского института стандартизации.*

*Применение стандартов организаций (СТО) в строительстве и в обеспечении пожарной безопасности стало особенно актуальным после внесения изменений в закон «О стандартизации в Российской Федерации» предусматривающих, в том числе, возможность регистрации данных документов в Федеральном информационном фонде стандартов, а также в связи планируемым принятием изменений в технические регламенты Российской Федерации «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», и «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».*

*Ключевые слова: стандартизация, стандарты организаций, технические условия, Федеральный информационный фонд стандартов, регистрация в Фонде, оператор Фонда, банк данных «Продукция России»*

### Введение

В настоящее время в Российской Федерации реализуется «План мероприятий («дорожная карта») по развитию деревянного домостроения на период до 2024 года», утвержденный Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации и Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, в соответствии с которым разработаны и прошли экспертизу в техническом комитете по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность» четыре стандарта организаций, устанавливающих требования по обеспечению пожарной безопасности при проектировании многоэтажных жилых зданий и социально-культурных объектов с применением конструкций из древесины и древесных материалов

для типовых проектов: многоквартирных жилых зданий до четырех этажей, зданий общеобразовательных организаций и фельдшерско-акушерских пунктов.

В июне 2023 года стандарт организации ФГБОУ ДО «Федеральный центр дополнительного образования и организации отдыха и оздоровления детей» СТО 14276496-001-2023 «Одноэтажные каркасно-тентовые и быстровозводимые некапитальные сооружения, размещаемые на территориях стационарных организаций отдыха и оздоровления детей сезонного и круглогодичного функционирования» был зарегистрирован в Федеральном информационном фонде стандартов.

Разработчиком данного СТО выступил ФГБУ «ВНИИПО МЧС России», который осуществляет ведение дел секретариата ТК 274, организованный в 1993 г. и объединяющий в настоящее

время более 100 членов, в том числе Минпромторг России, ОАО «РЖД», ООО «Технониколь», Российский институт стандартизации. За это время обеспечена разработка, проведена экспертиза и подготовка к введению в действие 235 национальных стандартов и 44 свода правил, из которых в настоящее время являются действующими 185 стандартов и 32 свода правил. Большинство из данных документов включены в перечни документов по стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [1] и Технического регламента о безопасности зданий и сооружений [2]. В настоящее время в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) для обеспечения соблюдения требований ТР ЕАЭС 043/2017 «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безо-

пасности и пожаротушения» ведется разработка межгосударственных стандартов для последующего обновления соответствующих перечней.

#### Нормативное и правовое обеспечение

В 2021 г. в технический регламент [1] были внесены изменения, в частности, в статье 6 установлены условия, при выполнении одного из которых пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, и согласно пункта 4 данной статьи пожарная безопасность объекта защиты обеспечена в случае выполнения требований пожарной безопасности, содержащихся в стандарте организации, который должен быть согласован в Порядке, установленном приказом МЧС России [3]. Согласно данному Порядку согласование стандартов организаций осуществляется главным государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору или одним из его заместителей, при этом согласование СТО в ТК 274 «Пожарная безопасность» может быть пройдено до согласования в МЧС России.

Согласно закону о техническом регулировании [4] допускается применение СТО и (или) иных документов для оценки соответствия требованиям технического регламента. Таким образом, СТО/ТУ могут быть применены для идентификации объекта сертификации в соответствии с формой и схемой, установленной техническим регламентом с учетом степени риска недостижения целей данного технического регламента. Оценка риска осуществляется с учетом требований по идентификации опасности и угроз вероятности причинения вреда жизни или здоровью граждан, имущества физических и юридических лиц, в соответствии с методами, установленными в технических регламентах и национальных стандартах. При этом к инновационной продукции, работам и (или) услугам выполняемым предприятием по собственной технической документации, все требования устанавливаются в СТО/ТУ и могут уточняться соответствующим техническим регламентом.

Согласно закону о стандартизации [5] СТО/ТУ разрабатываются организациями самостоятельно, исходя из необходимости их применения для обеспечения целей стандартизации и разрабатываются с учетом документов национальной системы стандартизации, в связи с чем считаем целесообразным проинформировать всех заинтересованных лиц о последних

изменениях, внесенных в закон о стандартизации, касающихся возможности регистрации СТО и ТУ в Федеральном информационном фонде стандартов (Фонд стандартов), оператором которого определен Российский институт стандартизации.

По результатам пятилетнего опыта применения закона о стандартизации в него Федеральным законом от 30 декабря 2020 года № 523-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» внесены изменения, которыми помимо уточнения полномочий участников работ по стандартизации, введения нового вида документа по стандартизации – технических спецификаций (отчетов), устанавливается возможность регистрации СТО и ТУ в Фонде стандартов по инициативе утвердившей их организации, то есть на добровольной основе.

Порядок регистрации СТО и ТУ установлен приказом Росстандарта [6].

В целях регистрации СТО или ТУ организация направляет в Российский институт стандартизации комплект документов в составе:

- копия СТО или ТУ;
- заявка на регистрацию;
- экспертное заключение профильного технического комитета (ТК);
- пояснительная записка;
- информация об объектах патентного права;
- соглашение об опубликовании и условиях распространения.

С типовыми формами документов из указанного перечня любое заинтересованное лицо может ознакомиться на официальном сайте Российского института стандартизации.

Безусловно, важнейшим требованием при направлении заявителем комплекта документов на регистрацию СТО/ТУ в Фонд стандартов в соответствии с Порядком регистрации является наличие экспертного заключения ТК на СТО/ТУ.

Порядок проведения экспертизы проектов СТО и ТУ в ТК установлен приказом Минпромторга России [7], в соответствии с которым предметом экспертизы является всесторонняя проверка соответствия проекта СТО/ТУ нормативным правовым актам Российской Федерации, действующим техническим регламентам, основополагающим стандартам, а также принципам, целям и задачам стандартизации.

Кроме того, в связи с установлением

в законе [5] в 2021 г. принципа непротиворечивости документов национальной системы стандартизации (НСС) и сводов правил (СП) и отсутствия в них дублирующих положений, ТК при проведении экспертизы должен провести сопоставление требований, установленных в документах НСС и СП с проектом СТО/ТУ.

Детально история вопроса регистрации СТО и ТУ в Фонде стандартов изложена авторами в статье [8], далее обращаем внимание на основные ее тезисы.

Согласно закону о стандартизации, СТО относятся к документам по стандартизации, утвержденным юридическим лицом, в т.ч. государственной корпорацией, саморегулируемой организацией, а также индивидуальным предпринимателем для совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, а технические условия определяются как вид стандарта организации, утвержденный изготовителем продукции или исполнителем работы, услуги.

Также, согласно закону о стандартизации, порядок разработки СТО и ТУ, их утверждения, учета, изменения, отмены и применения организации устанавливаются самостоятельно, при этом требования к содержанию, оформлению, обозначению и другим аспектам СТО и ТУ установлены в национальных стандартах.

На СТО распространяется ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», в соответствии с которым построение, изложение, оформление и содержание СТО выполняется в соответствии с требованиями, установленными в ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения» и ГОСТ 1.5-2001 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению».

На ТУ в зависимости от отраслевой принадлежности распространяются требования следующих национальных стандартов:

- ГОСТ 2.114-2016 Единая система конструкторской документации. Технические условия – на продукцию машиностроения и приборостроения;
- ГОСТ Р 1.3-2018 Стандартизация

в Российской Федерации. Технические условия на продукцию. Общие требования к содержанию, оформлению, обозначению и обновлению – на вещества, материалы, одежду, обувь и другую не машиностроительную продукцию;

– ГОСТ Р 51740-2016 Технические условия на пищевую продукцию. Общие требования к разработке и оформлению;

– ГОСТ Р 58093-2018 Технические условия на продукцию черной металлургии. Общие правила разработки, утверждения, обновления и отмены.

Эти стандарты устанавливают схожие положения по содержанию ТУ, которые должны включать: требования к качеству (технические или потребительские характеристики) и безопасности продукции, упаковке и маркировке, правила приемки и методы контроля, правила применения, транспортирования, хранения и утилизации. То есть, по сути, ТУ должны быть инструкцией по безопасному использованию готовой продукции на разных стадиях ее жизненного цикла, но не касаться процессов разработки, постановки на производство, подробного описания технологических процессов. Кроме того, требования ТУ являются обязательными не только для изготовителя и потребителя, но также, возможно, и к сторонним организациям, оказывающим услуги по перевозке, хранению и утилизации. Таким образом ТУ могут применяться в качестве приложений к договорам или контрактам, как это установлено статьей 21 закона о стандартизации.

Следует обратить внимание, что статус СТО или ТУ, зарегистрированных в установленном порядке в Фонде стандартов, повышается до документа национальной системы стандартизации и они могут быть использованы для описания объектов закупки в соответствии с правилами стандартизации [9].

СТО и ТУ зарегистрированные в Фонде стандартов не только способствуют реализации принципа стандартизации о доступности информации о документах по стандартизации, так как сведения о них согласно Порядка регистрации [6] подлежат опубликованию, но и становятся инструментом опережающей стандартизации и играют важную роль в информационном обеспечении стандартизации, в том числе как основа импортозамещения [10].

#### Заключение

Законодательство в Российской Фе-

дерации развивается не только в сфере стандартизации, также проводятся работы по обновлению технических регламентов в Евразийском экономическом союзе. Разрабатываются новые технические регламенты и изменения к ним и это необходимо учитывать разработчикам СТО/ТУ и техническим комитетам при проведении экспертизы проектов документов, в целях соблюдения принципов стандартизации, в том числе о соответствии документов по стандартизации действующим на территории Российской Федерации техническим регламентам. Так в настоящее время разрабатывается восемь технических регламентов ЕАЭС и 35 изменений в ранее принятые технические регламенты.

Необходимо отметить, что на Федеральном портале нормативных правовых актов проходит экспертиза проекта федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации», в котором подтверждение соответствия проектных значений и характеристик зданий или сооружений требованиям безопасности может быть обосновано ссылками в том числе на требования стандартов организаций, прошедших экспертизу в техническом комитете по стандартизации в сфере строительства и зарегистрированных в Федеральном информационном фонде стандартов. Анализ Фонда стандартов показал, что в настоящее время в нем содержится 1453 национальных стандарта в области строительных материалов и строительства, а также зарегистрированы следующие стандарты организаций область деятельности которых распространяется в том числе на обоснование проектных значений и характеристик зданий или сооружений требованиям безопасности:

– СТО ЦНИИП МИНСТРОЯ 01422803-13.01-2022 Обоснование проектных значений и характеристик здания или сооружения требованиям безопасности, а также проектируемых мероприятий по обеспечению его безопасности;

– СТО НП 2.01-01-2022 Платформы пассажирские быстровозводимые на фундаментах из блоков на основе пенополистирола. Проектирование и строительство;

– СТО Р НП АВОВ 7.8.1-2020 Проектирование инженерных систем инфекционных больниц.

Помимо Фонда стандартов Российской институт стандартизации также формирует и ведет банк данных «Продукция России» [11], [12], который содержит информацию о продукции отечественных производителей, основанную на регистрации каталожных листов. Необходимо отметить, что на текущий момент в банке данных содержится более 1000 каталожных листов о противопожарных машинах, оборудовании, инвентаре и материалах, информация о которых может использоваться не только для разработки национальных стандартов, но и для реализации национальных проектов, таких как Международная кооперация и экспорт.

#### Библиография

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
2. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
3. Приказ МЧС России от 15 ноября 2022 г. № 1161 «Об утверждении Порядка согласования стандартов организаций, содержащих требования пожарной безопасности»
4. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»
5. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»
6. Приказ Росстандарта от 30 апреля 2021 г. № 651 «Об определении Порядка регистрации стандартов организаций, в том числе технических условий в Федеральном информационном фонде стандартов»
7. Приказ Минпромторга России от 6 июля 2017 г. № 2171 «Об утверждении Порядка проведения экспертизы проектов стандартов организаций, а также проектов технических условий, представляемых разработчиком в соответствующие технические комитеты по стандартизации или проектные технические комитеты по стандартизации»
8. Маковеев Е.Н., Григорьев А.В. О регистрации стандартов организаций и технических условий в Федеральном информационном фонде стандартов. // Стандарты и качество. 2022. № 4. С. 26-31.
9. ПР 1323565.1.002-2018 Правила заполнения и представления каталожных листов продукции
10. Маковеев Е.Н., Григорьев А.В. Роль стандартов организаций и технических условий в информационном обеспечении



стандартизации. Часть 1. Стандарты организаций и технические условия, как основа импортозамещения. // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. №4/68.

11. Григорьев А. В. Организационное обеспечение информационной системы банка данных «Продукция России». // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2017. №3 (37). С. 6.

12. Григорьев А. В. Основные направления развития информационной системы банка данных «Продукция России». // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2017. №4 (38). С. 3.

eng

Grigoriev A. V., Makoveev E. N.

## APPLICATION OF STANDARDS OF ORGANIZATIONS AND TECHNICAL SPECIFICATIONS REGISTERED IN THE FEDERAL INFORMATION FUND OF STANDARDS TO ASSESS COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS OF TECHNICAL REGULATIONS ON FIRE SAFETY REQUIREMENTS AND ON THE SAFETY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

*In April 2023, within the framework of the 5-th training and consulting seminar «Justification of measures to ensure fire safety of capital construction facilities by developing special technical conditions, standards of organizations, calculations and tests» with the report «Standards of organizations. Registration of standards of organizations in the Federal Information Fund of Standards» was made by specialists of the Russian Institute of Standardization.*

*The application of standards of organizations (SRT) in construction and in ensuring fire safety has become especially relevant after amendments to the law «On Standardization in the Russian Federation» providing, the possibility of registering these documents in the Federal Information Fund of Standards, as well as in connection with the planned adoption of amendments to the technical regulations of the Russian Federation «Technical Regulations on fire safety requirements», and «Technical regulations on the safety of buildings and structures»*

*Keywords: standardization, standards of organizations, specifications, The Federal Information Fund of Standards, registration in the Fund, Fund operator, databank «Products of Russia».*

### References

1. Federalnyy zakon ot 22 iyulya 2008 g. №123-FZ «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» (in Russian)
2. Federalnyy zakon ot 30 dekabrya 2009 g. 384-FZ «Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy» (in Russian)
3. Prikaz MCHS Rossii ot 15 noyabrya 2022 g. №1161 «Ob utverzhdenii Poryadka soglasovaniya standartov organizacij, soderzhashchih trebovaniya pozharnoj bezopasnosti» (in Russian)
4. Federalnyy zakon ot 27 dekabrya 2002 g. №184-FZ «O tekhnicheskoy regulirovani» (in Russian)
5. Federalnyy zakon ot 29 iyunya 2015 g. №162-FZ «O standartizatsii v Rossijskoj Federatsii» (in Russian)
6. Prikaz Rosstandarta ot 30 aprelya 2021 g.

- №651 «Ob opredelenii Poryadka registratsii standartov organizacij, v tom chisle tekhnicheskikh uslovij v Federalnom informacionnom fonde standartov» (in Russian)
7. Prikaz Minpromtorga Rossii ot 6 iyulya 2017 g. №2171 «Ob utverzhdenii Poryadka provedeniya ekspertizy projektov standartov organizacij, a takzhe projektov tekhnicheskikh uslovij, predstavlyaemykh razrabotchikom v sootvetstvuyushchie tekhnicheskie komitety po standartizatsii ili projektnye tekhnicheskie komitety po standartizatsii» (in Russian)
8. Makoveev E. N., Grigoriev A. V. O registratsii standartov organizacij i tekhnicheskikh uslovij v Federalnom informacionnom fonde standartov. //Standarty i kachestvo. 2022. №4. Pp. 26-31. (in Russian)
9. PR 1323565.1.002-2018 Pravila zapolneniya i predstavleniya katalozhnykh listov produktov (in Russian)

10. Makoveev E. N., Grigoriev A. V. Rol standartov organizacij i tekhnicheskikh uslovij v informacionnom obespechenii standartizatsii. CHast 1. Standarty organizacij i tekhnicheskikh usloviya, kak osnova importozameshcheniya. // Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2022. №4/68. (in Russian)
11. Grigoriev A. V. Organizatsionnoe obespechenie informacionnoj sistemy banka dannyh «Produkcija Rossii». // Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2017. №3 (37). P. 6. (in Russian)
12. Grigoriev A. V. Osnovnye napravleniya razvitiya informacionnoj sistemy banka dannyh «Produkcija Rossii». // Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2017. №4 (38). P. 3. (in Russian)

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

Жемчугов-Гитман Д. М., асп.,  
Сорокина Г. В., канд. техн. наук,  
Уздин А. М., д-р техн. наук, проф.,  
(ПГУПС, г. Санкт-Петербург)

## АППРОКСИМАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПИКОВЫХ УСКОРЕНИЙ ОТ ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО ПЕРИОДА НА АКСЕЛЕРОГРАММЕ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СООРУЖЕНИЙ ПО ЛИНЕЙНО-СПЕКТРАЛЬНОЙ МЕТОДИКЕ

Предлагается вид аппроксимации зависимости пиковых ускорений сейсмического воздействия от его преобладающего периода по акселерограмме. Идея принятой аппроксимирующей зависимости основывается на том, что псевдоспектр смещений, получаемый при делении огибающей спектров ускорений на квадрат доминирующей круговой частоты, приближается к реальным смещениям основания. Эта гипотеза обеспечивает возможность кинематических расчетов на основе псевдоспектра смещений. Предлагаемая аппроксимация содержит 6 неопределенных параметров, которые подобраны методом наименьших квадратов на основе обработки записей около 200 сильных землетрясений.

Доклад был представлен на всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Строительство и архитектура: теория и практика сейсмической безопасности», проходившей с 14 по 16 марта 2023 года в г. Махачкала.

Ключевые слова: пиковые ускорения, сейсмическое воздействие, акселерограмма, псевдоспектр смещений, землетрясение

### Введение

Оценка сейсмического воздействия является неотъемлемой частью проектирования зданий и сооружений в сейсмически опасных районах. В соответствии с действующими нормативными документами в области сейсмостойкого проектирования на территории Российской Федерации [1] сейсмическое воздействие определяется пиковыми ускорениями грунта ( $PGA$ ) в зависимости от расчетного макросейсмического балла. К сожалению, действующие нормы проектирования [1] не соответствуют действующей шкале балльности. Актуальная шкала интенсивности сейсмического воздействия на территории Российской Федерации (ШСИ-17) представлена в [2] и определяет кинематические параметры движения грунта ( $PGA$  – пиковые ускорения грунта,  $PGV$  – пиковые скорости грунта,  $PGD$  – пиковые смещения грунта) во время землетрясения в зависимости от балльности площадки. При проектировании для заданной площадки строительства величина  $PGA$  считается неизменной и в значительной степени определяет нагрузочный эффект от землетрясения.

Между тем, принятые в нормах значе-

ния  $PGA$  уже много лет вызывают дискуссии среди специалистов. С ростом данных о сейсмических воздействиях, величина  $PGA$  росла, начиная от  $1 \text{ м/с}^2$  по теории Омори до  $4 \text{ м/с}^2$  по шкале МСК-64 [3], [4], принятой в настоящее время в нормативных документах по сейсмостойкому проектированию, и до  $7 \text{ м/с}^2$  в ШСИ-17 [2] для 9-балльного землетрясения. Отметим, что строительные нормативы в области сейсмостойкости не гармонизированы между собой до настоящего времени.

В то же время, имеется ряд исследований [5] – [10] и др., которые детально рассматривают кинематические характеристики землетрясения в зависимости от частотного состава воздействия. В том числе, высказывается тезис, что величина пиковых ускорений основания не постоянна для заданной интенсивности воздействия, а зависит от его спектрального состава. Эти исследования продолжены и описаны в настоящей статье.

### Состояние вопроса

Впервые предположение о зависимости пикового ускорения от частотного состава сейсмического воздействия высказано О.А. Савиновыми и Т.А. Сандович

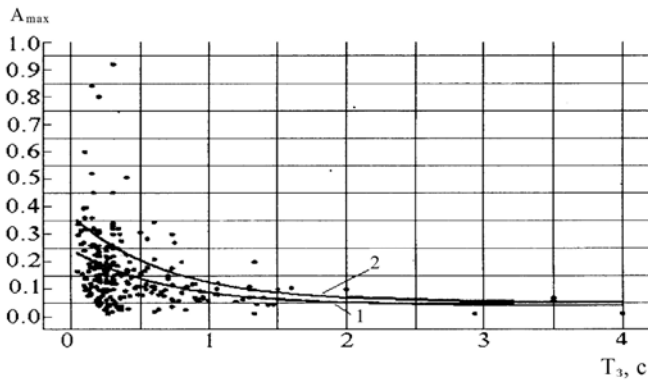
(Белаш) при рассмотрении систем с сейсмоизоляцией [11], [12]. Однако эта гипотеза полноценно сформулирована А.А. Долгой в работах [5], [6], где определена связь пиковых ускорений грунта ( $PGA$ ) с преобладающим периодом акселерограмм ( $T_{eq}$ ). Под преобладающим периодом понимается период, соответствующий максимальной ординате на спектре ответа ускорений акселерограммы. Изначальные результаты были получены на основании обработки данных 2408-балльных записей. Для аппроксимации зависимости  $PGA(T_{eq})$  А.А. Долгой была использована зависимость

$$PGA(T_{eq}) = [a(e^{-a_1 T} + ce^{-a_2 T}) + b] \cdot 2^{I-8}, \quad (1)$$

где  $I$  – сила землетрясения в баллах;  
 $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $a_1$  – параметры, подбираемые по методу наименьших квадратов.

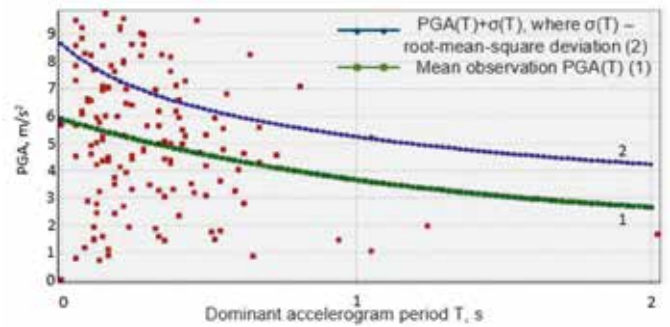
Результаты обработки данных и соответствующие аппроксимирующие функции показаны на рисунке 1.

Впоследствии, изучение зависимости  $PGA(T_{eq})$  продолжилось в работах А.М. Уздина, Н.В. Дурсеновой, О.П. Нестеровой, С.В. Прокоповича, Ш.Ш. Назаровой и др. Эти исследования представлены в работах [8] – [10]. В них была увеличена база используемых акселерограмм, учтены воздействия 9-балльных землетрясений,



1 – среднее значение аппроксимирующей функции;  
2 – среднее значение + 1 стандартное отклонение

Рисунок 1 – Зависимость пикового ускорения от преобладающего периода по данным [5]



1 – среднее значение аппроксимирующей функции;  
2 – среднее значение + 1 стандартное отклонение

Рисунок 2 – Зависимость пикового ускорения от преобладающего периода и соответствующая аппроксимирующая функция на основании данных 9-балльных землетрясений, полученной А. М. Уздиным в [8],

рассмотрены другие аппроксимирующие функции, а также рассмотрены зависимости других кинематических и энергетических характеристик землетрясений от преобладающего периода. Пример полученной зависимости и аппроксимирующей функции  $PGA(T_{eq})$  по данным [8] показаны на рисунке 2. При этом для аппроксимации  $PGA(T_{eq})$  использована зависимость

$$PGA(T_{eq}) = 2.1 + 4.04 \cdot e^{-T_{eq}}. \quad (2)$$

Помимо теоретических оценок связи кинематических характеристик прошедших землетрясений со спектральным составом их воздействия, на основании полученных результатов, построены модели расчетного воздействия для оценки сейсмостойкости сооружений. В том числе разработаны рекомендации для проектирования [7], где зависимость описана для различных уровней землетрясений (ПЗ и МРЗ). Также С. В. Прокоповичем и А. М. Уздиным предложены модели сейсмического воздействия, построенные на основании связи кинематических и энергетических характеристик акселерограмм со спектральным составом воздействия [13], [14].

Однако, соответствие аппроксимации  $PGA(T_{eq})$  натурным данным обеспечивалось формально за счет использования метода наименьших квадратов без учета физики искомой зависимости, прежде всего возможных смещений основания при использовании построенных зависимостей  $PGA(T_{eq})$ .

#### Описание аппроксимации и способа подбора параметров по методу наименьших квадратов

В настоящем исследовании авторы при выборе аппроксимирующей зависи-

мости  $PGA(T_{eq})$  исходили из трех положений, основанных на анализе физической составляющей сейсмического воздействия.

Во-первых, функция аппроксимации должна обеспечивать возможность ее использования при расчете сооружений по линейно-спектральной теории (ЛСТ) сейсмостойкости. Так, в соответствии с интерпретацией ЛСТ [15], воздействие предполагается принимать по следующей зависимости

$$SA(T) = m \cdot PGA(T_{eq}) \cdot \beta(T) \cdot K_{\psi} \cdot \eta \cdot K_1, \quad (3)$$

где  $SA(T)$  – значение сейсмической нагрузки по форме колебаний;

$m$  – масса рассматриваемого участка сооружения;

$PGA(T_{eq})$  – пиковое ускорение грунта основания, зависящее от преобладающего периода на спектре ответа акселерограммы;

$\beta$  – коэффициент динамичности по форме колебаний; в литературе и нормах [1] он зависит от периода сооружения  $T$ , однако при резонансе это постоянная величина, зависящая только от характеристики демпфирования осциллятора;

$K_{\psi}$  – коэффициент, учитывающий затухание в системе по форме колебаний;

$\eta$  – коэффициент участия формы колебаний;

$K_1$  – коэффициент допускаемых повреждений.

Ввиду того, что при сборе нагрузок по ЛСТ предполагается резонанс между сооружением  $T$  и воздействием  $T_{eq}$ , выражение (3) можно записать следующим образом

$$T = T_{eq}; SA(T) = m \cdot PGA(T) \cdot \beta \cdot K_{\psi} \cdot \eta \cdot K_1. \quad (4)$$

Во-вторых, при больших периодах коэффициент гармоничности воздействия приближается к 1 [9], [16], т.е. характер колебаний приближается к гармонич-

скому. Это значит, что смещения, скорости и ускорения приближенно связаны следующей зависимостью

$$PGD(T) \approx PGV(T) \cdot (T/2\pi) \approx PGA(T) \cdot (T/2\pi)^2. \quad (5)$$

В-третьих, известные исследования зарубежных специалистов показывают, что при больших периодах спектр ответа смещений (псевдосмещений) сооружения  $SD$  практически не меняется и стремится к  $PGD$  [17], [18]. С целью определения смещений сооружения при расчете по ЛСТ с использованием предлагаемой зависимости, третье положение описывается выражением

$$SD(T) = -PGD = const. \quad (6)$$

Аналогичный результат следует и из наших исследований. На Рис. 3 приведена зависимость упругой составляющей смещения от преобладающего периода на акселерограмме по используемой нами базе акселерограмм.

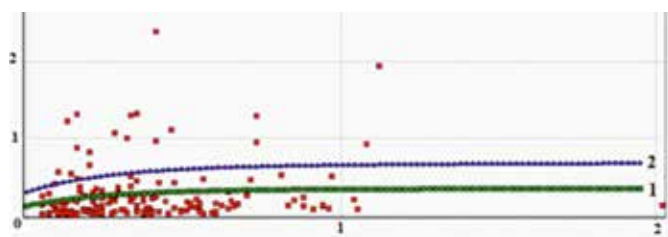
На основании изложенных положений, функцию аппроксимации  $PGA(T_{eq})$  предлагается выразить в виде суперпозиции двух функций:

– Функция 1, которая на коротких периодах наиболее точно описывает зависимость  $PGA(T_{eq})$ ;

– Функция 2, которая на длинных периодах определяет вид зависимости спектра ответа смещений  $SD(T)$  сооружения. То есть должна быть обратно пропорциональной квадрату  $T$  на длинных периодах

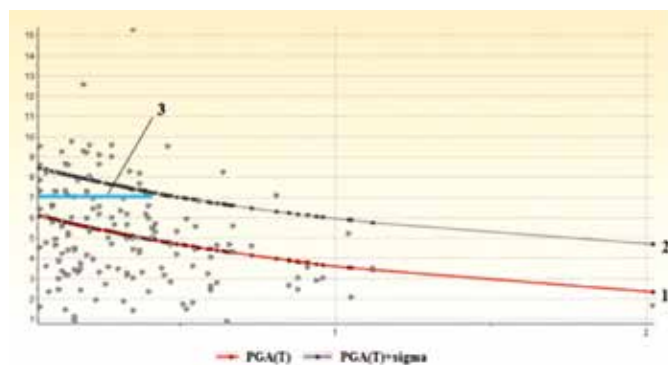
$$PGA(T) = Ae^{-\left(\frac{T+a}{b}\right)^v} + \frac{C}{(T+a)^2}. \quad (7)$$

Данные для аппроксимации включают в себя записи около 200 землетрясений интенсивностью 9 баллов. Нахождение неопределенных коэффициентов  $A, a, b, v, C, SA(T)$  – значение сейсмической нагрузки по форме колебаний.  $K_1$  реализуется по методу наименьших квадратов.



1 – среднее значение аппроксимирующей функции;  
2 – среднее значение + 1 стандартное отклонение

Рисунок 3 – Зависимость упругой составляющей смещения (по оси ординат) от преобладающего периода на спектре ответа акселерограмм (по оси абсцисс)



1 – математическое ожидание аппроксимирующей функции;  
2 – математическое ожидание + 1 стандартное отклонение;  
3 – пиковые ускорения по ГОСТ [2]

Рисунок 4 – Полученная аппроксимация пиковых ускорений основания  $PGA$  (по оси ординат) от преобладающего периода воздействия на спектре ответа акселерограмм (по оси абсцисс),  $m/s^2$

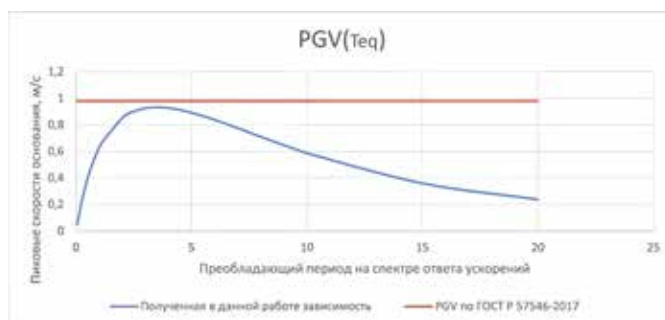


Рисунок 5 – Зависимость скорости грунта от преобладающего периода на спектре ответа акселерограммы, полученный на основании аппроксимации  $PGA(T)$ ,  $m/s$

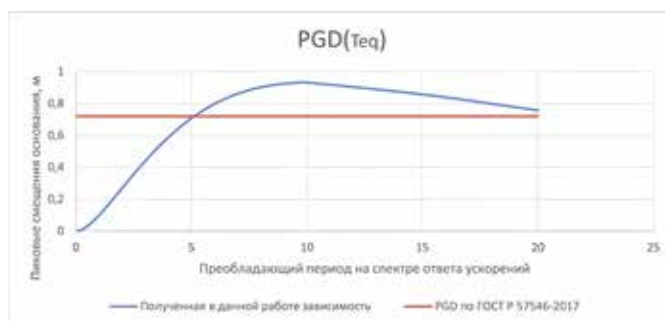


Рисунок 6 – Зависимость смещения грунта от преобладающего периода на спектре ответа акселерограммы, полученный на основании аппроксимации  $PGA(T)$ ,  $m$

Т а б л и ц а 1 – Значения параметров аппроксимации

$A$	$a$	$b$	$\nu$	$C$	$d$
12,64	7,73	4,16	1,00	29,76	2,52

### Описание результатов

Расчеты показывают, что при достаточно широком варьировании параметров аппроксимации, ее погрешность меняется незначительно. Это позволяет выбирать зависимость вида (7) с учетом дополнительных требований к виду зависимости  $PGA(T_{eq})$ , а также  $PGV(T_{eq})$  и  $PGD(T_{eq})$ .

Перебор возможных параметров приводит к зависимости  $PGA(T_{eq})$ , представленной в таблице 1 и на рисунке 4.

Полученная функция аппроксимации  $PGA(T_{eq})$  имеет хорошую сходимость с данными  $PGA$  по ГОСТ [2] в диапазоне периодов 0,3-0,5 с.

Зависимости  $PGV(T_{eq})$  и  $PGD(T_{eq})$ , полученные при использовании формулы (5) приведены на рисунках 5, 6. Полученные спектральные скорости и смещения близки к данным для 9-балльного землетрясения, приведенным в ГОСТ [2].

### Сопоставление результатов с ранее полученными зависимостями

Сопоставление зависимостей  $PGA(T_{eq})$ ,  $PGV(T_{eq})$  и  $PGD(T_{eq})$  с результатами предыдущих исследований приведено соответственно на рисунках 7-9.

В высокочастотной области полученная зависимость  $PGA(T_{eq})$  превышает нормативные значения [1] и соответствует значению  $PGA$  по ГОСТ [2]. Однако видна четкая тенденция снижения  $PGA$  с увеличением преобладающего периода  $T_{eq}$ . В работах, представленных ранее [8], [15], пиковые ускорения на длинных периодах стремились к постоянной величине.

Переход к псевдоскоростям и псевдосмещениям для предлагаемой зависимости  $PGA(T)$  принципиально отличается от использованных ранее аналогичных зависимостей. Скорости и смещения по представленным ранее зависимостям неконтролируемо растут, стремясь к бесконечности. По представленной в данной работе зависимости, пиковые скорости и смещения стремятся к нормированным величинам на длинных периодах.

### Заключение

В отличие от ранее представленных функций аппроксимации  $PGA(T_{eq})$  для 9-балльных землетрясений, рассмотренная в настоящей статье зависимость позволяет получать значения  $PGA$ ,  $PGV$  и  $PGD$  по ГОСТ P 57546-2017 в разных

диапазонах преобладающих периодов  $T_{eq}$ .

В результате работы предложена функция аппроксимации пиковых ускорений в зависимости от преобладающего периода с нацеленностью на ее применение при задании сейсмического воздействия по линейно-спектральной теории сейсмостойкости (ЛСТ). Однако полученную зависимость следует увязать с остальными коэффициентами к сейсмической нагрузке при задании сейсмического воздействия по ЛСТ.

Следуя формуле (3) по [15], произведение  $PGA \cdot \beta$  представляет собой кривую динамичности (огibaющую спектра ускорений). В отличие от коэффициентов динамичности в действующих нормативных документах разных стран, функция является непрерывной и без явного разделения на зоны, все участки получены автоматически путем обработки статистических данных, а также построенная функция позволяет получать в рамках расчета расчетные значения ускорений, скоростей и упругих смещений рассматриваемого сооружения.

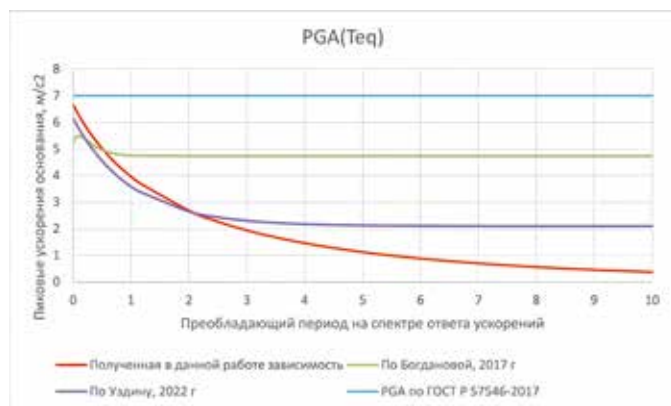


Рисунок 7 – Сопоставление зависимостей PGA ( $T_{eq}$ ), полученных по результатам [8], [17]

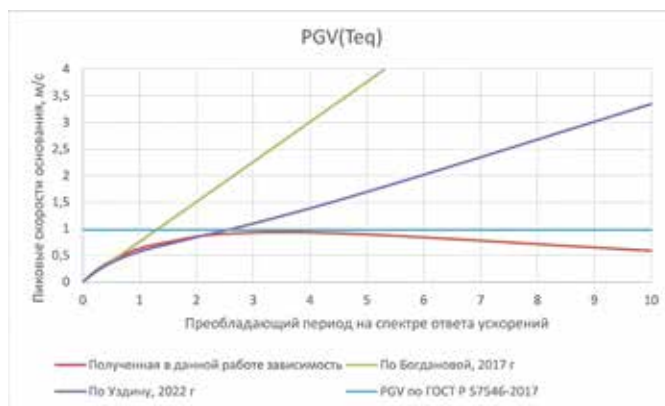


Рисунок 8 – Сопоставление зависимостей PGV ( $T_{eq}$ ), полученных по результатам [8], [17]

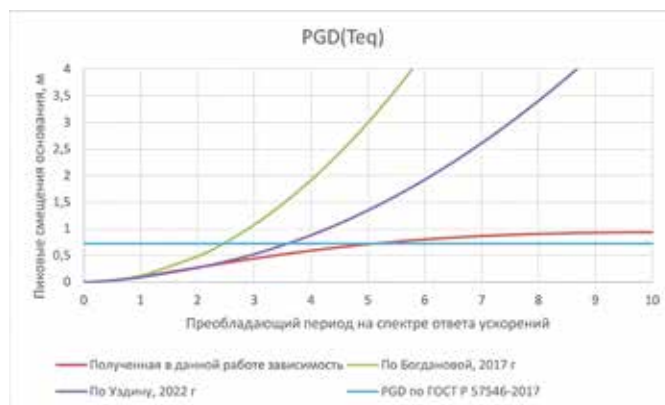


Рисунок 9 – Сопоставление зависимостей PGD ( $T_{eq}$ ), полученных по результатам [8], [17]

### Библиография

- СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах»
- ГОСТ 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности
- Антикаев Ф. Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. – М.: ООО «Наука и образование», 2012. 176 с.
- ГОСТ 6249-52 Шкала для определения силы землетрясений в пределах от 6 до 9 баллов
- Долгая А. А. Моделирование сейсмического воздействия коротким временным процессом. // Э-И. ВНИИТПИ. Сер. Сейсмостойкое строительство. Вып. 5-6. 1994. С. 56-63.
- Долгая А. А., Индейкин А. В., Уздин А. М. Методика оценки и рекомендации по заданию уровня расчетного сейсмического воздействия для оценки сейсмостойкости зданий и сооружений различной степени ответственности. // Э-И. ВНИИТПИ. Сер. Сейсмостойкое строительство. Вып. 4. 1996. С. 16-22.
- Рекомендации по заданию сейсмических воздействий для расчета зданий разной степени ответственности. – С.-Петербург – Петропавловск-Камчатский: КамЦентр. 1996. 12 с.
- А. М. Uzdin, T. V. Ivanova, G. V. Sorokina,

Hong Lin, Kh. Kh. Kurbanov., Sh. Sh. Nazarova. Setting the level of design inputs for the seismic stability structures. *Journal of Physics: Conference Series* 2022. V. 2388012080. pp. 1-8. DOI 10.1088/1742-6596/2388/1/012080

- Uzdin Alexander, Sorokina Galina, Kurbanov Khudaynazar and Lin Hong. Clarification of Seismic Action Characteristics for Structure Calculations. *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021. Trans-Siberia 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 402. Springer, Cham. pp. 808-817. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96380-4\\_88](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96380-4_88)
- Курбанов Х. Х., Лин Хонг, Сорокина Г. В., Уздин А. М. Характеристики сейсмического движения дневной поверхности. Их использование в сейсмостойком строительстве. // Геология и геофизика Юга России. 2022. Том 12. №3. С. 34-60. DOI: 10.46698/VNC.2022.47.47.003
- Уздин А. М., Сандович Т. А., Аль-Насер-Мохомад Самих Амин. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. – С.-Петербург: Изд. ВНИИГ. 1993. 175 с.
- Савинов О. А. Сейсмоизоляция сооружений (концепция, принципа устройства, особенности расчета). // Избранные статьи

и доклады «Динамические проблемы строительной техники». – С.-Петербург: 1993. С. 155-178.

- Uzdin A. M. and Prokopovich S. V. Some principles of generating seismic input for calculating structures. *E3S Web of Conferences* 157, 06021 (2020), KTTI-2019, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706021>
- Иванова Т. В. Моделирование расчетного сейсмического воздействия в условиях ограниченной сейсмологической информации/Т. В. Иванова, Ю. Гуань, О. П. Нестерова, С. В. Прокопович, Л. Н. Смирнова, А. М. Уздин, Д. А. Ивашищев // Инженерно-строительный журнал. 2017. №7 (75). С. 129-138.
- Уздин А. М. Что скрывается за линейно-спектральной теорией сейсмостойкости. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009. №2. С. 18-23.
- Числовые характеристики сейсмических воздействий/М. А. Богданова, О. П. Нестерова, Н. В. Никонова [и др.] // Наука и мир. 017. №3-1 (43). С. 49-55. – EDN YHXAYL.
- Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. prEN 1998. – 1:2003 (E). – Part 2.
- Bommer, J. J., A. S. Elnashai Displacement spectra for seismic design. *Journal of Earthquake Engineering* 3 (1), 1999, 1-32.

eng

Zhemchugov-Gitman D. M., Sorokina G. V., Uzdin A. M.

## APPROXIMATION OF THE DEPENDENCE OF PEAK ACCELERATIONS ON THE PREVAILING PERIOD ON THE ACCELEROGRAM FOR CALCULATIONS OF STRUCTURES USING THE LINEAR SPECTRAL METHOD

A type of approximation of the dependence of the peak accelerations of the seismic impact on its predominant period according to the accelerogram is proposed. The idea of the adopted approximating dependence is based on the fact that the pseudospectrum of displacements obtained by dividing the envelope of the acceleration spectra by the square of the dominant circular frequency approaches the real displacements of the base. This hypothesis provides the possibility of kinematic calculations based on the pseudospectrum of displacements. The proposed approximation contains 6 uncertain parameters, which are selected by the least squares method based on the processing of records of about 200 strong earthquakes.

The report was presented at the All-Russian scientific and practical conference with international participation «Construction and Architecture: theory and practice of seismic safety», held from March 14 to 16, 2023 in Makhachkala.

Keywords: peak accelerations, seismic impact, accelerogram, displacement pseudospectrum, earthquake

### References

1. SP 14.13330.2018 «SNiP II-7-81\* Stroitel»st-vo v seismicheskikh rajonah» (in Russian)
2. GOST 57546-2017 Zemletryaseniya. SHkala seismicheskoy intensivnosti (in Russian)
3. Aptikaev F.F. Instrumental'naya shkala seismicheskoy intensivnosti. – M.: OOO «Nauka i obrazovanie», 2012. 176 p. (in Russian)
4. GOST 6249-52 SHkala dlya opredeleniya sily zemletryaseniy v predelakh ot 6 do 9 ballov (in Russian)
5. Dolgaya A.A. Modelirovanie seismicheskogo vozdeystviya korotkim vremennym processom. // E-I. VNIINTPI. Ser. Sejsmostojkoe stroitel»stvo. Vyp. 5-6. 1994. Pp. 56-63. (in Russian)
6. Dolgaya A.A., Indejkin A.V., Uzdin A.M. Metodika ocenki i rekomendacii po zadaniyu urovnya raschetnogo seismicheskogo vozdeystviya dlya ocenki sejsmostojkosti zdaniy i sooruzhenij razlichnoj stepeni otvetstvennosti. // E-I. VNIINTPI. Ser. Sejsmostojkoe stroitel»stvo. Vyp. 4. 1996. Pp. 16-22. (in Russian)
7. Rekomendacii po zadaniyu seismicheskikh vozdeystvij dlya rascheta zdaniy raznoj stepeni otvetstvennosti. – S.-Peterburg – Petropavlovsk-Kamchatskij: KamCentr. 1996. 12 p. (in Russian)
8. A. M. Uzdin, T. V. Ivanova, G. V. Sorokina, Hong Lin, Kh. Kh. Kurbanov., Sh. Sh. Nazarova. Setting the level of design inputs for the seismic stability structures. Journal of Physics: Conference Series 2022. V. 2388012080. pp. 1-8. DOI 10.1088/1742-6596/2388/1/012080
9. Uzdin Alexander, Sorokina Galina, Kurbanov Khudaynazar and Lin Hong. Clarification of Seismic Action Characteristics for Structure Calculations. International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021. TransSiberia 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 402. Springer, Cham. pp. 808-817. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-96380-4\\_88](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96380-4_88)
10. Kurbanov H. H., Lin Hong, Sorokina G. V., Uzdin A. M. Harakteristiki seismicheskogo dvizheniya dnevnoj poverhnosti. Ih ispolzovanie v sejsmostojkom stroitel»stve. // Geologiya i geofizika YUga Rossii. 2022. Tom 12. №3. Pp. 34-60. DOI: 10.46698/VNC.2022.47.47.003 (in Russian)
11. Uzdin A. M., Sandovich T. A., Al» – Naser-Mohomad Samih Amin. Osnovy teorii sejsmostojkosti i sejsmostojkogo stroitel»stva zdaniy i sooruzhenij. –S.-Peterburg: Izd. VNIIG. 1993. 175 p. (in Russian)
12. Savinov O. A. Sejsmoizolyaciya sooruzhenij (konceptiya, principa ustrojstva, osobennosti rascheta). / Izbrannye stat»i i doklady «Dinamicheskie problemy stroitel»noj tekhniki». – S.-Peterburg: 1993. Pp. 155-178. (in Russian)
13. Uzdin A.M. and Prokopovich S.V. Some principles of generating seismic input for calculating structures. E3S Web of Conferences 157, 06021 (2020), KTTI-2019, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706021>
14. Ivanova T.V. Modelirovanie raschetnogo seismicheskogo vozdeystviya v usloviyah ogranichennoj seismologicheskoy informacii/T.V. Ivanova, YU. Guan», O.P. Nesterova, S.V. Prokopovich, L.N. Smirnova, A.M. Uzdin, D.A. Ivashincov // Inzhenerno-stroitel»nyj zhurnal. 2017. №7 (75). Pp. 129-138. (in Russian)
15. Uzdin A.M. CHto skryvaetsya za linejno-spektral»noj teoriej sejsmostojkosti. // Sejsmostojkoe stroitel»stvo. Bezopasnost» sooruzhenij. 2009. №2. Pp. 18-23. (in Russian)
16. CHislovye harakteristiki seismicheskikh vozdeystvij/M.A. Bogdanova, O.P. Nesterova, N.V. Nikonova [i dr.] // Nauka i mir. 017. №3-1 (43). Pp. 49-55. – EDN YHXAYL. (in Russian)
17. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. prEN 1998. – 1:2003 (E). – Part 2.
18. Bommer, J. J., A. S. Elnashai Displacement spectra for seismic design. Journal of Earthquake Engineering 3 (1), 1999, 1-32.

Абашкин А. А., инж.,  
Карпов А. В., канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,  
Ушаков Д. В., ст. науч. сотр.  
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Московская обл.),  
Самошин Д. А., д-р техн. наук, проф.  
(ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России», г. Москва)

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН ПОЖАРНОГО РИСКА В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И СТРОЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. ОСНОВНЫЕ НОВОВВЕДЕНИЯ

*Одним из важнейших показателей, характеризующих эффективность противопожарных мероприятий, применяемых для обеспечения безопасной эвакуации людей в жилых и общественных зданиях, является значение индивидуального пожарного риска. Несмотря на то, что «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», используемая для расчета указанной величины, уже в течение долгого времени применяется для решения практических задач, ее необходимо постоянно совершенствовать с целью более полного учета индивидуальных особенностей объектов защиты. В данной работе рассмотрены основные изменения и дополнения, вносимые в положения указанной методики и ее расчетные модели.*

*Ключевые слова: пожарный риск, жилые здания, общественные здания, расчетная методика*

### Введение

В соответствии с Федеральным законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1] значения пожарного риска являются одними из основных показателей соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности. Для жилых и общественных зданий пожарный риск характеризуется значением индивидуального пожарного риска.

С целью определения указанной величины Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) утверждена «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [2] (далее – методика).

В течение срока действия методики специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России проводился постоянный анализ практики применения данной методики как с точки зрения необходимости совершенствования методики, так и разъяснения

ее положений.

Результаты анализа показали, что методика в основном успешно внедряется в практику работы проектных организаций, органов государственной экспертизы проектов, архитектурно-строительного и государственного пожарного надзора.

С целью совершенствования методики в нее дважды вносились изменения [3], [4]. Разъяснения по применению положений методики регулярно давались в ответах на письма граждан и организаций, а также в публикациях в научной литературе (в частности, в [5] – [7]). Было выпущено пособие по применению методики [8]. Было принято постановление Правительства Российской Федерации [9], регламентирующее порядок проведения расчетов пожарного риска, а также свод правил [10], содержащий требования к оформлению расчета.

Вместе с тем анализ методики и других документов, регламентирующих расчет пожарного риска, показал необходимость:

– более полного учета особенностей

систем противопожарной защиты объектов;

- моделирования эвакуации смешанных людских потоков;
- конкретизации требований к выбору расчетных сценариев пожара;
- добавления справочной информации по выбору исходных данных для проведения расчетов;
- более полного описания отдельных требований Методики с целью исключения различных трактовок ее положений.

В связи с этим была разработана и утверждена МЧС России новая «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [11], вступающая в силу с 1 сентября 2023 года взамен методики [2].

### Основные изменения

Новая методика была разработана на основе существующей методики, в которую были внесены следующие основные изменения и дополнения:

1. *Скорректирована область примене-*

ния методики:

1) Добавлена возможность расчета риска для части здания, при соблюдении следующих условий:

- часть здания отделена от остальной части объекта в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности глухими противопожарными преградами;

- пути эвакуации из указанной части здания обособлены от путей эвакуации из других частей (не имеют общих участков).

2) В область применения методики добавлены отдельно стоящие стоянки автомобилей без ТО/ТР, для которых расчет пожарного риска ранее производился по методике для производственных объектов. Данное изменение позволит унифицировать подход к расчету пожарного риска автостоянок.

2. Добавлена необходимость расчета риска для каждой группы эвакуируемого контингента (с целью более корректного учета риска для маломобильных групп населения (МГН)), а именно расчетная величина индивидуального пожарного риска при реализации  $i$ -го сценария пожара определяется как максимальное значение пожарного риска из полученных для всех групп эвакуируемого контингента

$$R_i = \max \{R_{i,1}, \dots, R_{i,j}, \dots, R_{i,m}\},$$

где  $R_{i,j}$  – расчетная величина индивидуального пожарного риска для  $j$ -й группы эвакуируемого контингента при реализации  $i$ -го сценария пожара;

$m$  – количество групп эвакуируемого контингента, рассмотренных при расчете  $i$ -го сценария пожара.

3. Введено единообразие расчета пожарного риска для зданий всех классов функциональной пожарной опасности, на которые распространяется методика (исключен отдельный порядок расчета риска для зданий классов Ф 1.1, Ф 1.3, Ф 1.4).

Расчетная величина индивидуального пожарного риска для  $j$ -й группы эвакуируемого контингента при реализации  $i$ -го сценария пожара рассчитывается по формуле

$$R_{i,j} = Q_{п, i} (1 - K_{ан, i}) P_{пр, i} (1 - P_{э, i, j}) (1 - K_{п, э, j})$$

для всех объектов, на которые распространяется методика.

4. Изменен порядок определения коэффициентов  $K_{ан, i}$ ,  $K_{пдз, i}$ ,  $K_{обн, i}$ ,  $K_{соуэ, i}$

Значение параметра  $K_{ан, i}$  принимается равным  $K_{ан, i} = 0,9$ , если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудование здания системой АУП не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности;

- эффективность системы подтверждена в соответствии с условием соответствия здания требованиям пожарной безопасности, предусмотренным пунктом 5 части 1 статьи 6 Федерального закона [1].

В остальных случаях  $K_{ан, i}$  принимается равной нулю.

5. Добавлены рекомендации по начальным свойствам газовой среды в помещениях и состоянию дверных проемов.

Начальные свойства газовой среды в помещениях принимаются соответствующими нормальным условиям эксплуатации и определяются в соответствии с проектной документацией и требованиями санитарных норм и правил.

Состояние дверных проемов определяется в зависимости от рассматриваемого сценария пожара таким образом, чтобы в соответствии с пунктом 10 Методики в сценарии реализовывались наихудшие условия для обеспечения безопасности людей. Как правило, принимаются открытыми двери на пути эвакуации из помещения очага пожара, поскольку при этом происходит наиболее быстрое распространение опасных факторов пожара. Двери в других помещениях, выходящих в коридор, принимаются закрытыми. При наличии в здании обычной лестничной клетки двери в лестничную клетку (за исключением противопожарных) также принимаются открытыми и рассматривается распространение опасных факторов пожара на другие этажи здания. Учет противопожарных дверей производится в соответствии с пунктом 48 Методики, при этом допускается при проведении расчета не учитывать наличие одной или нескольких противопожарных дверей.

6. Методика дополнена указаниями по учету противопожарных дверей.

При применении в качестве дополнительного противопожарного мероприятия устройства на путях эвакуации противопожарных дверей, калиток в противопожарных воротах, открываемых в процессе эвакуации, следует выполнить расчеты значения пожарного риска для двух случаев, соответствующих открытому и закрытому положению двери и рассчитать

итоговое значение индивидуального пожарного риска для  $i$ -го сценария пожара по формуле

$$R_i = P_{п.д.}^{откр} R_i^{откр} + P_{п.д.}^{закр} R_i^{закр},$$

где  $P_{п.д.}^{откр} = 0,3$  – вероятность нахождения противопожарной двери в открытом положении. При этом противопожарная дверь принимается открытой на всю ширину;

$P_{п.д.}^{закр} = 0,7$  – вероятность нахождения противопожарной двери в закрытом положении (противопожарная дверь принимается плотно закрытой и опасные факторы пожара через нее не распространяются).

При наличии на путях эвакуации нескольких последовательно расположенных противопожарных дверей строится дерево событий с целью учета различных сочетаний положения противопожарных дверей. При этом формула (8) [11] корректируется соответствующим образом. При наличии трех и более последовательно расположенных противопожарных дверей при расчете допускается учитывать только первые две двери.

7. Введен новый подход к расчету времени начала эвакуации, учитывающий зависимость времени начала эвакуации от инерционности системы пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) (при их наличии).

Время начала эвакуации для зданий, оборудованных системой пожарной сигнализации (или автоматическими установками пожаротушения, выполняющими функцию системы пожарной сигнализации) и системой оповещения и управления эвакуацией при пожаре, определяется по формуле

$$t_{н.э.} = t_{пор} + t_{инерц}^{обн} + t_{задерж}^{СОУЭ} + t_{предв}$$

где  $t_{пор}$  – время достижения порогового значения срабатывания пожарного извещателя (определяется в соответствии с приложением 11 [11]), с;

$t_{инерц}^{обн}$  – время задержки, связанное с инерционностью системы обнаружения пожара, с;

$t_{задерж}^{СОУЭ}$  – время задержки, связанное с задержкой оповещения людей при пожаре, с. Принимается равным нулю при одновременном оповещении людей в здании или определяется алгоритмом оповещения при поэтапном оповещении;

$t_{предв}$  – время проведения предварительных действий, предшествующих началу эвакуации. Принимается равным:

60 с – для зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1;



Т а б л и ц а 1

Группы	Группы контингента без ограничения мобильности	Общие характеристики людей групп мобильности
Однородные	M0-1	Дети и подростки (7-18 лет)
	M0-2	Молодежь (18-25 лет)
	M0-3	Люди трудоспособного возраста (18-60 лет)
Неоднородные	M0-4	Группа, состоящая из детей дошкольного и школьного возраста и людей трудоспособного возраста
	M0-5	Группа, состоящая из детей дошкольного и школьного возраста, людей трудоспособного возраста и активных людей пожилого возраста
	M0-6	Группа, состоящая из людей трудоспособного возраста и активных людей пожилого возраста
	M0-7	Группа, состоящая из людей с грудными детьми, детей дошкольного и школьного возраста, людей трудоспособного возраста, активных людей пожилого возраста

30 с – для других зданий.

8. Для более полного учета особенностей эвакуируемого контингента в методику добавлена классификация людей без ограничения мобильности.

Люди без ограничения мобильности (M0), рассматриваемые при эвакуации, подразделяются на 7 групп, которые могут иметь однородный и неоднородный состав. Указанная классификация представлена в таблице 1.

9. Классификация МГН приведена в соответствии с СП 1.13130 [12].

10. Методика дополнена рекомендациями по численному составу различных групп эвакуируемого контингента на объектах различного типа, в том числе в различных отделениях больниц (таблицы П 2.3 и П 2.4 приложения 2 [11]).

11. Усовершенствована структура изложения материала по моделированию эвакуации людей, а именно в отдельные приложения выделены:

- Классификация людских потоков и параметры их движения (приложение 2 [11]);
- Порядок определения времени начала эвакуации (приложение 4 [11]);
- Порядок определения расчетного времени эвакуации (приложение 5 [11]).

12. Уточнена форма записи формулы для скорости выгорания при различных видах развития пожара.

Зависимость скорости выгорания  $\Psi$  (кг/с) от времени для кругового распространения пожара определяется формулами:

$$\Psi = \begin{cases} \psi_{y\partial} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2 & \text{при } t \leq t_{\max} \\ \psi_{y\partial} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t_{\max}^2 & \text{при } t > t_{\max} \end{cases},$$

где  $\psi_{y\partial}$  – удельная скорость выгорания,

кг/(с·м<sup>2</sup>);

$v$  – линейная скорость распространения пламени, м/с;

$t_{\max}$  – время охвата пожаром всей поверхности горючей нагрузки в помещении, с;

$t$  – текущее время, с.

Зависимость скорости выгорания  $\Psi$  (кг/с) от времени для линейного распространения пожара определяется формулами:

$$\Psi = \begin{cases} \psi_{y\partial} \cdot 2 \cdot v \cdot t \cdot b & \text{при } t \leq t_{\max} \\ \psi_{y\partial} \cdot 2 \cdot v \cdot t_{\max} \cdot b & \text{при } t > t_{\max} \end{cases},$$

где  $b$  – ширина полосы горючей нагрузки, м.

Время охвата пожаром всей поверхности горючей нагрузки в помещении определяется по формуле

$$t_{\max} = \begin{cases} \sqrt{\frac{k \cdot F_{\text{пом}}}{\pi \cdot v^2}} & \text{при круговом} \\ & \text{распространении пожара} \\ \frac{k \cdot F_{\text{пом}}}{2 \cdot v \cdot b} & \text{при линейном} \\ & \text{распространении пожара,} \end{cases}$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий отличие фактической площади горючей нагрузки в помещении и площади помещения. Для помещений классов функциональной пожарной опасности Ф1 – Ф4 следует принимать равным 2, для помещений класса Ф5.2 с высотой хранения менее 5,5 м – равным 4, для помещений класса Ф5.2 с высотой хранения более 5,5 м – равным отношению фактической поверхности горючих материалов в помещении к площади помещения (но не менее 10);

$F_{\text{пом}}$  – площадь помещения.

13. Добавлен учет инерционности срабатывания автоматических установок пожаротушения.

При наличии в помещении очага пожара установки автоматического пожаротушения, соответствующей требованиям

нормативных документов по пожарной безопасности, при проведении расчетов значение скорости выгорания принимается уменьшенным в 2 раза с момента срабатывания указанной системы.

Время срабатывания АУП определяется в соответствии с приложением 11 [11].

14. Исключена возможность разбиения протяженных помещений на условные объемы с целью проведения расчетов с помощью интегрального и зонного метода.

В соответствии с методикой [2] была предусмотрена возможность использования интегрального или зонного метода моделирования пожара в случае протяженных помещений: «При использовании интегральной и зонной моделей для помещения, один из линейных размеров которого более чем в пять раз превышает хотя бы один из двух других линейных размеров, необходимо это помещение делить на участки, размеры которых соизмеримы между собой, и рассматривать участки как отдельные помещения, сообщающиеся проемами, площадь которых равна площади сечения на границе участков. Использование аналогичной процедуры в случае, когда два линейных размера превышают третий более чем в 5 раз не допускается». В новой методике такая возможность исключена, поскольку к настоящему времени полевой метод успешно используется большим количеством расчетчиков. Кроме того, зачастую процедура разбиения протяженного помещения на отдельные участки производится некорректно.

15. В методику в виде отдельного приложения 9 [11] добавлены рекомендации по свойствам горючей нагрузки.

Свойства горючей нагрузки в поме-

щении очага пожара следует принимать по данным, указанным в приложении 9 [11]. При этом допускается использовать данные экспериментальных исследований, а также данные из справочных источников информации.

При использовании данных из справочных источников информации значения свойств (за исключением потребления кислорода) должны быть не менее приведенных в таблице П 9.1 приложения 9 [11].

#### Заключение

В работе рассмотрены основные новшества, внесенные в новую «Методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [11], вступающую в силу с 1 сентября 2023 года. Использование указанной методики для расчета пожарного риска жилых и общественных зданий позволит более полно учитывать их индивидуальные особенности.

#### Библиография

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. 2-е изд. – М.: ВНИИПО. 2016. 79 с.
3. Приказ МЧС от 12 декабря 2012 г. № 749 «О внесении изменений в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382»
4. Приказ МЧС от 2 декабря 2015 г. № 632 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382»
5. Абашкин А.А., Карпов А.В., Полетаев А.Н., Ушаков Д.В. Рекомендации по практическому применению методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности для объектов классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3 и Ф1.4./В сборнике: Актуальные проблемы пожарной безопасности. Материалы XXVIII международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. С. 231-237.
6. Ушаков Д.В., Абашкин А.А., Карпов А.В., Панфилов С.Г., Фомин М.В. Основные ошибки при проведении расчетов пожарного риска для объектов общественного назначения./В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. 2017. С. 391-395.
7. Абашкин А.А., Карпов А.В., Панфилов С.Г., Ушаков Д.В., Фомин М.В. Основные ошибки при проведении расчетов пожарного риска для крупных объектов спортивного назначения./Материалы 5-й международной научно-практической конференции «Ройтмановские чтения». 2017. С. 6-8.
8. Абашкин А.А., Карпов А.В., Ушаков Д.В., Фомин М.В., Гилетич А.Н., Комков П.М., Самошин Д.А. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». – М.: ВНИИПО. 2014. 226 с.
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июля 2020 г. № 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска»
10. СП 505.1311500.2021 Расчет пожарного риска. Требования к оформлению
11. Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 новая «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности»
12. СП 1.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы

eng

Abashkin A. A., Karpov A. V., Ushakov D. V., Samoshin D. A.

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE CALCULATED VALUES OF FIRE RISK IN BUILDINGS, STRUCTURES AND STRUCTURES OF VARIOUS CLASSES OF FUNCTIONAL FIRE HAZARD. MAIN INNOVATIONS

One of the most important indicators characterizing the effectiveness of fire-fighting measures used to ensure the safe evacuation of people in residential and public buildings is the value of individual fire risk. Despite the fact that the «Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard» used to calculate this value has been used for a long time to solve practical problems, it needs to be constantly improved in order to more fully take into account the individual characteristics of the objects of protection. In this paper, the main changes and additions made to the provisions of this methodology and its calculation models are considered.

Keywords: fire risk, residential buildings, public buildings, calculation methodology

### References

1. Federalnyy zakon ot 22 iyulya 2008 goda №123-FZ «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» (in Russian)
2. Metodika opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti. 2-e izd. – M.: VNIPO. 2016. 79 p. (in Russian)
3. Prikaz MCHS ot 12 dekabrya 2012 g. № 749 «O vnesenii izmenenij v metodiku opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti, utverzhennuyu prikazom MCHS Rossii ot 30 iyunya 2009 g. № 382» (in Russian)
4. Prikaz MCHS ot 2 dekabrya 2015 g. № 632 «O vnesenii izmenenij v prikaz MCHS Rossii ot 30 iyunya 2009 g. № 382» (in Russian)
5. Abashkin A. A., Karpov A. V., Poletaev A. N., Ushakov D. V. Rekomendacii po prakticheskomu primeneniyu metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i pozharnyh otsekah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti dlya ob'ektov klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti F1.1, F1.3 i F1.4./V sbornike: Aktualnyye problemy pozharnoj bezopasnosti. Materialy XXVIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 2 chastyah. 2016. Pp. 231-237. (in Russian)
6. Ushakov D. V., Abashkin A. A., Karpov A. V., Panfilov S. G., Fomin M. V. Osnovnye oshibki pri provedenii raschetov pozharnogo riska dlya ob'ektov obshchestvennogo naznacheniya./V sbornike: Sovremennyye pozharobezopasnyye materialy i tekhnologii. Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu grazhdanskoj oborony. 2017. Pp. 391-395. (in Russian)
7. Abashkin A. A., Karpov A. V., Panfilov S. G., Ushakov D. V., Fomin M. V. Osnovnye oshibki pri provedenii raschetov pozharnogo riska dlya krupnyh ob'ektov sportivnogo naznacheniya./Materialy 5-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Rojtmanovskie chteniya». 2017. Pp. 6-8. (in Russian)
8. Abashkin A. A., Karpov A. V., Ushakov D. V., Fomin M. V., Giletich A. N., Komkov P. M., Samoshin D. A. Posobie po primeneniyu «Metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti». – M.: VNIPO. 2014. 226 p. (in Russian)
9. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 22 iyulya 2020 g. № 1084 «O poryadke provedeniya raschetov po ocenke pozharnogo riska» (in Russian)
10. SP 505.1311500.2021 Raschet pozharnogo riska. Trebovaniya k oformleniyu (in Russian)
11. Prikaz MCHS Rossii ot 14 noyabrya 2022 g. № 1140 novaya «Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i pozharnyh otsekah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti» (in Russian)
12. SP 1.13130.2020 Sistemy protivopozharnoj zashchity. Evakuacionnyye puti i vyhody (in Russian)

Приступок Д. Н., канд. техн. наук,  
Иванов В. Н., канд. техн. наук, доц.,  
Федоров В. Ю., канд. техн. наук,  
Крючков Г. И., адъюнкт  
(Академии ГПС МЧС России, г. Москва)

## ПРИВЕДЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ПОЖАРА К ПРЕДЕЛУ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЧЕРЕЗ ЭКВИВАЛЕНТНУЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПОЖАРА

*Данная работа посвящена изучению вопроса приведения расчетного пожара к пределу огнестойкости через эквивалентную продолжительность пожара. В работе описаны подходы к определению эквивалентной продолжительности пожара. Приведен подход по определению требуемых пределов огнестойкости.*

*Результаты работы могут быть использованы при обосновании требуемых пределов огнестойкости зданий и сооружений, на которые отсутствуют нормативные требования, уникальные здания и сооружения.*

*Ключевые слова: предел огнестойкости, «реальный» температурный режим пожара, эквивалентная продолжительность пожара, коэффициент огнестойкости конструкций*

В настоящее время возникающие пожары нередко приводят к частичному или полному обрушению зданий нанося огромный ущерб.

Огнестойкость здания или сооружения является базовым элементом системы обеспечения пожарной безопасности объектов строительства без обеспечения которой другие элементы защиты не имеют смысла.

Понятие «степень огнестойкости», причем для строительных материалов, строительных конструкций, а также зданий, сооружений и пожарных отсеков впервые появилось в отечественных нормах в ОСТ 90015-39 [1]. Поначалу понятие носило интуитивно сформулированный, качественный характер. Выделяли 4 степени огнестойкости, такие как: огнестойкие, полугогнестойкие, полусгораемые и сгораемые. И только в 1951 г. появляются 5 степеней огнестойкости и требуемые для них пределы огнестойкости конструкций, существующие и по настоящее время [2]. Количественное измерение огнестойкость приобрела в результате развития научных знаний в области огнестойкости и связано это было с появлением стандартизированной кривой температурного режима испытаний (рисунок 1).

После и по настоящее время предел ог-

нестойкости строительных конструкций определяется по данной кривой, но возможны варианты определения по альтернативным температурным режимам определяются в специально оговоренных случаях, установленных нормативными документами по пожарной безопасности [3].

Многолетние научные исследования и новые научные знания в области огнестойкости, позволили снизить требуемые пределы огнестойкости более чем за 70 лет в 2-2,5 раза (рисунок 2).

В настоящее время требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций могут быть назначены нормативным (директивным) методом [3], а также определены расчетным методом.

Впервые идея по определению требуемого предела огнестойкости конструкции  $\Pi_0$ , ч, принадлежащая профессору В.И. Мурашеву, в СССР была опубликована в журнале «Строительная промышленность» № 5 за 1945 год, и определяется по формуле

$$\Pi_0 \geq k_0 D, \quad (1)$$

где  $k_0$  – коэффициент огнестойкости, зависящий от требований сохранности конструкций во время пожара и после, степенью ответственности отдельных конструкций, материальных ценностей и может варьироваться в диапазоне  $1 \leq k_0 < 1$ ;

$D$  – расчетная длительность пожара, зависящая от количества и вида пожарной нагрузки, геометрических размеров помещения, оборудования АУП и других факторов.

Далее научные наработки связаны со следующими учеными: М.Я. Ройтман, А.В. Пчелинцев, А.-Х.С. Измаилов, В.Н. Демехин, А.И. Яковлев, В.М. Ройтман, И.С. Молчадский, В.И. Присадков, Ю.Н. Шебеко, А.Ю. Шебеко, В.Л. Страхов и другие.

И.С. Молчадским представлены «реальные» температурные режимы с учетом начальной стадии пожара и зависимости эквивалентной продолжительности пожара от продолжительности пожара для конструкций [4].

В.И. Присадковым [5], [6] сформулированы методы определения требуемой огнестойкости конструкций на основе минимизации приведенных затрат и модель расчета огнестойкости с учетом допустимого уровня отказов конструкций (допустимого риска отказов), которые отражены в ГОСТ Р 12.3.047-2012 [\*\*\*].

В настоящее время требуемый предел огнестойкости определяется по формуле

$$\Pi_{тр} = K_0 \cdot t_3, \quad (2)$$

где  $K_0$  – коэффициент огнестойкости;  $t_3$  – эквивалентная продолжительность

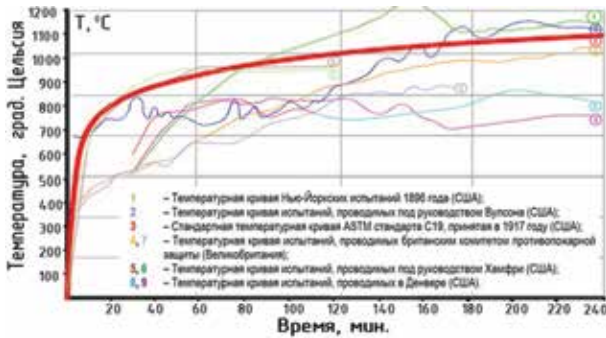


Рисунок 1 – Обобщенные данные по температурным режимам пожаров

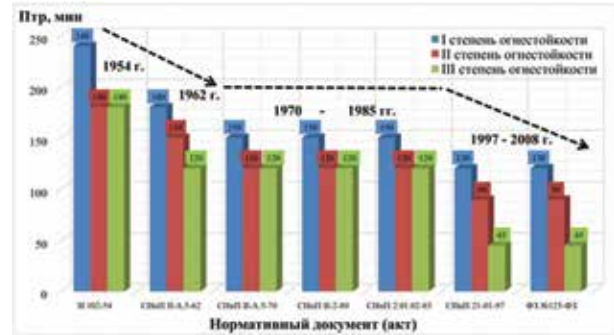


Рисунок 2 – Изменение требуемых пределов огнестойкости основных несущих конструкций в нормах в России более чем за 70 лет

пожара ( $P_{экв}, t_{экв}$ ).

На данном этапе развития науки и техники в данном направлении использовать коэффициент огнестойкости ( $K_o$ ) с учетом потери эксплуатационных прочностных характеристик конкретного вида строительных конструкций, отраженных в работе [8] до проведения реконструкции здания или сооружения.

В зависимости от долговечности зданий и сооружений по таблице 1 возможно принять соответствующий конкретному зданию или сооружению коэффициент огнестойкости ( $K_o$ ).

Аналогичные исследования необходимо произвести для несущих строительных конструкций из других материалов, например, из металла, древесины и т. п.

В настоящее время существует и обсуждается несколько основных подходов к определению эквивалентной продолжительности пожара:

1. Метод равенства площадей под кривыми «температура – время» у температурных кривых «стандартного» и «реального» режимов пожаров.
2. Метод равенства «критических температур» прогрева ключевого элемента

конструкции при прогреве по сравнимым режимам «реального» и «стандартного» пожаров.

3. Метод равенства «израсходованного ресурса» огнестойкости конструкции при сравнении воздействия «реального» и «стандартного» температурных режимов пожаров.

Суть каждого из этих методов подробно изложена в различных источниках [9].

Так, например, метод «равенства площадей» включает учет температур прогрева конструкции, при которых материал конструкции не претерпевает значимых для оценки несущей способности изменений.

Метод, основанный на достижении «критической температуры», не учитывает того факта, что даже при температурах конструкции ниже расчетной критической температуры могут происходить процессы и накапливаться эффекты от них существенным образом снижающие несущую способность конструкции.

Появление и характерные особенности каждого из этих методов были связаны с теми достижениями и возможностями науки и техники, которыми рас-

полагали исследователи.

Более точные данные об эквивалентности воздействия различных температурных режимов пожара на конструкции дает подход, основанный на сравнении снижения несущей способности конструкций в условиях различных режимов пожара.

Огневые испытания, до некоторого времени, были единственной возможностью с высокой достоверностью сравнить эквивалентность снижения несущей способности при различных режимах пожара. Но уже сейчас альтернативными методами могут выступать методы численного моделирования.

Метод равенства «израсходованного ресурса» огнестойкости строительной конструкции требует решения нескольких задач:

1. Численное моделирование температурного режима «реального» пожара.
2. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния строительной конструкции в условиях «стандартного» и «реального» режимов пожара (решение статической и теплотехнической задач).

Т а б л и ц а 1 – Коэффициент огнестойкости ( $K_o$ ) различных видов железобетонных строительных конструкций

Вид железобетонных строительных конструкций	Коэффициент огнестойкости ( $K_o$ ) с учетом степени повреждения, %			
	Минимальное значение ( $K_o$ )		Максимальное значение ( $K_o$ )	
	I	II	III	IV
	5	15	25	50
Железобетонные колонны	1,1013	1,2972	1,482	1,9008
Железобетонные плиты	1,148	1,287	1,47	1,791333
Железобетонные ригели	1,126	1,25	1,538	1,793
Железобетонные балки	1,0704	1,201	1,495	1,7742
Усредненное значение $K_o$	1,111425	1,2588	1,49625	1,814833

3. Определение эквивалентной продолжительности пожара.

Согласно СП 2.13130 «реальный температурный режим» – зависимость, определенная на базе моделей пожара и специальных физических параметров, определяющих состояние среды при пожаре [3], [10].

Одним из инструментов, который численно решает большую вихревую имитационную форму уравнений Навье – Стокса, для описания развития пожара является – *Fire Dynamics Simulator (FDS)*.

Полученные температурные режимы пожара используем в качестве граничных условий при моделировании напряженно-деформированного состояния конструкции в условиях пожара при помощи конечно-элементного анализа с использованием вычислительного комплекса *Ansys Mechanical*.

В математическое описание нагрева произвольных конструкций входит дифференциальное уравнение, описывающее распространение тепла в твердом теле с известными теплофизическими свойствами, а также начальные и граничные условия. Нагрев наружной поверхности конструкций определялся граничными условиями 3-го рода с учетом конвективной и лучистой составляющей теплообмена [11]. При этом используется режим «стандартного» температурного режима пожара для первого сценария и режим «реального» температурного режима пожара для второго.

Коллективом авторов было произведено моделирование напряженно-деформированного состояния металлических балок в условиях «реального» и «стандартного» температурного режима пожара как раз с учетом существующих данных по различным коэффициентам для стали.

Необходимость учета явления ползучести обусловлена продолжительностью «реального» температурного режима пожара, при котором исследуется напряженно-деформированное состояние конструкции. В данной работе рассмотрено только предельное состояние по несущей способности как базовый параметр определения эквивалентности воздействия. Но есть конструкции, которые выполняют только ограждающую функцию. Их поведение при пожаре тоже не стоит исключать из числа факторов, которые могут определять эквивалентность воздействия пожара.

Результаты работы могут быть использованы при обосновании требуемых пределов огнестойкости зданий и сооружений, на которые отсутствуют нормативные требования, уникальные здания и сооружения в рамках разработки СТУ по пожарной безопасности. В краткосрочной перспективе развитие метода определения эквивалентной продолжительности пожара позволит определять обоснованные требования по огнестойкости к высотным зданиям расчетным путем для каждого уникального проектируемого в РФ объекта в отдельности.

В долгосрочной перспективе данный метод, разрабатываемый для уникальных и высотных зданий, позволит перейти к адресному проектированию огнестойкости и зданий массового строительства, что будет иметь существенный экономический эффект в масштабах страны.

#### Библиография

1. ОСТ 90015-39 *Общесоюзные противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий*
2. НП 102-51 *Противопожарные нормы строительного проектирования промыш-*

*ленных предприятий и населенных мест*

3. СП 2.13130.2020 *Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты*

4. Молчадский И. С. *Пожар в помещении.* – Москва: ВНИИПО. 2005. 456 с.

5. Присадков, В.И. *Разработка методов выбора рациональных вариантов систем противопожарной защиты промышленных зданий: диссертация ... доктора технических наук: специальность 05.26.01.* – Москва: ВНИИПО. 1990. 540 с.

6. Костерин И. В., Мусликова С. В., Присадков В. И., Фадеев В. Е. *Надежность железобетонных плит перекрытий в условиях пожаров.* // *Пожарная безопасность.* 2016. №3. С. 94-97.

7. ГОСТ Р 12.3.047-2012 *Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля*

8. Федоров В. Ю. *Огнестойкость железобетонных балок с учетом их технического состояния в условиях эксплуатации: диссертация... кандидата технических наук: специальность 05.26.03.* – М.: ФГБОУ ВО АГПС МЧС России. 2021. 176 с.

9. Ройтман В.М. *О физическом смысле и основных подходах к оценке показателя «эквивалентная продолжительность пожара.* // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация.* 2018. №2. С. 81-85. DOI 10.25257/FE.2018.2.81-85.

10. НСР ЕН 1991-1-2-2011 *Еврокод 1. Воздействия на сооружения. Часть 1-2. Основные воздействия. Воздействия на сооружения при пожаре*

11. Koshmarov Yu. A. *Termodinamika i teploperedacha v požarnom dele [Thermodynamics and heat transfer in fire fighting].* Moscow: VPTSH. 1987. 447 p.

eng

Pristupyuk D. N., Ivanov V. N., Fedorov V. Y., Kryuchkov G. I.

## BRINGING THE CALCULATED FIRE TO THE LIMIT OF FIRE RESISTANCE THROUGH THE EQUIVALENT DURATION OF THE FIRE

*This work is devoted to the study of the issue of bringing the calculated fire to the limit of fire resistance through the equivalent duration of the fire. The paper describes approaches to determining the equivalent duration of a fire. An approach is given to determine the required fire resistance limits. The results of the work can be used to justify the required fire resistance limits of buildings and structures for which there are no regulatory requirements, unique buildings and structures.*

*Keywords: fire resistance limit, «real» temperature regime of fire, equivalent duration of fire, coefficient of fire resistance of structures*

### References

1. OST 90015-39 *Obshchesoyuznyye protivopozharnyye normy stroitel'nogo proektirovaniya promyshlennyykh predpriyatij* (in Russian)
2. NSP 102-51 *Protivopozharnyye normy stroitel'nogo proektirovaniya promyshlennyykh predpriyatij i naseleennykh mest* (in Russian)
3. SP 2.13130.2020 *Sistemy protivopozharnoy zashchity. Obespechenie ognestojkosti ob'ektov zashchity* (in Russian)
4. Molchadskij I. S. *Pozhar v pomeshchenii*. – Moskva: VNIPO. 2005. 456 p. (in Russian)
5. Prisdakov, V. I. *Razrabotka metodov vybora racional'nykh variantov sistem protivopozharnoy zashchity promyshlennyykh zdaniy: dissertatsiya ... doktora tekhnicheskikh nauk: special'nost» 05.26.01*. – Moskva: VNIPO. 1990. 540 p. (in Russian)
6. Kosterin I. V., Muslakova S. V., Prisdakov V. I., Fadeev V. E. *Nadezhnost» zhelezobetonnykh plit perekrytij v usloviyah pozharov. // Pozharnaya bezopasnost». 2016. №3. Pp. 94-97. (in Russian)*
7. GOST R 12.3.047-2012 *Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharnaya bezopasnost» tekhnologicheskikh processov. Obshchie trebovaniya. Metody kontrolya* (in Russian)
8. Fedorov V. YU. *Ognestojkost» zhelezobetonnykh balok s uchetom ih tekhnicheskogo sostoyaniya v usloviyah ekspluatatsii: dissertatsiya... kandidata tekhnicheskikh nauk: special'nost» 05.26.03*. – M.: FGBOU VO AGPS MCHS Rossii. 2021. 176 p. (in Russian)
9. Rojzman V. M. *O fizicheskom smysle i osnovnykh podhodah k ocenke pokazatelya «ekvivalentnaya prodolzhitel'nost» pozhara. // Pozhary i chrezvychnyye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya. 2018. №2. Pp. 81-85. DOI 10.25257/FE. 2018.2.81-85. (in Russian)*
10. NSR EN 1991-1-2-2011 *Evrokod 1. Vozdejstviya na sooruzheniya. CHast» 1-2. Osnovnyye vozdejstviya. Vozdejstviya na sooruzhenii pri pozhare* (in Russian)
11. Koshmarov Yu. A. *Termodinamika i teploperedacha v pozharnom dele [Thermodynamics and heat transfer in fire fighting]*. Moscow: VPTSH. 1987. 447 p.

Беляев В. С., д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр.,  
Костарев В. В., канд. техн. наук,  
Васильев П. С., гл. специалист,  
Кульцел А. В., д-р – инженер, гл. специалист,  
Бондарев Д. Е., канд. техн. наук, гл. специалист  
(ООО «ЦКТИ-Вибросейсм», г. Санкт-Петербург)

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ, УЧИТЫВАЮЩИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ХАРАКТЕР СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*В статье описаны различные системы сейсмоизоляции. Рассмотрены недостатки современного нормативного документа СП 14.13330.2018 в части учета остаточных пластических деформаций при расчете с использованием коэффициента редукции  $K_1$  и в части учета эффектов второго рода (ни-дельта эффекта). Игнорирование эффектами второго рода представляет большую опасность для сооружений с первым гибким этажом. Описаны недостатки «горизонтальных» систем сейсмоизоляции по сравнению с современной системой BCS (Base Control System) – системой, способной обеспечить снижение сейсмических нагрузок как от горизонтальной компоненты сейсмического воздействия, так и от вертикальной. Представлено техническое решение в виде динамического гасителя колебаний, способного снизить как горизонтальные, так и вертикальные сейсмические нагрузки по всей высоте высотного жилого здания при воздействии трехкомпонентного сейсмического воздействия.*

*Ключевые слова: ни-дельта эффект, эффект второго рода, BCS, base control system, ДГК, динамический гаситель колебаний, вертикальная компонента сейсмического воздействия, сейсмоизоляция, пространственный характер сейсмического воздействия*

### Введение

Согласно действующим российским нормам СП 14.13330.2018 [1] методы и средства обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений включают четыре основные группы инженерных мероприятий. Первая из них предусматривает выполнение специальных проектных требований при разработке строительных конструкций, оборудования, инженерных коммуникаций, минимизирующих возможность отказа (разрушения) элементов и систем зданий и сооружений и безусловно предотвращающих их неуправляемое катастрофическое разрушение. Вторая группа включает обоснование рационального выбора объемно-планировочного решения зданий и сооружений для снижения требуемой проектной сейсмостойкости конструкций и оборудования, облегчения условий непрерывного функционирования или ускорения восстановления объекта. В третью группу входят инженерно-строительные мероприятия, предусматривающие применение систем сейсмоизоляции для регулирования сейсмической реакции строительных и не строительных кон-

струкций, раскрепление оборудования, ограничение деформаций инженерных коммуникаций и изменение свойств прилегающей грунтовой среды для трансформации сейсмического воздействия землетрясения. Появление третьей группы проектных требований в нормативных документах многих стран, например, США [2] и Японии [3], в последнее десятилетие вызвано насущной необходимостью снижения ущерба от землетрясений вследствие практически всеобщего повышения расчетной интенсивности проектных землетрясений при сохранении неопределенности сейсмического прогноза. Целесообразность использования конкретных мероприятий из этой, дополнительной к первым двум, группы определяется на основе технико-экономического анализа. Важной составляющей нормативных требований является также проведение регулярного контроля за состоянием строительных конструкций, оборудования и инженерных коммуникаций (четвертая группа), без данных которого оценка фактической сейсмостойкости объектов невозможна.

Традиционное сейсмическое проекти-

рование (первая и вторая группа инженерных мероприятий) имеет целью защиту человеческих жизней и ограничение уровня ущерба. Сейсмические нормы [1] – [3] требуют, чтобы заметные повреждения не появлялись при землетрясениях малой и умеренной интенсивности. В то время как при сильных землетрясениях требуют только отсутствия обрушения, допуская существенные повреждения. На основе этой концепции упругий спектр, который соответствует реальным ускорениям строительных конструкций, модифицирован для получения проектного спектра. В этом спектре действующие ускорения понижаются посредством коэффициентов ( $K_1$  и  $K_\psi$  в российских нормах [1]), которые зависят от объема допускаемых повреждений зданий и сооружений и их способности к рассеиванию энергии. Снижение уровня спектральных ускорений может быть очень существенным (до 4-5 раз и более), если строительная конструкция способна повреждаться рациональным образом с учетом нескольких элементов, предупреждая обрушение. Этот принцип не является универсальным, несмотря на широкое применение в сейсмостойком



проектировании, поскольку не учитывает сейсмическую реакцию не строительных элементов, оборудования и коммуникаций. Вполне очевидно, что сохранность этих компонентов зданий и сооружений в значительной степени определяет способность стратегически важных объектов, таких как сооружения гражданской обороны, связи и управления, мосты, госпитали и т. д., сохранять работоспособность во время (и немедленно после) землетрясения. Это относится и к объектам высокого риска (АЭС, химпроизводства и т. д.), которые должны удовлетворять высоким требованиям безопасности.

### Расчет по деформированной схеме. «Пи-дельта» эффект и его учет в различных нормативных документах

Важно отметить очень большой недостаток современных отечественных норм. К сожалению, существующий свод правил [1] в отличие от всех остальных мировых строительных норм (Еврокод 8 [4], Нормы Казахстана [5], UBC [6], ASCE [2], BCJ [7] и др.), предусматривая снижение сейсмических нагрузок при помощи коэффициента редукции  $K_1$  для конструкций способных претерпевать пластические деформации, **не предписывает увеличивать** в той же степени ответные сейсмические нелинейные перемещения. Неучет увеличения горизонтальных остаточных перемещений может приводить к значительным ошибкам в расчетах и существенной неконсервативности оценки сейсмостойкости сооружения. Логика учета коэффициента  $K_1$  следующая: при сильном землетрясении мы можем допустить развитие пластических деформаций так, чтобы не было достигнуто обрушение ни части, ни здания в целом. Кинетическая энергия землетрясения должна перейти в энергию пластических деформаций конструкций (в тепловую энергию). Проще говоря, конструкция поглощает энергию землетрясения и тем самым снижает сейсмическую нагрузку. **Обратной стороной такого эффекта являются необратимые значительные пластические горизонтальные деформации.** Если к этому добавить наличие вертикальной компоненты сейсмического воздействия,

то произойдет значительное увеличение вертикальной нагрузки, которая, в свою очередь, увеличит изгибающие моменты в вертикальных элементах. Данные эффекты называют «пи-дельта» эффектами или эффектами второго рода (порядка). Для нас кажется очевидным, что, основываясь на данных положениях (очевидных и наглядных), инженер-проектировщик должен проводить расчет с учетом геометрической нелинейности (по деформированной схеме) (рисунок 1).

Можно сказать, что **расчеты, выполненные по СП 14.13330.2018** [1] с учетом коэффициента редукции  $K_1$ , являются неверными, так как сильно занижают горизонтальные остаточные неупругие перемещения. Такие эффекты второго рода по своему вкладу в динамическую реакцию проявляются по-разному в зависимости от конструктивной схемы здания. Наиболее уязвимыми являются здания с первым гибким нижним этажом. Следует обратить внимание, что во время многих землетрясений, включая последнее в Турции в феврале 2023 года, здания **именно такого типа** разрушились по «блинной» (pancake type of destruction) схеме (когда этажи складываются один на другой).

Если мы обратимся к СП 14.13330.2018 [1], то в нем, во-первых, не сказано об учете увеличения перемещений при учете коэффициента редукции  $K_1$ , во-вторых, в пункте 5.4 перечислены всего четыре позиции, когда необходимо учитывать вертикальную компоненту сейсмического воздействия это: горизонтальные и наклонные консольные конструкции; рамы, арки, фермы, пространственные покрытия зданий и сооружений пролетом 24 м и более; сооружения при расчете на устойчивость против опрокидывания или против скольжения; каменные конструкции.



Рисунок 1 – Эффекты второго рода – «Пи-дельта» эффект

Приведем для сравнения положения из Еврокода 8 [4]. Пункт 4.3.3.5.2 предписывает учитывать вертикальную компоненту (если ускорения в данном направлении превышают  $0,25g$ ) сейсмического воздействия также и для сейсмоизолированных зданий (base-isolated structures). Пункт 4.4.2.2 предписывает учитывать эффекты второго рода («пи-дельта» эффект) в зависимости от выполнения критерия: коэффициент чувствительности к межэтажному смещению (interstorey drift sensitivity coefficient) должен быть меньше 0,1, чтобы инженер-проектировщик мог данный эффект не учитывать. Пункт 4.3.4 при выполнении упругого расчета **предписывает увеличивать смещения**, вызванные расчетным сейсмическим воздействием, **умножением перемещений** (полученных посредством линейного расчета на основании расчетного спектра) **на коэффициент поведения** (displacement behaviour factor), на которой изначально снижены сейсмические нагрузки. Коэффициент поведения  $q$  в Еврокоде 8 – это аналог нашего коэффициента  $K_1$ , взятый в обратном отношении.

Следует обратить особое внимание на тот факт, что зачастую в инженерной практике при расчете по линейно-спектральной методике инженер-проектировщик обычно просто умножает нормативный спектр на коэффициент редукции  $K_1$ , получает заниженный спектр и оценивает перемещения, ошибаясь в 16 раз (!).

### Последствия сильных землетрясений

В случае зданий общегражданского назначения сейсмические события последних лет продемонстрировали, что использование современных технологий традиционного проектирования может успешно ограничить повреждение основных строительных конструкций во время интенсивных землетрясений. Однако зарегистрированный при обследованиях, например, [8] – [10], ущерб для несущих строительных и не строительных элементов оказался весьма значительным, очень дорогостоящим и часто приводил к гибели людей.



Рисунок 2 – Разрушения в результате землетрясения в Турции (2023 г.)

После землетрясения 1994 г., Northridge стоимость восстановления нежилых помещений для зданий и сооружений составила 6,3 млрд долларов, из которых только 1,1 млрд долларов из-за разрушения строительных конструкций, остальные потери связаны с повреждением не строительных элементов. В частности, 88% пациентов из 13 госпиталей были эвакуированы вследствие выхода из строя систем энерго- и водоснабжения, лифтов, санитарно-технического оборудования, в том числе операционного, потолочных систем. При землетрясении 2010 г., Darfield, которое вызвало подобные повреждения, потери оценены в 5 млрд новозеландских долларов. Необходимо подчеркнуть, что в последние годы, согласно японским нормам [7], объекты типа госпиталей строятся только с применением дополнительных инженерных мероприятий третьей группы, в частности масштабным применением систем сейсмоизоляции (СИС). В России также в последнее время появилась практика использования СИС для защиты крупных госпиталей.

Разрушительное землетрясение в Японии 2011 г. с магнитудой 9,1 (Tohoku Great Earthquake), сопровождавшееся сильным цунами, привело к большой техногенной аварии на АЭС «Фукусима». Но надо учитывать, вопреки распространенному мнению, цунами унесло около 24000 жизней, что несопоставимо с жертвами ядерной аварии на АЭС, в результате которой погибло всего 2 человека при ликвидации последствий землетрясения и нарушения ими базовых правил техники безопасности. В целом ущерб экономике, транспорту и инфраструктуре, за исключением вопросов, связанных с ликвидацией аварии на АЭС, составил порядка 300 млрд долларов.

Землетрясения, произошедшие в феврале 2023 года в Турции и Сирии (рисунок 2) с магнитудой 7,5-7,8, привели к гибели более 55000 человек, более 100000 человек пострадали. Полностью разрушенными оказалось более 6000 зданий. К концу февраля 2023 года было обследовано более 830000 получивших повреждения зданий, в результате чего установлено, что не менее 100000 не подлежат восстановлению и должны быть снесены в кратчайшие сроки. Существенные повреждения получили 25000 строений. Непосредственно в зоне землетрясения порядка 1,5 млн человек остались без крова, в целом районе бедствия проживает более 13 млн человек. По предварительным оценкам потенциальный размер ущерба составляет от 84 до 104 млрд долларов. Вместе с тем, установлено, что все девять сейсмоизолированных больниц почти не получили повреждения и продолжали работать в нормальном режиме, что было особенно важно в связи с громадным числом пострадавших.

При оценке общего ущерба от землетрясений важную долю составляют страховые выплаты страховыми компаниями пострадавшему населению и бизнесу. В этом плане чрезвычайно важна вероятностная оценка возможных потерь от землетрясений, одной из важнейших составляющих которой является, так называемая «стоимость человеческой жизни», включающая все затраты государства на человека от рождения и до получения им собственного заработка и, соответственно, образом рассчитываются возможные потери от его гибели. Например, в соответствии с данными N. Newmark [11] стоимость человеческой жизни в США в конце 60-х гг. при расчете ущерба от землетрясений оценивалась при-

мерно в 300 тыс. долларов. К настоящему времени эта базовая условная величина для оценки возможных потерь от землетрясений и других катастроф событий выросла примерно в 30 раз, что и определяет бурное развитие современных технологий и СИС для защиты от землетрясений по всему миру.

#### Эффективность систем сейсмоизоляции при действии трехкомпонентного сейсмического воздействия

По существующим представлениям среди дополнительных инженерных мероприятий третьей группы действий в условиях высокоинтенсивных землетрясений наиболее эффективным средством сейсмозащиты как основных строительных конструкций, так и несущих строительных и нестроительных компонентов, персонала, оборудования и систем жизнеобеспечения является сейсмоизоляция зданий и сооружений. Базовая идея сейсмоизоляции заключается в полном разделении верхней строительной конструкции и взаимодействующего с грунтом фундамента горизонтальным слоем изолирующих устройств. Под влиянием изолирующего слоя динамическая реакция верхней конструкции при землетрясении видоизменяется путем понижения собственной частоты ее колебаний и увеличением демпфирования для ограничения действующих сейсмических ускорений и сейсмических перемещений. Необходимо отметить, что в течение многих лет преобладающей гипотезой проектирования и конструирования систем сейсмоизоляции (СИС) для объектов разного назначения было обеспечение защиты от горизонтальных составляющих сейсмического воздействия сильных землетрясений путем снижения уско-

рений поступательных горизонтальных колебаний верхней защищаемой части сооружения за счет параллельно сдвиговых деформаций (перемещений) опорных сейсмоизолирующих устройств. При этом предполагалась возможность рассмотрения изолируемой части здания как твердого тела, влияние вертикальной составляющей воздействия на движение которого считалось незначительным. Простота принципа функционирования и значительные преимущества применения вызвали появление большого количества технических решений СИС. К настоящему времени целый ряд СИС после детальной проектной разработки, расчетных и экспериментальных исследований готов для широкого практического применения во всем мире. По имеющимся данным к 2014 г. объектов с СИС в 30 странах мира было более 20000. В области гражданского и промышленного строительства количество новых и восстанавливаемых конструкций с сейсмоизоляцией фундамента возрастает очень быстро, особенно в районах с повышенной сейсмоактивностью в последние годы.

Как следствие, возможность попа-

дания натуральных зданий и сооружений с СИС в зону действия сильных землетрясений увеличивается, и реализуются условия для получения данных о фактической эффективности их применения, а также для проверки адекватности методик проектирования, принятия гипотез и допущений.

В связи с тем, что до 1989 г. существующие конструкции с СИС не подвергались большому землетрясению, а экспериментальные исследования были ограничены проверкой функционирования СИС на масштабированных моделях, полная оценка корректности основной гипотезы отсутствовала по объективным причинам. Два обстоятельства, помимо отмеченного резкого увеличения количества зданий и сооружений с СИС в сеймоопасных районах, существенно повлияли на расширение базы данных о поведении сейсмоизолированных объектов и фактической эффективности СИС разных типов. Прежде всего, это введение в действие специалистами ряда стран, особенно Японии, США и Китая, развитой сети автоматических станций мониторинга и регистрации параметров сейсмических

колебаний грунта и конструкций зданий, в том числе сейсмоизолированных. Первые, пригодные для анализа данные регистрации сейсмических колебаний натуральных зданий с СИС получены при землетрясении 1994 г., Northridge (США). Следует отметить, что эти данные и показания последующих сильных землетрясений чрезвычайно важны для верификации методов расчета и нормативной основы проектирования зданий с СИС.

В качестве примера в таблице 1 [8] представлены данные регистрации трехкомпонентного движения конструкций восьми зданий с СИС при землетрясении 2011 г., Tohoku.

Часть СИС включали комбинацию сейсмоизолирующих устройств: эластомерных опор, фрикционно-маятниковых, скользящих опор и демпферов с различными гистерезисными механизмами.

Общее заключение по материалам обследования зданий с СИС после сильных землетрясений подтверждает достаточную эффективность снижения горизонтальных нагрузок на строительные конструкции сейсмоизолированных зданий, зарегистрирована их сохранность

Т а б л и ц а 1 – Данные регистрации трехкомпонентного движения конструкции здания с СИС

Этажность	Тип системы сейсмоизоляции	Δ, км	Расположение датчиков	Максимальное ускорение, см/с <sup>2</sup>			Смещение системы изоляции, см
				X	Y	Z	
9	ВДЭО + МД	172	фундамент	289	251	235	15,7
			1 этаж	121	144	374	
			крыша	142	170	524	
2	НЭО + СЭО + СКО + МД	178	фундамент	582	756	446	24,6
			1 этаж	176	213	516	
			крыша	155	185	621	
3	СЭО + СКО + МД	184	фундамент	411	334	324	5,8
			1 этаж	184	226	463	
			крыша	154	157	581	
7	НЭО + СЭО + СД	334	фундамент	327	233	122	6,8
			1 этаж	92	76	198	
			крыша	126	91	243	
4	ВДЭО	382	фундамент	100	79	84	4,2
			1 этаж	76	89	87	
			крыша	100	77	90	
12	НЭО + СЭО	386	фундамент	104	91	58	5,1
			1 этаж	55	41	62	
			крыша	94	82	104	
6	НЭО + СЭО	401	фундамент	86	104	34	5,2
			1 этаж	58	65	49	
			крыша	63	68	55	
6	НЭО + СЭО	457	фундамент	136	120	47	25,2
			1 этаж	58	134	47	
			крыша	63	67	48	

Обозначения:  
НЭО – опоры из натурального эластомера;  
ВДЭО – опоры из высокодемпфирующего эластомера;  
СЭО – свинцово-эластомерные опоры;  
СКО – скользящие опоры;  
МД – демпферы из металла;  
СД – демпферы из свинца.



Рисунок 3 – Система BCS (Base Control System) в монтажном (а) и рабочем (б) положении.  
Пружинные блоки для вибро- или сейсмоизоляции. Фирма GERB. Демпферы (ВД).  
(Российская разработка ООО «ЦВС», ТУ 4192-001-20503039-01)

во всех случаях. Однако вертикальная составляющая сейсмических колебаний грунта регулярно возрастает в 2-2,5 раза на верхних этажах здания. Действие ослабленных горизонтальных и усиленных вертикальных сотрясений в изолированных зданиях приводит к снижению общей эффективности СИС и повреждению нестроительных элементов.

С учетом случайного характера появления сильных землетрясений формирование достаточно большого объема представительных материалов объективно затруднено. Существенным дополнением к ним являются показания стендовых испытаний натурных зданий с СИС на сеймоплатформе E-Defense (Япония). Эта сеймоплатформа грузоподъемностью 1500т обеспечивает возможность проверки практической сейсмостойкости крупных строительных конструкций и оборудования в условиях детального воспроизведения амплитудных и временных характеристик действия высокоинтенсивных многокомпонентных сейсмических нагрузок. В период 2010-2015 гг. на сеймоплатформе E-Defense проведены испытания типовых 4-, 5- и 10-этажных натурных зданий с различными СИС. Несмотря на реальные ограничения стендовой постановки испытаний (массы и размеров имитируемого образца – натурного здания с СИС, жесткого крепления нижней части опор или фундаментной плиты здания к поверхности сеймоплатформы) при проведении опытов получен большой объем экспериментальных данных в условиях вариации параметров трехкомпонентного сейсмического возбуждения, соответствующего воздействию принятых при проектировании этих зданий землетрясений.

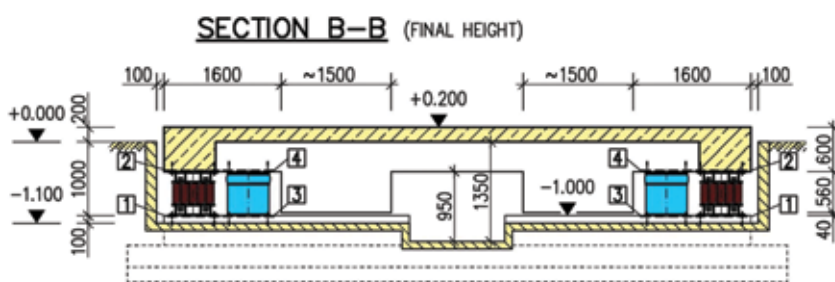


Рисунок 4 – Поперечный разрез здания. Пример установки системы BCS между фундаментом и надземной частью здания

В состав испытаний входила также имитация идеализированного двухкомпонентного нагружения.

В результате методически организованных испытаний при опытном сравнении сейсмической реакции каждого из зданий при наличии СИС и при жестком креплении его фундамента к сеймоплатформе выявлен ряд существенных отклонений в сторону ухудшения функционирования всех горизонтальных СИС от проектных показателей при наличии в стендовом воздействии сильной или даже умеренной вертикальной составляющей. Значение коэффициента передачи сейсмических колебаний от фундамента зданий составляет по горизонту 0,85-1,05, по вертикали его величина в середине поэтажных перекрытий достигала 6-8 раз и более. Следует отметить, что эти эффекты проявляются во всех случаях испытанных образцов:

- пятиэтажного здания со стальным каркасом (здание с гибкой конструктивной схемой), сейсмоизолированного гибридной (свинцово-эластомерные опоры и скользящие гибридные опоры) системой и системой с фрикционно-маятниковыми опорами;
- зданий с более жесткой конструк-

тивной схемой, четырехэтажного здания с железобетонным каркасом с СИС на высокодемпфирующих эластомерных опорах, десятиэтажного здания с железобетонным каркасом на скользящих опорах из чугуна.

В целом материалы обследований и анализа сейсмостойкости зданий и сооружений с СИС при землетрясениях и данные полномасштабной проверки сейсмической реакции натурных зданий с СИС на сеймоплатформе E-Defense (см., например [12] – [14]) указывают на объективно существующие ограничения эффективности функционирования горизонтальных СИС при реальных трехкомпонентных воздействиях землетрясения. Эти ограничения и особенности поведения зданий с горизонтальной сейсмоизоляцией независимо от типа сейсмоизолирующих опор должны учитываться при проектировании. Для зданий и сооружений повышенной ответственности (системы МЧС, управления и информации, госпитали и объекты транспорта и т.п.) и, особенно, АЭС и крупных опасных химпроизводств целесообразно применение трехкомпонентных систем сейсмоизоляции. Из всех существующих разработок СИС наиболее



Рисунок 5 – Испытания системы BCS на специальном вибростенде ООО «ЦВС» (г. Санкт-Петербург)

эффективной и надежной представляется система BCS (Base Control System) – контроль сейсмических перемещений фирмы GERB. (рисунки 3, 4). Сравнительный анализ зданий, расположенных на различных типах сейсмоизоляции, представлен в работе [15].

Разработки применительно к условиям строительства блока ВВЭР-1200 на площадке с повышенной сейсмичностью выполнены в настоящее время специалистами фирмы «ЦКТИ-Вибросейсм» (г. Санкт-Петербург) совместно с фирмой GERB (Германия) (рисунок 5). Процесс оптимизации статических и динамических характеристик предложенной пружинно-демпферной трехкомпонентной СИС показал, что предпочтительной является система с первой собственной частотой в горизонтальном направлении 1,0-1,5 Гц, в вертикальном направлении 2,0-2,5 Гц и демпфированием 20% от критического. Расчетное снижение горизонтальных ответных ускорений составляет до пяти раз, вертикальных ускорений до двух раз, относительные перемещения в угловых опорах не превышают 60 мм. Подробнее о системе BCS и проведенных испытаниях можно ознакомиться в данных работах [16] – [18].

#### Эффективное средство для снижения сейсмических нагрузок в высотных зданиях. Динамический гаситель колебаний

Как обеспечить сейсмозащиту высотных зданий? В таблице 6.1 СП 14.13330.2018 [1] приведена предельная высота (этажность) здания, планируемого к строительству, в зависимости от конструктивной схемы и сейсмичности площадки. Например, для здания, выполненного из монолитного железобетона,

предельная высота: 75, 70, 57 м для 7-, 8- и 9-балльной зон соответственно. Для крупнопанельных железобетонных зданий предельная высота будет меньше: 57, 50, 43 м. Для панельных зданий такое понижение предельной высоты является следствием того факта, что панельные здания обладают податливостью (по сравнению с жесткими монолитными зданиями) за счет шарнирного опирания плит друг на друга. **Примечание 5 к указанной таблице позволяет построить здания выше предельной высоты, но с учетом применения специальных систем сейсмозащиты** (сейсмоизоляции или дополнительного демпфирования) для снижения сейсмических нагрузок.

Как известно, сейсмоизоляция, устанавливаемая между фундаментом и основной частью здания, имеет свои ограничения в применении. Как правило, устройства сейсмоизоляции устанавливают в зданиях с первой собственной частотой выше 1 Гц. Высотные здания, как правило, имеют частоту собственных колебаний ниже 1 Гц и, таким образом, способны фильтровать опасные высокочастотные составляющие сейсмического воздействия. Для высотных зданий необходимы другие устройства для снижения сейсмических нагрузок. Одними из таких устройств является динамический гаситель колебаний (ДГК). ДГК является устройством пассивного контроля динамической реакции здания или сооружения. Как правило, устройство данного типа устанавливаются в верхней части здания (в уровне покрытия или верхнего технического этажа). В общем случае ДГК представляет собой отдельное устройство, состоящее из элемента, в котором концентрируется масса, соединенная подвесной или пружинной системой и демпферами,

с основной конструкцией здания. При динамическом возбуждении часть энергии колебаний основной конструкции передается на массу ДГК, которая начинает совершать колебания в резонансном, противофазном, режиме. Энергия при этом рассеивается демпфирующими элементами. Благодаря такой работе, сейсмическая нагрузка на здание снижается. Параметры ДГК обычно предварительно расчетным путем оптимизируются и назначаются на стадии проектирования, чтобы обеспечить максимальное снижение сейсмической нагрузки. Как правило, ДГК настраивается на основную частоту здания или сооружения, так как первая форма колебаний обычно имеет наибольшее участие в результирующей динамической реакции. Тем не менее, в случаях, когда первая форма колебаний не является доминирующей в отклике конструкции (особенно при широкополосных частотах возбуждения) ДГК может быть настроен на другую частоту.

Динамический гаситель колебаний ООО «ЦВС» состоит из пружинных блоков, подпирающих плиту покрытия здания, и высоковязких демпферов ВД, обеспечивающих затухание (рисунок 6).

Данное решение позволяет значительно снизить сейсмическую нагрузку по всей высоте здания. На рисунке 7 приведен график уменьшения абсолютных ускорений для жилого монолитного здания с 33 этажами, планируемого к строительству в 9-ти балльной сейсмически опасной зоне. Высота здания – 105 м.

Преимущество данного решения состоит в том, что оно не требует транспортировки массы ДГК на последний этаж здания. Можно использовать в качестве массы собственную часть конструкции – плиту покрытия. Вторым важным пре-

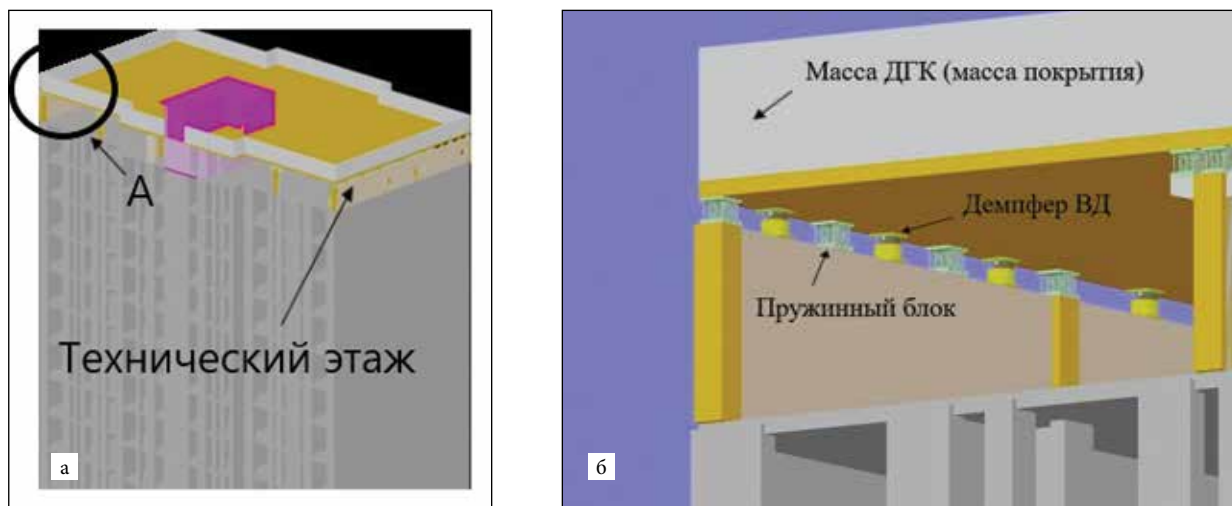


Рисунок 6 – Общий (а) и укрупненный (б) вид высотного здания

имуществом данной системы является **способность изолировать здание от вертикальной компоненты сейсмического воздействия**, о важности которой говорилось выше. На рисунке 8 представлены спектры абсолютных ускорений последнего этажа здания с системой ДГК и без.

#### Заключение

1. СП 14.13330.2018 [1] обладает существенными недостатками, которые могут приводить к серьезной недооценке сейсмической опасности для зданий и сооружений. Данный документ требует коренной переработки;

2. Анализ прошедших сильных землетрясений выявил, с одной стороны, гораздо большую сейсмозащищенность зданий и сооружений с СИС, но с другой

стороны, показал малую эффективность современных «горизонтальных» СИС (свинцово-эластомерные опоры, скользящие опоры), по сравнению с системой пространственной сейсмоизоляции – Base Control System (BCS);

3. Для сокращения общих людских и материальных потерь от землетрясений и других катастроф необходимо развивать методы вероятностной оценки риска и страхования возможного ущерба и людских потерь;

4. Динамический гаситель колебаний является эффективным средством для снижения как горизонтальной, так и вертикальной сейсмической нагрузки в высотных зданиях. Применение данных устройств в принципе может позволить построить здание с высотой, превыша-

ющей предельные величины, указанные в таблице 6.1 СП 14.13330.2018 [1];

5. СИС BCS и инженерное решение в виде ДГК способны значительно снижать как горизонтальные, так и вертикальные ускорения, вызванные трехкомпонентным сейсмическим воздействием.

#### Библиография

1. СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах»
2. American Society of Civil Engineers (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* // ASCE Standard ASCE/SEI 7-10, Reston, VA, USA.
3. Architectural Institute of Japan (2001). *Recommendation for the Design of Base Isolated Structures*.
4. EN 1998-1 (2004), Eurocode 8: Design of

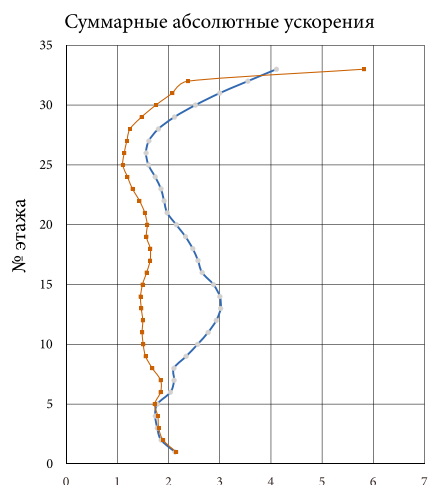


Рисунок 7 – Максимальные абсолютные суммарные ускорения по высоте здания. Оранжевая линия – здание, оснащенное ДГК (верхняя точка – масса ДГК), синяя – здание без ДГК

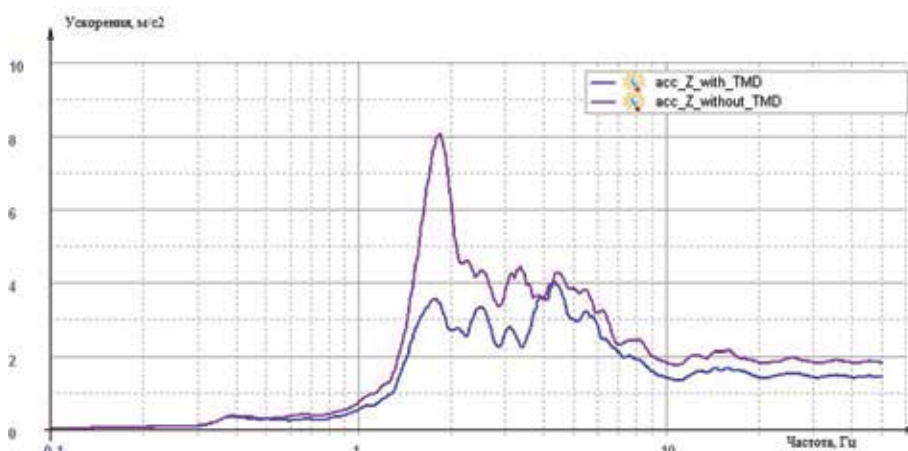


Рисунок 8 – Спектр ( $\xi = 0,05$ ) абсолютных вертикальных ускорений последнего этажа. Синяя линия – здание, оснащенное ДГК, фиолетовая – здание без ДГК

structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

5. СП РК 2.03-30-2017\* Строительство в сейсмических зонах

6. Uniform Building Code (UBC) 1997

7. BCJ. Structural provisions for building structures. 1997 edition – Tokyo: Building Center of Japan. – 1997 [in Japanese]

8. M. Iiba et al. (2013). Behavior of Seismically Isolated Buildings Based on Observed Motion Records during the 2011 Great East Japan Earthquake // Proc. of the 13th WCSI. Sendai (Japan).

9. T. Fujita (2005). State of the Art on Application of Seismic Isolation to Civil and Industrial Structures in Japan // Proc. of the 9th WCSI. Kobe (Japan).

10. K. Morita, M. Takayama (2017). Behavior of Seismically Isolated Buildings during the 2016 Kumamoto Earthquake // Proc. of the

2017 NZSEE conf. New Zealand.

11. N.M. Newmark. Fundamentals of earthquake engineering (Civil engineering and engineering mechanics series. Import, January 1, 1971.

12. T. Sasaki et al. (2012). NEES/E-Defense Base-Isolation Tests: Effectiveness of Friction Pendulum and Lead-Rubber Bearings Systems // Proc. of the 15 WCEE Conf. Lisboa (Portugal).

13. S. Furukawa et al. (2013). Comparison of Vertical Dynamic Response Characteristics of Two Base-isolated Buildings based on Full-scale Shaking Table Test // Proc. of the 13th WCSI. Sendai (Japan).

14. K. Kajiwara et al. (2017). 2015 Three-dimensional Shaking Table Test of a 10-story Reinforced Concrete Building on the E-Defense // Proc. of the 16 WCEE Conf. Santiago (Chile).

15. Dan M. Ghiocel, Victor Kostarev, Alex Kultsep, Peter Nawrotzki. A study on seismic ssi analysis of a base-isolated storage structure

founded on firm soil // Abstract: SMiRT 2610-15 July 2022 in Berlin/Potsdam, Germany Special Session: Seismic Isolation.

16. Peter Nawrotzki, Victor Kostarev, Daniel Siepe, Frank Barutzki, Victor Salcedo. 3D seismic isolation systems for the nuclear industry layout, design & qualification // Transactions, SMiRT-26 Berlin/Potsdam, Germany, July 10-15, 2022 Division V.

17. Dan M. Ghiocel. Sensivity studies for nuclear island founded on piles including effects of seismic motion spatial variation and local nonlinear soil behavior // Transactions, SMiRT-25 Charlotte, NC, USA, August 4-9, 2019 Division III.

18. P. Vasilyev. Methods of calculation of the reactor building with seismic isolation system under dynamic loads // Transactions, SMiRT-22 San Francisco, California, USA – August 18-23, 2013 Division III.

eng

Belyaev V. S., Kostarev V. V., Vasiliev P. S., Kultsep A. V., Bondarev D. E.

## MODERN METHODS OF SEISMIC PROTECTION OF BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT THE SPATIAL NATURE OF SEISMIC IMPACT

This paper shows different types of systems of base isolation (BI). Disadvantages of the Russian building codes SP 14.13330.2018 connected with considering plastic deformations in case of using in analysis the coefficient of reduction  $K_1$  were shown. Disadvantages of the horizontal system of base isolation in comparison with the modern BI system – BCS (Base Control System) were shown. BCS provides reduction of horizontal and vertical loads caused by spatial seismic excitation. Paper presents an engineering solution for mitigation of response of structure caused by seismic excitations. Tuned mass damper can significantly reduce horizontal and vertical accelerations along the entire height of the high-rise residential building.

Keywords: pi-delta effect, second order effects, BCS, base control system, CVS, TMD, tuned mass damper, vertical component of seismic excitation, base isolation, spatial seismic excitation

### References

1. SP 14.13330.2018 «SNiP II-7-81\* Stroitel»stvo v sejsmicheskikh rajonah» (in Russian)

2. American Society of Civil Engineers (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures // ASCE Standard ASCE/SEI 7-10, Reston, VA, USA.

3. Architectural Institute of Japan (2001). Recommendation for the Design of Base Isolated Structures.

4. EN 1998-1 (2004), Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

5. СП РК 2.03-30-2017\* Строительствo v sejsmicheskikh zonah (in Russian)

6. Uniform Building Code (UBC) 1997

7. BCJ. Structural provisions for building structures. 1997 edition – Tokyo: Building Center of Japan. – 1997 [in Japanese].

8. M. Iiba et al. (2013). Behavior of Seismically Isolated Buildings Based on Observed Motion Records during the 2011 Great East Japan Earthquake // Proc. of the 13th WCSI. Sendai (Japan).

9. T. Fujita (2005). State of the Art on Application of Seismic Isolation to Civil and Industrial Structures in Japan // Proc. of the 9th WCSI. Kobe (Japan).

10. K. Morita, M. Takayama (2017). Behavior of Seismically Isolated Buildings during the 2016 Kumamoto Earthquake // Proc. of the 2017 NZSEE conf. New Zealand.

11. N.M. Newmark. Fundamentals of earthquake engineering (Civil engineering and engineering mechanics series. Import, January 1, 1971.

12. T. Sasaki et al. (2012). NEES/E-Defense Base-Isolation Tests: Effectiveness of Friction Pendulum and Lead-Rubber Bearings Systems // Proc. of the 15 WCEE Conf. Lisboa (Portugal).

13. S. Furukawa et al. (2013). Comparison of Vertical Dynamic Response Characteristics of Two Base-isolated Buildings based on Full-scale Shaking Table Test // Proc. of the 13th WCSI. Sendai (Japan).

14. K. Kajiwara et al. (2017). 2015 Three-dimensional Shaking Table Test of a 10-story Reinforced Concrete Building on the E-Defense //

Proc. of the 16 WCEE Conf. Santiago (Chile).

15. Dan M. Ghiocel, Victor Kostarev, Alex Kultsep, Peter Nawrotzki. A study on seismic ssi analysis of a base-isolated storage structure founded on firm soil // Abstract: SMiRT 2610-15 July 2022 in Berlin/Potsdam, Germany Special Session: Seismic Isolation.

16. Peter Nawrotzki, Victor Kostarev, Daniel Siepe, Frank Barutzki, Victor Salcedo. 3D seismic isolation systems for the nuclear industry layout, design & qualification // Transactions, SMiRT-26 Berlin/Potsdam, Germany, July 10-15, 2022 Division V.

17. Dan M. Ghiocel. Sensivity studies for nuclear island founded on piles including effects of seismic motion spatial variation and local nonlinear soil behavior // Transactions, SMiRT-25 Charlotte, NC, USA, August 4-9, 2019 Division III.

18. P. Vasilyev. Methods of calculation of the reactor building with seismic isolation system under dynamic loads // Transactions, SMiRT-22 San Francisco, California, USA – August 18-23, 2013 Division III.

Карамышев В. В., инж,  
Спиридонов Д. А., гл. спец.  
(ООО «ПОЖАРНЫЙ ИНЖЕНЕР», г. Москва)

## ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ФИЗКУЛЬТУРНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТИПА «ТЕРМЫ» В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*При современном проектировании и строительстве проектируются и строятся, в том числе встраиваются в существующие здания, современные физкультурно-оздоровительные комплексы – «Термы» с большим количеством бань-саун, хамамов, русских бань и массовым пребыванием людей. В данной статье рассмотрена история и устройство древних «Терм», проблемы нормирования и безопасности людей в данных оздоровительных комплексах с точки зрения обеспечения пожарной безопасности в современных условиях.*

*Ключевые слова: массовое пребывание людей, термы, эвакуация*

В настоящее время при проектировании зданий общественного назначения (многофункциональные, торговые, гостиничные комплексы, аквапарки и др.) в них все чаще предусматривается размещение современных физкультурно-оздоровительных комплексов, в том числе с различными типами бань, саунами, хамами, обобщенно называемыми «термы», в которых предусматривается пребывание большого количества людей различных возрастов.

В данной статье рассмотрены вопросы нормирования и особенности обеспечения безопасности людей в оздоровительных комплексах с термами с точки зрения требований нормативных документов по пожарной безопасности.

Первые термы были построены в Риме (25-19 годы до н. э.) и ими могли бесплатно пользоваться римское население. Внутри императорские термы были выполнены из мрамора, украшены мозаикой, скульптурами и мраморными колоннами, окна и двери были из бронзы. В термах находились помещения раздевалок, помещения для занятий спортом, библиотеки, комнаты для общения, игры в мяч и даже сады. Банная «программа» заключалась в посещении бассейнов для купания в холодной воде, затем в чуть теплой воде, теплой воде. Бани тех времен, построенные императорами, были настолько большими,

что были похожими на курортные города.

Их отопление производилось системой «Гипокауст», которая представляла собой печь, обычно расположенную за пределами отапливаемого помещения, и имеющую систему каналов и труб, проводивших теплый воздух под пол и в стены здания. В термах с помощью печи нагревались не только воздух, но и вода, которые затем циркулировали под полом и в полостях стен. Таким образом, можно отметить, что вероятность возникновения пожаров в подобных заведениях, ввиду использования натуральных негорючих отделочных материалов и отсутствия горючей нагрузки, была практически сведена к нулю.

В настоящее время под «термами» подразумеваются спортивные, физкультурно-оздоровительные, развлекательные комплексы с бассейнами, тренажерными залами и различными типами бань (финскими, русскими, хамамами, инфракрасными саунами, ледяными, соляными комнатами и т. д.). Кроме этого, в них размещаются точки общественного питания (фуд-корты, рестораны, кафе, буфеты) и торговли.

Термы, как правило, размещаются или в одном здании, или в нескольких зданиях и на территории с обособленными входами в каждое из них, с размещением уличных бассейнов, различных зон

активности (бани, спортивные площадки, места для игр детей различного возраста, точки общественного питания и т. д.). Опасность в данном случае представляют деревянные бани (индивидуальные дома, с размещенными в них банями), выполненные в национальном стиле, и располагаемые без требуемых противопожарных разрывов, в том числе на кровлях существующих зданий таких учреждений.

Несмотря на имеющийся прогресс в строительной отрасли, применяемых современных строительных материалах, проводимых на объектах профилактических мероприятиях, высоких штрафных санкциях за несоблюдение требований пожарной безопасности, пожары в оздоровительных комплексах, в том числе банях, занимают особое место в статистике пожаров в России. Так, начиная с 2017 по 2020 гг. количество пожаров на объектах класса функциональной пожарной опасности Ф3.6 (физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, бытовые помещения, бани) только росло и составляло 1853, 2061, 2513, 3200 ед., соответственно [1\*] – [4\*]. И только в 2021 г. количество пожаров на таких объектах несколько снизилось и составило 2902 ед., что в общей статистике, показывающей распределение пожаров, произошедших в 2021 году,



по классам функциональной пожарной опасности занимает 3-е место, после пожаров в жилых зданиях (Ф1.3 и Ф1.4) и зданиях производственного и складского назначения (Ф5.1 и Ф5.2) [5\*].

Эксплуатация подобных объектов с массовым пребыванием людей, в помещениях которых одновременно может находиться до 500 человек (разного возраста), подразумевает размещение саун в общих/основных помещениях с бассейнами. Особую опасность при этом представляют собой бани (сауны), как источники наибольшей пожарной нагрузки, а при неправильном проектировании и эксплуатации, еще и как источник загорания. Происходящие процессы постепенного высушивания древесины, приводят к тому, что со временем, в древесине начинают происходить процессы пиролиза – термического разложения, которые при высокой температуре способны воспламениться. Скрытые процессы тления также могут приводить к выбросам пламени при открывании дверей в данные помещения, при возгорании которых происходит задымление основного помещения.

Нередко термы размещаются на цокольных этажах, при этом в действующих нормативных документах запрет на такое расположение отсутствует, а в общих помещениях зачастую размещаются антресоли с различными точками общественного питания и зонами отдыха с лежаками.

В случае каких-либо чрезвычайных происшествий необходимо учитывать то, что осложнять эвакуацию может факт того, что люди, находясь в купальных костюмах, плавках, тем более в зимнее время, будут двигаться в первую очередь в сторону раздевалок, а не эвакуационных выходов. Также осложняет эвакуацию наличие турникетов на путях эвакуации, что связано с особенностями оплаты прохода и иных сервисов, которая взимается с помощью электронных браслетов. При этом покинуть основное помещение комплекса посетитель может только в случае, если время посещения не вышло и оплачены все покупки, в противном случае турникет не откроется и потребует оплату за дополнительное проведенное время и оплату покупок. Таким образом, в случае пожара посетитель сначала должен бежать на стойку оплаты, а не на путь эвакуации. Это связано с тем, что зачастую руководство комплексов ради прибыли, а то и по незнанию мон-

тируют и эксплуатируют системы доступа без знания элементарных требований безопасности, по обязательной разблокировке данных систем при сигнале от пожарной сигнализации.

Рассмотрим требования действующих нормативных документов по пожарной безопасности, регламентирующих размещение бань (саун) в зданиях.

Положениями сводов правил СП 1.13130.2020 [6] и СП 4.13130.2013 [7] запрещается размещение саун под трибунами объектов Ф2, смежно и под помещениями другого функционального назначения, рассчитанными на пребывание более 100 человек. Также ограничивается вместимость парильной до 10 человек. Из помещений комплексов саун требуется устройство обособленных эвакуационных выходов. Сообщение комплексов саун с вестибюлями, холлами, лестничными клетками, предназначенными для эвакуации людей из других частей здания, не допускается. Комплекс помещений встроенных бань (саун) должен быть отделен от других помещений в зданиях стенами (перегородками) с пределами огнестойкости REI 45 (EI 45) или REI 15 (EI 15) в зависимости от степени огнестойкости здания.

Таким образом, исходя из вышеуказанных требований, комплекс должен выделяться противопожарными преградами. При этом требованиями не регламентировано, могут ли в таком комплексе размещаться бассейны и др. функциональные зоны, ведь комплекс бань подразумевает наличие бассейнов, купелей, а также зон отдыха, совмещающих в себе буфеты, кухни, раздевалки и пр., что по своей сути и относится к оздоровительному (банному) комплексу, но перечень таких помещений и функциональных зон не определен. Ранее, состав помещений бань сухого жара был определен в ныне недействующем своде правил СП 31-112-2004 [8], который предусматривал – камеру сухого жара, раздевальную, душевую, но поскольку прогресс не стоит на месте и оздоровительные комплексы расширяют спектр оказываемых услуг, данные решения являются не актуальными. Также, возможность автономного использования бань, была указана в справочном пособии к СНиП 2.08.02-89 [9] при обособлении выходов из них, что при использовании такого решения в термах в принципе целесообразно, с точки зрения организации функциональной схемы самих терм в оздоровительных комплексах.

Учитывая положения современных нормативных требований по пожарной безопасности, никаких особых требований к самим помещениям бань (саун), которые и являются основным очагом пожара, а в некоторых случаях и взрывов с последующим горением, не предъявляется. В действующем ранее СНиП 31-05-2003 [10] содержался ряд требований непосредственно к помещениям парных, в частности: ограничение объема и высоты помещения парильной; необходимость использования электрокаменок заводского изготовления с автоматическим отключением при достижении максимально допустимой температуры, а также с автоматическим отключением через 8 ч непрерывной работы; требования по размещению печи, устройству над печью несгораемого теплоизоляционного щита; оборудования вентиляционного канала противопожарным клапаном; оборудования дренчером или сухотрубом, присоединенным за пределом парильни к внутреннему водопроводу; ограничение использования смолистой древесины для отделки парильной.

Сами же бани (сауны), в связи с особенностями формирования внутреннего пространства комплекса, как правило, имеют панорамное остекление с видом на его внутреннюю часть, а стеклянные двери имеют зазоры для вентиляции, в связи с чем сами помещения парильных невозможно отделить противопожарными преградами с заполнением проемов противопожарными дверями от основного объема комплекса, в противном случае теряется вся архитектурная концепция современных оздоровительных комплексов [11], [12].

### Выводы

Учитывая изложенное, при проектировании физкультурно-оздоровительных комплексов, в том числе с различными типами бань, саунами, хамами и т.д. целесообразно предусматривать и учитывать следующее:

1. Разработку специальных технических условий на проектирование противопожарной защиты, в которых отражать специфику данных объектов (при наличии необходимости разработки), в том числе с принятием дополнительных требований по размещению точек общественного питания (фуд-кортов и пр.), выделению бань-саун противопожарными преградами или иными конструкциями с использованием противопожарных

разрывов, в том числе с применением водяных завес, предъявлению требований к самим помещениям парильных.

2. Размещать строения бань-саун, с выполнением требуемых противопожарных разрывов на территориях комплексов, а при размещении на кровлях зданий – кровлю выполнять в виде эксплуатируемых кровель с защитой верхнего слоя негорючими материалами, а само покрытие выполнять в соответствии с требованиями к противопожарным перекрытиям 1-го типа. Расстояния до помещений на кровле выполнять с соблюдением также требуемых противопожарных разрывов, при этом строения на кровлях должны соответствовать пределам огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности основного здания. Не допускать размещение на кровлях мобильных сооружений или бань, выполненных в виде комплектного оборудования из горючих материалов.

3. Пределы огнестойкости несущих конструкций антресолей, размещаемых в объеме основного помещения, предусматривать не ниже, чем предел огнестойкости несущих конструкций здания, а самих площадок не ниже пределов огнестойкости междуэтажных перекрытий для данного здания.

4. При размещении помещений бань сухого жара (саун) в т. ч., смежно с помещениями, рассчитанными на пребывание более 100 человек, предусматривать выполнение следующих противопожарных мероприятий:

- дымоудаление из общих помещений с бассейнами и банями (саунами);
- использование преимущественно негорючих материалов класса не выше КМ0 в отделочных материалах общих помещений;
- оборудование автоматическими установками водяного пожаротушения пространства над банями-саунами, а при размещении в цокольных этажах защита общих помещений автоматическими установками водяного пожаротушения по всей площади.

5. Преимущественное размещение общих помещений на первых этажах с достаточным количеством эвакуационных выходов и их шириной, ведущих непосредственно наружу. Выходы из бань (саун) предусматривать либо в данные помещения, либо непосредственно наружу, не допуская их сообщения с общими вестибюлями, холлами, лестничными клетками и т. п.

6. Невозможность размещения комплексов в подвальных этажах, а при размещении в цокольных этажах предусматривать обособленные выходы, ведущие непосредственно наружу по лестничным клеткам или маршам в прямых снаружи здания.

7. Дублирование легко открывающимися распашными калитками турникетов (систем контроля управления доступом (СКУД)). Учете в алгоритме противопожарной автоматики разблокирования СКУД при сигнале от автоматической пожарной сигнализации. При разработке организационно-технических мероприятий предусматривать разработку инструкций, в которые необходимо включать проведение бесед с определенной периодичностью, с сотрудниками службы безопасности, о недопущении блокирования СКУД при наличии сигнала о пожаре от АПС, даже ввиду наличия ложных срабатываний, а также разрабатывать дополнительные меры по эвакуации, учитывая особенности эвакуации людей без одежды в холодное время года.

8. Выделение каждой парильной бани (сауны), ограждающими строительными конструкциями, выполненными из негорючих материалов. При этом рекомендуется применять огнестойкие конструкции с пределом огнестойкости не менее EI 45, либо предусматривать в саунах инфракрасные теплогенерирующие устройства или электрокаменки заводского изготовления с автоматикой отключения при перегреве более 120 °С.

9. Тщательный подбор мощности теплогенерирующего устройства, которая должна соответствовать объему парильной (согласно инструкции изготовителя); теплогенерирующее устройство должно автоматически отключаться после 8 ч работы; пульт управления следует размещать в сухом помещении перед парильной; защита подводящих кабелей должна быть теплостойкой и рассчитанной на максимально допустимую температуру в парильной.

10. Выдерживать и предусматривать минимальное расстояние от теплогенерирующего устройства до обшивки стен парильной не менее 20 см; непосредственно над теплогенерирующим устройством под потолком следует устанавливать негорючий теплоизоляционный щит; расстояние между щитом и обшивкой потолка должно быть не менее 5 см.

11. Устройство вентиляции в парильной. Между дверью и полом необходимо

предусматривать зазор не менее 30 мм. Температура в парильной должна поддерживаться автоматически и не должна превышать 110 °С.

12. Оборудование помещения парильной по периметру перфорированным сухотрубом, присоединенным к внутреннему водопроводу с управлением перед входом в парильную. Этот же сухотруб может иметь устройство для подачи воды через него от прибывающей пожарной техники, причем узел соединения должен устанавливаться вне здания.

13. Использование для внутренней обшивки стен парильной древесины не смолистых пород. Замена внутренней деревянной обшивки стен парильной один раз в 5 лет.

14. Устройство в парильных с целью исключения опасности вспышек и выбросов пламени специальных проемов, защищенных самооткрывающимися или саморазрушающимися при пожаре конструкциями. Один из проемов следует размещать в потолке, или в верхней части стены, а другой – в нижней части помещения.

15. Использование электрических проводов, применяемых для подключения печи к электросети, а также светильников и электроарматуры рассчитанных на условия эксплуатации в среде с повышенной температурой. Разъемные соединений для подключения электрокаменки к электросети должно осуществляться за пределами парильного отделения.

#### Библиография

1. *Пожары и пожарная безопасность в 2017 г. Статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий.* – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2018. 125 с.
2. *Пожары и пожарная безопасность в 2018 г. Статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий.* – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2019. 125 с.
3. *Пожары и пожарная безопасность в 2019 г. Статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий.* – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2020. 80 с.
4. *Пожары и пожарная безопасность в 2020 г. Статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий.* – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2021. 112 с.
5. *Пожары и пожарная безопасность в 2021 г. Статистический сборник. Статистика пожаров и их последствий.* – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2021. 114 с.
6. СП 1.13130.2020 *Системы противопо-*

жарной защиты. Эвакуационные пути и выходы

7. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (с изменениями № 1, № 2, № 3)

8. СП 31-112-2004 Физкультурно-спортивные залы (в 2-х частях)

9. Спортивные сооружения. Справочное пособие к СНиП 2.08.02-89

10. СНиП 31-05-2003 Общественные здания административного назначения

11. Пожарная опасность камеры сухого жара в банях финского типа. Методиче-

ские рекомендации. – М.: УПО ГУВД Мособлсполкома. 1987. 6 с.

12. Анализ пожарной опасности и путей ее снижения для финских бань и других помещений с повышенной начальной температурой. – СПб.: ОПиАСР и СНТБ ГУ ГПС МВД России. Кафедра процессов горения. ВИПТИ МВД России. 1989. 6 с.

eng

Karamyshev V. V., Spiridonov D. A.

## PROBLEMS OF FIRE SAFETY IN THE DESIGN OF SPORTS AND RECREATION COMPLEXES SUCH AS «TERMS» IN MODERN CONDITIONS

Modern sports and recreation complexes – «Thermae» with a large number of saunas, hamams, Russian baths and mass stay of people are being designed and built, including integrated into existing buildings, with modern design and construction. This article examines the history and structure of ancient «Thermal baths», the problems of rationing and safety of people in these health complexes from the point of view of ensuring fire safety in modern conditions.

Keywords: mass stay of people, terms, evacuation

### References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2017 g. Statisticheskij sbornik. Statistika pozharov i ih posledstvij. – M.: FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2018. 125 p. (in Russian)  
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 g. Statisticheskij sbornik. Statistika pozharov i ih posledstvij. – M.: FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2019. 125 p. (in Russian)  
3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 g. Statisticheskij sbornik. Statistika pozharov i ih posledstvij. – M.: FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2020. 80 p. (in Russian)  
4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2020 g. Statisticheskij sbornik. Statistika pozharov i ih posledstvij. – M.: FGBU VNIPO MCHS

Rossii. 2021. 112 p. (in Russian)  
5. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2021 g. Statisticheskij sbornik. Statistika pozharov i ih posledstvij. – M.: FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2021. 114 p. (in Russian)  
6. SP 1.13130.2020 Sistemy protivopozharnoj zashchity. Evakuacionnye puti i vyhody (in Russian)  
7. SP 4.13130.2013 Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ogranichenie rasprostraneniya pozhara na ob'ektah zashchity. Trebovaniya k ob'emno-planirovochnym i konstruktivnym resheniyam (s izmeneniyami № 1, № 2, № 3) (in Russian)  
8. SP 31-112-2004 Fizkul'turno-sportivnye zaly (v 2-h chastyah) (in Russian)

9. Sportivnye sooruzheniya. Spravochnoe posobie k SNiP 2.08.02-89 (in Russian)  
10. SNiP 31-05-2003 Obshchestvennye zdaniya administrativnogo naznacheniya (in Russian)  
11. Pozharnaya opasnost' kamery suhogo zhara v banyah finskogo tipa. Metodicheskie rekomendacii. – M.: UPO GUVD Mosoblspolkoma. 1987. 6 p. (in Russian)  
12. Analiz pozharnoj opasnosti i putej ee snizheniya dlya finskih ban' i drugih pomeshchenij s povyshennoj nachal'noj temperaturoj. – SPb.: OPiASR i SNTB GU GPS MVD Rossii. Kafedra processov goreniya. VIPTI MVD Rossii. 1989. 6 p. (in Russian)

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЗЕМЛЯНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Колесников А. О., канд. техн. наук, доц.

(Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск)

## РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ

*Выполнены исследования по оценке возможностей использования аналитических выражений для описания динамических характеристик фундаментов при вертикальных колебаниях. Проведено сравнение результатов расчетов с имеющимися в литературных источниках данными испытаний опытных фундаментов, имеющих круглую, квадратную и прямоугольную форму подошвы при различном заглублении в песчаный грунт. С учетом наличия погрешностей в результатах 25% проведенных измерений, показано удовлетворительное соответствие между теорией и экспериментом.*

*Ключевые слова: фундамент под машину, заглубленный фундамент, волновая модель, динамическая жесткость, экспериментальные исследования*

В настоящее время при расчетах колебаний фундаментов предъявляются высокие требования к достоверности результатов [1] – [3]. Точность при вычисления динамической жесткости фундамента является важной и актуальной инженерной задачей, так как позволяет правильно определить собственную частоту колебаний системы «фундамент-машина» и предупредить возникновение резонансных явлений.

В связи с этим необходимо в используемых расчетных моделях системы «заглубленный фундамент-основание» более полно учитывать их характеристики [4] – [9]. Так, увеличение жесткости фундамента при взаимодействии с окружающим грунтом заглубленных боковых граней приводит к повышению частот его собственных колебаний, что подтверждается результатами экспериментов, проведенными как в лабораторных и натурных условиях, так на опытном полигоне [3], [5], [9], [10]. Таким образом, учитывая влияние плотного контакта боковой поверхности фундамента с окружающим грунтом при проектировании фундаментов под машины можно рассчитать более точные значения амплитудно-частотных характеристик колебаний системы в целом [4] – [15].

Вместе с тем, при оценке характеристик заглубленных фундаментов наблюдается расхождение полученных результатов расчетов с данными экспериментальных исследований [1], [5], [9].

Вероятно, необходимо учитывать геометрию фундамента и другие его индивидуальные особенности для повышения точности расчетов, однако это требует детального изучения [12] – [15], [19] – [21].

В настоящей работе проведены исследования по оценке возможности достоверно описывать динамические характеристики фундаментов при различных формах их подошвы и величины заглубления, опираясь на результаты работ [4], [12]. Также выполнено сопоставление результатов инженерных расчетов с использованием предлагаемых формул с данными, имеющимися в работе [14] полученными в ходе экспериментов при свободных вертикальных колебаниях опытных фундаментов.

При расчете динамических характеристик заглубленных фундаментов с различной формой подошвы используется решение задачи о колебаниях тонкой пластины с вырезом. При этом грунт рассматривается в виде упругой инертной среды, а фундамент как абсолютно твердое тело, чей контакт со средой осуществляется через основание и боковую поверхность. Грунт, расположенный выше основания фундамента, рассматривается как совокупность бесконечных тонких слоев. Общая динамическая реакция среды складывается из реакций по основанию и по боковой поверхности. Связь между перемещениями фундамента и реакциями грунта по основанию оценивается в работах [16] – [18], а реакции по боко-

вой поверхности определяются в [4] после рассмотрения колебаний бесконечной тонкой пластины или слоя с круглым вырезом, а в работе [12] с прямоугольным вырезом.

Описанные в [14] экспериментальные исследования были выполнены в грунтовом лотке цилиндрической формы глубиной 1,8 м и внешним диаметром 3,6 м. Лоток был заполнен песком, уложенным послойно по всей глубине. По контуру лотка был уложен слой древесных опилок толщиной 0,3 м для снижения влияния отраженных волн от стенок лотка.

В экспериментах испытывались модели фундаментов, представляющие из себя бетонные блоки высотой 0,46 м с площадью подошвы 0,0706 м<sup>2</sup>. Формой подошвы опытных фундаментов являлись круг, квадрат и прямоугольники с соотношением сторон 1:2 и 1:4. Радиус круга 0,15 м. Все блоки изготавливались монолитными в предварительно подготовленных формах. В каждой серии испытаний менялись форма подошвы фундамента, величина заглубления и масса. Масса изменялась путем присоединения грузов с сохранением центра тяжести системы. Всего было проведено 36 серий экспериментов на 12 различных конструкциях опытных фундаментов.

В таблице 1 представлены параметры исследуемых фундаментов и результаты испытаний [14].

Представленные в таблице 1 величины вертикальных жесткостей опытных

Т а б л и ц а 1 – Результаты испытаний опытных фундаментов

Нумерация опытов [14]	Форма подошвы и ее размеры, м	Величина заглубления $h$ , м	Масса фундамента $m$ , кг	Диапазон собственных частот $f_z$ , Гц	Рассчитанные жесткости $K_z \cdot 10^{-6}$ , кг/с <sup>2</sup>
8a 8b 8c	Круг, 0,15	0,063	80,30 107,00 141,00	87-95 79-93 72-77	23,86-28,58 26,33-29,06 28,82-32,93
9a 9b 9c	Круг, 0,15	0,122	78,00 104,80 138,80	90-98 79-85 69-79	24,91-29,52 25,84-29,93 26,08-34,20
10a 10b 10c	Круг, 0,15	0,186	80,74 107,50 141,50	87-95 80-83 73-77	24,16-28,80 27,11-29,19 29,71-33,08
11a 11b 11c	Квадрат 0,266×0,266 (1:1)	0,062	83,46 109,32 140,16	83-95 73-78 67-74	22,68-29,74 22,99-26,25 23,35-30,27
12a 12b 12c	Квадрат 0,266×0,266 (1:1)	0,128	83,90 109,80 140,61	88-98 78-83 69-73	25,65-31,82 26,40-29,87 26,42-29,57
13a 13b 13c	Квадрат 0,266×0,266 (1:1)	0,182	82,50 108,41 139,25	87-93 82-89 67-82	24,61-28,15 28,77-33,90 24,63-36,90
14a 14b 14c	Прямоугольник 0,188×0,376 (1:2)	0,065	84,82 110,68 141,00	85-89 74-80 71-74	24,20-26,57 23,93-27,96 28,05-30,48
15a 15b 15c	Прямоугольник 0,188×0,376 (1:2)	0,123	83,46 109,32 139,70	92-99 79-87 72-76	27,90-32,31 26,84-32,57 28,63-31,92
16a 16b 16c	Прямоугольник 0,188×0,376 (1:2)	0,177	84,37 110,22 140,60	87-91 81-85 61-71	25,21-27,06 29,49-31,37 20,70-28,05
17a 17b 17c	Прямоугольник 0,133×0,532 (1:4)	0,069	85,73 109,77 139,70	83-91 73-85 63-80	23,35-28,00 23,10-31,37 21,29-35,31
18a 18b 18c	Прямоугольник 0,133×0,532 (1:4)	0,13	85,28 109,32 139,26	83-91 77-91 74-87	23,08-27,85 25,48-35,60 30,04-41,46
19a 19b 19c	Прямоугольник 0,133×0,532 (1:4)	0,184	83,46 107,50 137,44	79-85 69-80 67-82	20,55-23,80 20,17-27,11 24,36-36,47

фундаментов  $K_z$  определены с использованием масс  $m$  и частот вертикальных колебаний фундаментов  $f_z$  по формуле

$$K_z = (2\pi f_z)^2 m. \quad (1)$$

Подход к определению динамической жесткости  $K_z$  заглубленных фундаментов, основанный на волновых моделях, предполагает суммирование значений, найденных отдельно для боковой поверхности  $K_{z1}$  и для подошвы  $K_{z2}$  [1], [8]

$$K_z = K_{z1} + K_{z2}. \quad (2)$$

Вертикальная жесткость по боковой поверхности фундамента определяется как

$$K_{z1} = V_{s0}^2 \rho_0 S_{w1} h, \quad (3)$$

где  $\rho_0$  – плотность грунта засыпки выше подошвы фундамента;

$V_{s0}$  – скорость поперечных волн в грунте выше подошвы фундамента;

$h$  – величина заглубления;

$S_{w1}$  – коэффициент, определяемый безразмерной частотой колебаний  $a_0 = r_0 \omega / V_{s0}$  и геометрической формой в плане заглубленного фундамента [1], [4], [12];

$\omega = 2\pi f_z$  – круговая частота колебаний;

$r_0$  – характерный размер равный радиусу круглого в плане фундамента,  $r_0 = \sqrt{ab} / \pi$  для прямоугольного в плане тела со сторонами  $a$  и  $b$ .

Вертикальная жесткость под подошвой фундамента определяется по формуле

$$K_{z2} = V_s^2 \rho_0 F_{1z}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность грунта под подошвой

фундамента;

$V_s$  – скорость поперечных волн в грунте ниже подошвы фундамента;

$F_{1z}$  – коэффициент определяемый согласно [1]:

$$F_{1z} = 5,33 - 0,9 (r_0 \omega / V_s)^2.$$

Расчеты жесткостей для опытных фундаментов с характеристиками, описанными в таблице 1 проводились при следующих параметрах:  $\rho = \rho_0 = 1700$  кг/м<sup>3</sup>,  $V_s = V_{s0} = 125$  м/с по [22],  $a_0 = 0,5$ .

Предполагается, что во всех рассматриваемых случаях жесткость по подошве всех рассматриваемых фундаментов имеет одинаковое значение и согласно (4) определена величиной  $K_{z2} = 1,9 \cdot 10^7$  кг/с<sup>2</sup>.

Для определения коэффициента  $S_{w1}$ ,

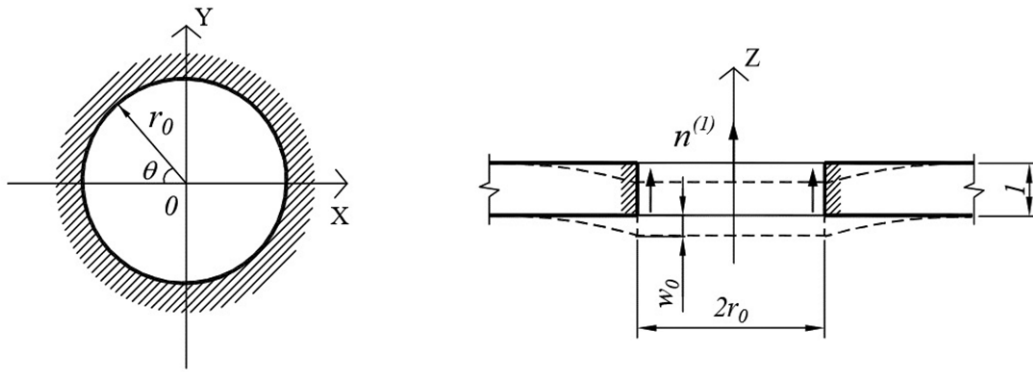


Рисунок 1 – Схема вертикальных колебаний бесконечной тонкой пластины с круглым вырезом

входящего в формулу (3), запишем уравнения движения упругой среды при отсутствии объемных сил в цилиндрической системе координат

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial \delta}{\partial r} - \frac{2\mu}{r} \frac{\partial \omega_z}{\partial \theta} + 2\mu \frac{\partial \omega_\theta}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$

$$2\mu \frac{\partial \omega_z}{\partial r} + (\lambda + 2\mu) \frac{1}{r} \frac{\partial \delta}{\partial \theta} - 2\mu \frac{\partial \omega_r}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \quad (5)$$

$$-\frac{2\mu}{r} \frac{\partial r \omega_\theta}{\partial r} + \frac{2\mu}{r} \frac{\partial \omega_r}{\partial \theta} + (\lambda + 2\mu) \frac{\partial \delta}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}.$$

где  $u, v, w$  – перемещение вдоль осей  $r, \theta$  и  $z$ , соответственно;

$\Delta$  – оператор Лапласа;

компоненты вектора вращения:

$$\omega_\theta = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial \omega}{\partial r} \right), \quad \omega_r = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta} - \frac{\partial v}{\partial z} \right),$$

$$\omega_z = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial r v}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} \right);$$

$\delta = \frac{1}{r} \frac{\partial r u}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{\partial w}{\partial z}$  – объемная деформация;

$\rho$  – плотность;

$\lambda, \mu$  – коэффициенты Ламе.

Первоначально опишем решение задачи с круглым вырезом радиуса  $r_0$  [1] (см. схему на рисунке 1).

$$w(r_0, \theta, t) = w_0 e^{i\omega t}. \quad (6)$$

Из характера деформаций вблизи границы контура, вводится кинематическая гипотеза о том, что все точки в процессе колебаний остаются на своих прямых ( $r, \theta$

= const) и расстояния между ними не меняются. Из этого следует  $u(r, \theta, t) = 0, v(r, \theta, t) = 0, w = w(r_0, \theta, t)$ , а исходная система (5) приводится к уравнению

$$\mu \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} \right) = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}. \quad (7)$$

Решение (6) и (7) выполняется методом разделения переменных и согласно [23] имеет вид

$$w = e^{i\omega t} \sum_{n=0}^{\infty} (A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta) \left[ C_n H_n^{(1)}(kr) + D_n H_n^{(2)}(kr) \right],$$

где  $k = \frac{\omega}{\sqrt{\mu/\rho}}$ ,  $H_n^{(1)}, H_n^{(2)}$  – функции Ганкеля

первого и второго рода, а  $A_n, B_n, C_n, D_n$  – постоянные, подлежащие определению.

Из условия симметрии следует, что  $n = 0$ . Чтобы удовлетворить принципу излучения, решения (6), (7) должны содержать только расходящиеся волны и, следовательно,  $C_0 = 0$ . Далее, предполагая  $D_0 = 1$ , получаем

$$w = e^{i\omega t} A_0 H_0^{(2)}(kr).$$

Из условия (6) определяется

$$A_0 = \frac{w_0}{H_0^{(2)}(kr_0)}.$$

На контуре круглого выреза действуют только касательные напряжения

$$\tau_{rz} = \mu \frac{\partial w}{\partial r} \Big|_{r=r_0} = -\mu w_0 k e^{i\omega t} \frac{H_1^{(2)}(kr_0)}{H_0^{(1)}(kr_0)},$$

которые приводятся только к равно-

действующей

$$n^{(1)} = - \int_0^{2\pi} \tau_{rz} \cdot 1 \cdot r_0 d\theta = 2\pi k r_0 \mu w_0 e^{i\omega t} \frac{H_1^{(2)}(kr_0)}{H_0^{(1)}(kr_0)}.$$

Реакция слоя грунта единичной толщины, приложенная к боковой поверхности фундамента, равна

$$n^{(1)} = S_w(kr_0) w_0 e^{i\omega t} = \mu w_0 e^{i\omega t} (S_{w1} + iS_{w2}),$$

где действительная  $S_{w1}$  и мнимая  $S_{w2}$  безразмерные части  $S_w$  определяются как

$$S_{w1}(kr_0) = 2\pi k r_0 \frac{J_0(kr_0)Y_1(kr_0) + Y_0(kr_0)J_1(kr_0)}{J_0^2(kr_0) + Y_0^2(kr_0)}, \quad (8)$$

$$S_{w2}(kr_0) = \frac{4}{J_0^2(kr_0) + Y_0^2(kr_0)}. \quad (9)$$

Рассмотрим задачу о вертикальных колебаниях пластины с прямоугольным вырезом, имеющего размеры боковых сторон  $a$  и  $b$  с соотношением сторон  $\gamma = b/a$  (рисунок 2).

Используя соотношения  $x = r \cos \theta$  и  $y = r \sin \theta$ , граничные условия на контуре прямоугольного выреза в цилиндрической системе координат можно представить в виде

$$w\left(\frac{a}{2 \cos \theta}, \theta, t\right) = w_0 e^{i\omega t}, \quad -\theta_0 \leq \theta \leq \theta_0;$$

$$w\left(\frac{-a}{2 \cos \theta}, \theta, t\right) = w_0 e^{i\omega t}, \quad \pi - \theta_0 \leq \theta \leq \pi + \theta_0;$$

$$w\left(\frac{b}{2 \sin \theta}, \theta, t\right) = w_0 e^{i\omega t}, \quad \theta_0 \leq \theta \leq \pi - \theta_0;$$

$$w\left(\frac{-b}{2 \sin \theta}, \theta, t\right) = w_0 e^{i\omega t}, \quad \pi + \theta_0 \leq \theta \leq 2\pi - \theta_0,$$

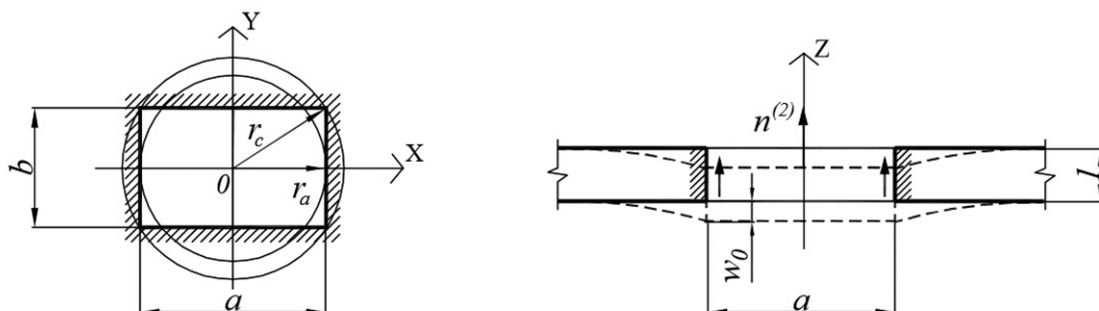
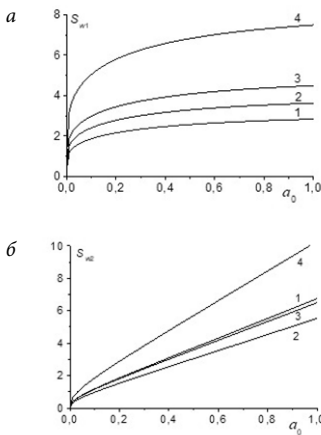


Рисунок 2 – Схема вертикальных колебаний бесконечной тонкой пластины с прямоугольным вырезом



Форма подошвы фундаментов: 1 – круг;  
2 – квадрат; 3 – прямоугольник  
с соотношением сторон 1:2; 4 – прямоугольник  
с соотношением сторон 1:4

Рисунок 3 – Значения динамических  
характеристик  $S_{w1}(a)$ ,  $S_{w2}(b)$ .

$$\text{где } \theta_0 = \arccos\left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right).$$

Исходя из того, что решение задачи имеет характер цилиндрических волн и удовлетворяет уравнению колебания, используя описанный выше результат для кругового выреза, запишем для одной из сторон прямоугольника, например,  $x = 0,5a$ ;  $-0,5b \leq y \leq 0,5b$  в секторе  $-\theta_0 \leq \theta \leq \theta_0$

$$w = w_0 e^{i\omega t} \frac{H_0^{(2)}(kr)}{H_0^{(2)}\left(k \frac{a}{2 \cos \theta}\right)},$$

где  $\theta$  в данном случае выполняет роль параметра.

Определяя касательное напряжение при вертикальных колебаниях на рассматриваемой стороне прямоугольного выреза согласно

$$\tau_{xz} = \mu \frac{\partial w}{\partial x} = \mu \left( \frac{\partial w}{\partial r} \cos \theta - \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta} \sin \theta \right),$$

получаем

$$\tau_{xz} = -\mu w_0 e^{i\omega t} \frac{k}{\cos \theta} \frac{H_1^{(2)}\left(k \frac{a}{2 \cos \theta}\right)}{H_0^{(2)}\left(k \frac{a}{2 \cos \theta}\right)},$$

$$-\theta_0 \leq \theta \leq \theta_0.$$

Таким образом, величина касательного напряжения для одной из сторон прямоугольника изменяется между значениями

$$\tau_{xz}(0,5a;0) = -\mu w_0 k \frac{H_1^{(2)}(0,5ka)}{H_0^{(2)}(0,5ka)} e^{i\omega t},$$

в точке  $x = 0,5a$ ,  $y = 0$  и

$$\tau_{xz}(0,5a;0,5b) =$$

$$= -\mu w_0 k \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{a} \frac{H_1^{(2)}\left(0,5k\sqrt{a^2 + b^2}\right)}{H_0^{(2)}\left(0,5k\sqrt{a^2 + b^2}\right)} e^{i\omega t},$$

в точке  $x = 0,5a$ ,  $y = 0,5b$ .

Величина касательного напряжения на другой стороне прямоугольника изменяется между значениями

$$\tau_{yz}(0;0,5b) = -\mu w_0 k \frac{H_1^{(2)}(0,5kb)}{H_0^{(2)}(0,5kb)} e^{i\omega t},$$

в точке  $x = 0$ ,  $y = 0,5b$  и

$$\tau_{yz}(0,5a;0,5b) =$$

$$-\mu w_0 k \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{b} \frac{H_1^{(2)}\left(0,5k\sqrt{a^2 + b^2}\right)}{H_0^{(2)}\left(0,5k\sqrt{a^2 + b^2}\right)} e^{i\omega t},$$

в точке  $x = 0,5a$ ,  $y = 0,5b$ .

Если предположить, что величина напряжения вдоль стороны прямоугольника изменяется линейно

$$\bar{\tau}_{xz} = \tau_{xz}(0,5a;0) + 2 \left[ \tau_{xz}(0,5a;0,5b) - \tau_{xz}(0,5a;0) \right] y/b,$$

$$\bar{\tau}_{yz} = \tau_{yz}(0;0,5b) + 2 \left[ \tau_{yz}(0,5a;0,5b) - \tau_{yz}(0;0,5b) \right] x/a,$$

то, принимая во внимание симметричность рассматриваемой задачи на его контуре, можно получить равнодействующую

$$\begin{aligned} n^{(2)} &= -4 \int_0^{b/2} \bar{\tau}_{xz} \cdot 1 \cdot dy - 4 \int_0^{a/2} \bar{\tau}_{yz} \cdot 1 \cdot dx = \\ &= \mu w_0 e^{i\omega t} k \left\{ b \left[ \tau_{xz}(0,5a;0) + \tau_{xz}(0,5a;0,5b) \right] + \right. \\ &\quad \left. + a \left[ \tau_{yz}(0;0,5b) + \tau_{yz}(0,5a;0,5b) \right] \right\}. \end{aligned}$$

Если представить размеры прямоугольника через характерный радиус выреза  $r_0$ :

$$r_a = 0,5a = 0,5 r_0 \sqrt{\pi/\gamma}, \quad r_b = 0,5b = 0,5 r_0 \sqrt{\pi\gamma},$$

$$r_c = 0,5\sqrt{a^2 + b^2} = 0,5 r_0 \sqrt{\pi/\gamma + \pi\gamma},$$

то реакция слоя единичной толщины, приложенная к боковой поверхности ростверка, равна

$$n^{(2)} = \mu w_0 e^{i\omega t} (S_{w1} + iS_{w2}),$$

где действительная  $S_{w1}$  и мнимая  $S_{w2}$  безразмерные части определяются как

$$\begin{aligned} S_{w1} &= 2kr_b \frac{J_0(kr_a)J_1(kr_a) + Y_0(kr_a)Y_1(kr_a)}{J_0^2(kr_a) + Y_0^2(kr_a)} + \\ &\quad + 2kr_a \frac{J_0(kr_b)J_1(kr_b) + Y_0(kr_b)Y_1(kr_b)}{J_0^2(kr_b) + Y_0^2(kr_b)} + \\ &\quad + 2kr_c \left( \gamma + \frac{1}{\gamma} \right) \frac{J_0(kr_c)J_1(kr_c) + Y_0(kr_c)Y_1(kr_c)}{J_0^2(kr_c) + Y_0^2(kr_c)}. \quad (10) \\ S_{w2} &= \frac{\gamma}{\pi} \frac{4}{J_0^2(kr_a) + Y_0^2(kr_a)} + \\ &\quad + \frac{1}{\pi\gamma} \frac{4}{J_0^2(kr_b) + Y_0^2(kr_b)} + \\ &\quad + \left( \frac{\gamma}{\pi} + \frac{1}{\pi\gamma} \right) \frac{4/\pi}{J_0^2(kr_c) + Y_0^2(kr_c)}. \quad (11) \end{aligned}$$

Из полученного результата следует,

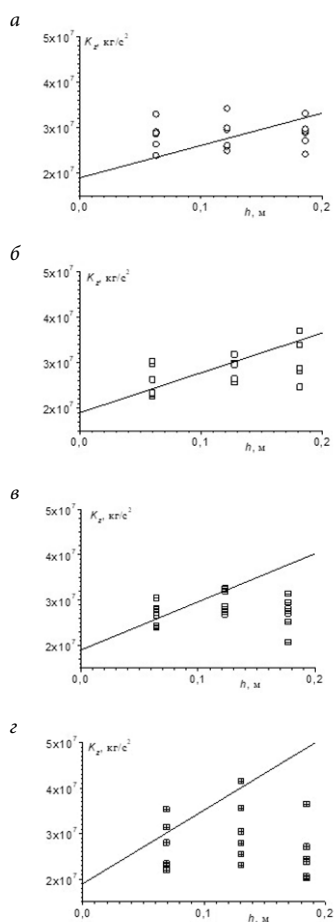
что в случае вертикальных колебаний динамические функции  $S_{w1}$  описываются комплексными выражениями, зависящими от частоты колебаний  $\omega$ , плотности  $\rho$  и жесткости  $\mu$  среды, а также, размеров и соотношения сторон  $a$ ,  $b$ .

На рисунке 3 приведены результаты расчетов с использованием формул (8) – (11). Рисунок иллюстрирует графики действительных  $S_{w1}$  (рисунок 3а) и мнимых  $S_{w2}$  (рисунок 3б) безразмерных частей динамических функций  $S_w$  в диапазоне  $0 \leq a_0 \leq 1$  при различных формах подошвы фундамента. При рассмотрении прямоугольных вырезов во всем диапазоне изменения  $a_0$  значения  $S_{w1}$  в случае соотношения сторон 1:1 больше в 1,3 раза, в случае 1:2 – в 1,6 раза, в случае 1:4 – в 2,6 раза по сравнению с  $S_{w1}$  для круглого выреза. Значения параметра  $S_{w2}$  для круглого выреза близки к величинам, рассчитанным при соотношении сторон прямоугольного вырезов 1:1 и 1:2 во всем диапазоне  $0 \leq a_0 \leq 1$ . Но при соотношении сторон 1:4 значения  $S_{w2}$  уже заметно больше, что иллюстрирует зависимость этой величины от геометрии выреза.

Необходимо отметить, что величины  $S_{w1}$ ,  $S_{w2}$  характеризуют амплитуды перемещений, которые определяются по формуле  $A_w = (S_{w1}^2 + S_{w2}^2)^{0,5}$ , и реакции среды, опережающие соответствующие перемещения фундамента на временные интервалы  $\Delta_w = \arctg(S_{w2}/S_{w1})$  относительного сдвига двух синусоидальных колебаний.

Рисунок 4 иллюстрирует в графической форме значения жесткостей из таблицы 1 в зависимости от величины заглубления фундаментов  $h$ . Сплошные линии отражают результаты расчетов по рассмотренным выше формулам (2) – (4), (8), (10) для определения  $K_z$ .

Можно сделать вывод о приемлемом совпадении расчетных и экспериментальных результатов для фундаментов с круглой и квадратной формой подошвы, представленных на рисунках 4а, 4б. Согласно рисункам 4в, 4г для фундаментов имеющих прямоугольную подошву с соотношением сторон 1:2 и 1:4 можно допустить удовлетворительное совпадение результатов измерений и расчетов при малых заглублениях. Однако вызывает сомнение точность экспериментальных данных в [14] при максимальных исследуемых заглублениях, которые противоречат теоретическим оценкам и экспериментальным данным [1], [5], [6], [8], [9] о повышении жесткости фундаментов при увеличении площади их взаимодей-



Форма подошвы фундаментов: а – круг; б – квадрат; в – прямоугольник с соотношением сторон 1:2; г – прямоугольник с соотношением сторон 1:4  
Рисунок 4 – Изменение жесткости фундаментов с одинаковой площадью подошвы, в зависимости от их заглубления  $h$  (экспериментальные и расчетные данные)

ствия с грунтом по боковой поверхности. В [14] допускается, что до 25% экспериментальных данных определены со значительную ошибкой. Вместе с тем, можно допустить и наличие погрешности, с которой используемые формулы (2) – (4), (8), (10) оценивают жесткости фундаментов, имеющих прямоугольную форму подошвы с соотношением сторон 1:2 и 1:4.

На рисунке 5 в графической форме представлены значения жесткостей из таблицы 1 в зависимости от величин периметров  $P$  подошвы фундаментов. Так для фундамента с круглой подошвой –  $P = 0,942$  м, с квадратной подошвой –  $P = 1,064$  м, с прямоугольной подошвой с соотношением сторон 1:2 –  $P = 1,128$  м, с прямоугольной подошвой с соотношением сторон 1:4 –  $P = 1,330$  м. На рисунке 5а жесткости определены при заглублении  $h = 0,126$  м, на рисунке 5б при заглублении

$h = 0,182$  м. Сплошные линии на рисунке отражают результаты расчетов по рассмотренным выше формулам (2) – (4), (8), (10) для определения  $K_z$ .

Можно сделать вывод об удовлетворительном совпадении расчетных и экспериментальных результатов, представленных на рисунке 5а. Согласно рисунку 5б для фундаментов, имеющих круглую и квадратную форму подошвы, можно допустить приемлемое совпадение результатов измерений и расчетов. Однако вызывает сомнение точность экспериментальных данных в [14] при  $P = 1,128$  м и  $P = 1,330$  м, которые противоречат как теоретическим оценкам, так и экспериментальным данным [1], [5], [6], [8], [9] о повышении жесткости фундаментов при увеличении площади их взаимодействия с грунтом по боковой поверхности.

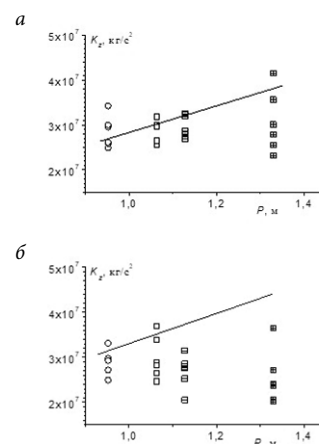
### Выводы

Выполнены исследования по оценке возможности использования аналитических выражений достоверно описывать динамические характеристики фундаментов при вертикальных колебаниях. Проведено сравнение результатов расчетов с имеющимися в литературных источниках данными испытаний опытных фундаментов при их свободных колебаниях. Исследуемые экспериментально фундаменты испытывались при заглублении в песчаный грунт на различную величину и имели круглую, квадратную и прямоугольную форму подошвы. По результатам расчетов определено, что соотношение сторон заглубленного фундамента, имеющего прямоугольную форму в плане, существенно влияет на получаемые оценки динамической реакции среды по боковой поверхности. С учетом того, что авторы публикации [14] допускают наличие погрешностей в результатах 25% проведенных измерений, показано удовлетворительное соответствие между теорией и экспериментом для вертикальных колебаний фундаментов. Вместе с тем, можно сделать вывод о необходимости продолжения исследований с привлечением новых достоверных экспериментальных данных.

### Библиография

1. Забылин М.И. Расчет фундаментов под машины. – Новосибирск: НИСИ. 1983. 83 с.
2. Пятецкий В.М., Александров Б.К., Савинов О.А. Современные фундаменты машин и их автоматизированное проек-

3. Колоушек В. Динамика строительных конструкций. – М.: Стройиздат. 1965. 632 с.
4. Баранов В.А. О расчете вынужденных колебаний заглубленного фундамента. // Вопросы динамики и прочности. Тр. Рижского ПИ. 1967. №14. С. 195-209.
5. Семижонов Е.М. Вынужденные вертикальные колебания массивных фундаментов, заземленных в грунте. // Труды координационных совещаний по гидротехнике. – Л.: Энергия. 1973. С. 46-51.
6. Алексеев Б.Г., Швец Н.С., Аграновский Г.Г., Рахлин Ю.Б. О расчетах заземленных в грунте массивных фундаментов под машины с динамическими нагрузками. // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. 1978. №1. С. 31-37.
7. Холмянский М.Л. Учет влияния заглубления и боковой засыпки фундаментов машин на динамические свойства их основания. // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1991. №5. С. 17-19.
8. Колесников А.О., Попов В.Н. Оценка влияния заглубления ростверка при колебаниях свайного фундамента. // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2009. №2. С. 55-61.
9. Колесников А.О., Попов В.Н. Экспериментальные исследования заглубления ростверка при колебаниях свайного фундамента. // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений.



Форма подошвы фундаментов: ○ – круг; □ – квадрат; ▤ – прямоугольник с соотношением сторон 1:2; ▨ – прямоугольник с соотношением сторон 1:4

Рисунок 5 – Изменение жесткости фундаментов с одинаковой площадью подошвы, в зависимости от периметра боковой поверхности  $P$  при заглублении  $h = 0,126$  м (а),  $h = 0,182$  м (б)



2010. №4. С. 75-80.

10. Nath U.K., Hazarika P.J. Lateral resistance of pile cap-an experimental investigation // *International Journal of Geotechnical Engineering*. 2013. Vol. 7, Issue 3. Pp. 266-272.

11. Ali O.S., Aggour M.S., McCuen R.H. Dynamic of soil-pile interactions for machine foundations // *International Journal of Geotechnical Engineering*. 2016. Vol. 8. Pp. 236-247.

12. Нуждин Л. В., Колесников А. О. К оценке динамических реакций на контуре прямоугольного выреза в бесконечной пластине. // *Изв. Вузов. Строительство*. 2004. №5. С. 22-31.

13. Колесников А. О., Попов В. Н. Динамические реакции на контурах круговых вырезов с учетом их взаимного расположения при колебаниях пластины. // *Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева*. 2017. Т. 283. С. 3-10.

14. Gazetas G., Stokoe K.H. Free Vibration of Embedded Foundations: Theory versus Experiment // *Journal of Geotechnical Engineering*, 1991, Vol. 117, Iss. 9. Pp. 1382-1401.

15. Chowdhury I., Dasgupta S.P. Dynamics of Structure and Foundation – A Unified Approach: 1. Fundamentals. CRC Press, 2008. 882 p.

16. Бородачев Н. М. Колебания круглых и кольцевых плит под действием периодической нагрузки. /Тр. конф. по теор. пластин и оболочек. 1961. Вып. 1. С. 37-40.

17. Arnold K.N., Bycroft G.N., Warburton G.B. Forced vibrations of body on an infinite elastic solid // *J. of Appl. Mech., Trans. of the ASME*, 1955, Vol. 22, №3. Pp. 391-400.

18. Wolf J.P., Deeks A.J. Foundation vibration analysis: A Strength-of-materials approach, 2004. 214 p.

19. Колесников А. О., Попов В. Н. К оценке динамических реакций на контурах не-

скольких круглых вырезов при колебаниях пластины. // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2014. №5-6. С. 51-53.

20. Колесников А. О., Попов В. Н. Динамические реакции на контурах круговых вырезов с учетом их взаимного расположения при колебаниях пластины. // *Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева*. 2017. Т. 283. С. 3-10.

21. Kolesnikov A. O., Kostjuk T.N., Popov V.N. Attenuation of the soil vibration amplitude at pile driving // *Magazine of Civil Engineering*. 2020. 95 (3). Pp. 49-56.

22. Петрашень Г. И. Распространение волн в анизотропных упругих средах. – Л: Наука. 1980. 280 с.

23. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. – М.: Наука. 1977. 736 с.

eng

Kolesnikov A. O.

## ESTIMATION OF EMBEDDED FOUNDATIONS STIFFNESS AT CONSIDERING FREE VIBRATIONS

Studies to assess the possibilities of using analytical expressions to describe the dynamic characteristics of foundations under vertical vibrations have been carried out. The results of calculations are compared with the test data of experimental foundations available in the literature. The foundations had a round, square and rectangular shape of the sole with different embedment into the sandy soil. Taking into account the allowed errors of experimental values up to 25%, a satisfactory correspondence between theory and experiment is shown.

Keywords: foundation under machine, deepening foundation, wave model, dynamic stiffness, experimental researches

### References

1. Zabylin M.I. Raschet fundamentov pod mashiny. – Novosibirsk: NISI. 1983. 83 p. (in Russian)
2. Pyateckij V.M., Aleksandrov B.K., Savinov O.A. Sovremennye fundamenty mashin i ih avtomatizirovanoe proektirovanie. – M.: Strojizdat. 1993. 416 p. (in Russian)
3. Koloushek V. Dinamika stroitelnykh konstrukcij. – M.: Strojizdat. 1965. 632 p. (in Russian)
4. Baranov V.A. O raschete vyzhdenykh kolebanij zaglublennogo fundamenta. // *Voprosy dinamiki i prochnosti*. Tr. Rzhskogo PI. 1967. №14. Pp. 195-209. (in Russian)
5. Semizhonov E.M. Vynuzhdennye vertikalnye kolebaniya massivnykh fundamentov, zashchemlennykh v grunte. /Trudy koordinacionnykh soveshchaniy po gidrotekhnike. – L.: Energiya. 1973. Pp. 46-51. (in Russian)
6. Alekseev B.G., SHvec N. S., Agranovskij G.G., Rahlin YU. B. O raschetah zashchemlennykh v grunte massivnykh fundamentov pod mashiny s dinamicheskimi nagruzkami. // *Izv. Vuzov. Stroitelstvo i arhitektura*. 1978. №1. Pp. 31-37. (in Russian)
7. Holmyanskij M.L. Uchet vliyaniya zaglubleniya i bokovoj zasyпки fundamentov mashin na dinamicheskie svoystva ih osnovaniya. // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 1991. №5. Pp. 17-19. (in Russian)
8. Kolesnikov A. O., Popov V.N. Ocenka vliyaniya zaglubleniya rostverka pri kolebaniyah svajnogo fundamenta. // *Stroitel'naya mekhanika inzh-*

9. Kolesnikov A. O., Popov V.N. Eksperimentalnye issledovaniya zaglubleniya rostverka pri kolebaniyah svajnogo fundamenta. // *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij*. 2010. №4. Pp. 75-80. (in Russian)
10. Nath U.K., Hazarika P.J. Lateral resistance of pile cap-an experimental investigation // *International Journal of Geotechnical Engineering*. 2013. Vol. 7, Issue 3. Pp. 266-272.
11. Ali O.S., Aggour M.S., McCuen R.H. Dynamic of soil-pile interactions for machine foundations // *International Journal of Geotechnical Engineering*. 2016. Vol. 8. Pp. 236-247.
12. Nuzhdin L. V., Kolesnikov A. O. K ocenke dinamicheskikh reakcij na konture pryamougol'nogo vyreza v beskonечноj plastine. // *Izv. Vuzov. Stroitel'stvo*. 2004. №5. Pp. 22-31. (in Russian)
13. Kolesnikov A. O., Popov V.N. Dinamicheskie reakcii na konturah krugovykh vyrezov s uchedom ih vzaimnogo raspolozheniya pri kolebaniyah plastiny. // *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva*. 2017. Т. 283. Pp. 3-10. (in Russian)
14. Gazetas G., Stokoe K.H. Free Vibration of Embedded Foundations: Theory versus Experiment // *Journal of Geotechnical Engineering*, 1991, Vol. 117, Iss. 9. Pp. 1382-1401.
15. Chowdhury I., Dasgupta S.P. Dynamics of Structure and Foundation – A Unified Approach: 1. Fun-

16. Borodachev N.M. Kolebaniya kruglykh i kol'cevyykh плит pod dejstviem periodicheskoy nagruзки. /Tr. konf. po teor. plastin i obolochek. 1961. Vyp. 1. Pp. 37-40. (in Russian)
17. Arnold K.N., Bycroft G.N., Warburton G.B. Forced vibrations of body on an infinite elastic solid // *J. of Appl. Mech., Trans. of the ASME*, 1955, Vol. 22, №3. Pp. 391-400.
18. Wolf J.P., Deeks A.J. Foundation vibration analysis: A Strength-of-materials approach, 2004. 214 p.
19. Kolesnikov A. O., Popov V.N. K ocenke dinamicheskikh reakcij na konturah neskol'kih kruglykh vyrezov pri kolebaniyah plastiny. // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. 2014. №5-6. Pp. 51-53. (in Russian)
20. Kolesnikov A. O., Popov V.N. Dinamicheskie reakcii na konturah krugovykh vyrezov s uchedom ih vzaimnogo raspolozheniya pri kolebaniyah plastiny. // *Izvestiya VNIIG im. B. E. Vedeneeva*. 2017. Т. 283. Pp. 3-10. (in Russian)
21. Kolesnikov A. O., Kostjuk T.N., Popov V.N. Attenuation of the soil vibration amplitude at pile driving // *Magazine of Civil Engineering*. 2020. 95 (3). Pp. 49-56.
22. Petrasheyn G. I. Rasprostranenie voln v anizotropnykh uprugih sredah. – L: Nauka. 1980. 280 p. (in Russian)
23. Tihonov A. N., Samarskij A. A. Uravneniya matematicheskoy fiziki. – M.: Nauka. 1977. 736 p. (in Russian)

## АВТОРЫ НОМЕРА



**Григорьев Александр Валериевич** – начальник отдела формирования и ведения информации о выпускаемой продукции ФГБУ «Институт стандартизации»

Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский просп., д. 31, к. 2

E-mail: a.v.grigoriev@gostinfo.ru



**Абашкин Александр Анатольевич** – начальник отдела ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Адрес: 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12

E-mail: vniipo@list.ru



**Маковеев Евгений Николаевич** – директор департамента формирования Федерального информационного фонда стандартов ФГБУ «Институт стандартизации»

Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский просп., д. 31, к. 2

Тел.: 8 (495) 531-26-34

E-mail: e.n.makoveev@gostinfo.ru



**Карпов Алексей Васильевич** – канд. техн. наук, вед. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС Адрес: 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12

E-mail: avkhome@inbox.ru



**Жемчугов-Гитман Дмитрий Михайлович** – аспирант Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский просп., д. 9

Тел.: +7 (931) 580-20-42

E-mail: trust25t@yandex.ru



**Ушаков Дмитрий Викторович** – ст. науч. сотр. ФГБУ ВНИИПО МЧС России

Адрес: 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12

E-mail: disva@yandex.ru



**Сорокина Галина Вячеславовна** – канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский просп., д. 9

Тел.: +7 (905) 221-32-79

E-mail: oofy@yandex.ru



**Самошин Дмитрий Александрович** – д-р техн. наук, проф., начальник учебно-научного комплекса пожарной безопасности объектов защиты Академии Государственной противопожарной службы

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4

E-mail: inbox-d@mail.ru



**Уздин Александр Моисеевич** – д-р техн. наук, проф. кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)

Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский просп., д. 9

Тел.: +7 (911) 109-11-24

E-mail: uzdin@mail.ru



**Приступок Дмитрий Николаевич** – канд. техн. наук, подполковник внутренней службы, начальник кафедры пожарной безопасности в строительстве (в составе учебно-научного комплекса проблем пожарной безопасности объектов защиты) Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» (Академии ГПС МЧС России)

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4

Тел.: +7 (903) 752-33-77

E-mail: zis.pbs@yandex.ru



**Иванов Владимир Николаевич** – канд. техн. наук, подполковник внутренней службы, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве (в составе учебно-научного комплекса проблем пожарной безопасности объектов защиты) Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» (Академии ГПС МЧС России)

Адрес: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4

Тел.: +7 (916) 910-11-41

E-mail: v.n.ivanov.pbs@ya.ru



**Федоров Владимир Юрьевич** – канд. техн. наук, капитан внутренней службы, преподаватель кафедры пожарной безопасности в строительстве (в составе учебно-научного комплекса проблем пожарной безопасности объектов защиты) Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» (Академии ГПС МЧС России)  
Адрес: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4  
Тел.: +7 (925) 714-82-24  
E-mail: v.fedorov2508@gmail.com



**Крючков Геннадий Игоревич** – старший лейтенант внутренней службы, адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» (Академии ГПС МЧС России)  
Адрес: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4  
Тел.: +7 (999) 180-08-70  
E-mail: dmuxa@bk.ru



**Беляев Вячеслав Семенович** – д-р техн. наук, проф., Заслуженный деятель науки РФ, гл. науч. сотр. ООО «ЦКТИ-Вибросейсм»



**Костарев Виктор Владимирович** – канд. техн. наук, эксперт МАГАТЭ (IAEA ISSC), директор ООО «ЦКТИ-Вибросейсм»  
Адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д. 9  
Тел.: +7 (921) 966-07-99  
E-mail: victor.kostarev@gmail.com



**Васильев Петр Станиславович** – гл. специалист ООО «ЦКТИ-Вибросейсм»  
Адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д. 9  
Тел.: +7 (921) 935-77-23  
E-mail: PVasiliev@cvs.spb.su



**Кульцеп Александр Владимирович** – доктор-инженер, гл. специалист ООО «ЦКТИ-Вибросейсм»  
Адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д. 9  
Тел.: +7 (921) 787-51-37  
E-mail: AKultzep@cvs.spb.su



**Бондарев Дмитрий Евгеньевич** – канд. техн. наук, гл. специалист ООО «ЦКТИ-Вибросейсм»  
Адрес: 195220, г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д. 9  
Тел.: +7 (952) 368-43-28  
E-mail: DBondarev@cvs.spb.su



**Карамышев Виктор Валерьевич** – начальник нормативно-технического отдела ООО «ПОЖАРНЫЙ ИНЖЕНЕР»  
Адрес: г. Москва, просп. Рязанский, д. 24, к. 2  
Тел.: +7 (495) 249-33-33  
E-mail: mail@fireengin.ru



**Спирidonov Дмитрий Алексеевич** – гл. специалист ООО «ПОЖАРНЫЙ ИНЖЕНЕР»  
Адрес: г. Москва, просп. Рязанский, д. 24, к. 2  
Тел.: +7 (495) 249-33-33  
E-mail: spiridonov@fireengin.ru



**Колесников Алексей Олегович** – канд. техн. наук, доц. кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» (ФГБОУ ВО «НГАСУ (Сибстрин)»)  
Адрес: 630008, СФО, Новосибирск-8, ул. Ленинградская, д. 113  
Тел.: +7 (913) 455-64-64  
E-mail: ao\_kolesnikov@mail.ru

