



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ
ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ
И ЗАЩИТЕ ОТ ПРИРОДНЫХ
И ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (РАСС)
www.raee.ru



РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ
АКАДЕМИЯ (РИА)
www.info-rae.ru



МИНСТРОЙ
РОССИИ
МИНСТРОЙ РОССИИ
www.minstroyrf.ru



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ИМЕНИ
В.А. КУЧЕРЕНКО.
www.tsniisk.ru



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ
АРХИТЕКТУРЫ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК
(РААСН)
www.raasn.ru

16 WCSI XIII РНКСС
16wcsi.org 13rncee.ru

ХІІІ РОССИЙСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И СЕЙСМИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ

(с международным участием)

1-6 июля 2019 года, г. Санкт-Петербург

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ! ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

Изменив уже сложившуюся за четверть века традицию проводить нашу конференцию на теплом Черноморском побережье, местом проведения конференции в этот раз был выбран стоящий на берегу Балтийского моря город белых ночей и богатейшего культурного наследия Российской Федерации – Санкт-Петербург. В настоящее время в Санкт-Петербурге активно развивается одна из отечественных научных школ сейсмостойкого строительства.

Мы изменили место проведения конференции, но, по-прежнему организаторами 13 РНКСС являются: Российская Ассоциация по сейсмостойкому строительству и защите от природных и техногенных воздействий (РАСС), Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН), Российская инженерная академия (РИА), ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», при поддержке Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

У нынешней конференции есть серьезное отличие и, можно сказать, большое преимущество по сравнению с конференциями прошлых лет. 13РНКСС предоставляет российским ученым-специалистам по сейсмостойкому строительству уникальную возможность, ведь проходит она параллельно, и, отчасти, совместно, с чрезвычайно значимым научным событием: 16 Международной конференцией по сейсмоизоляции, рассеиванию энергии и регулированию динамических характеристик сооружений, проводимой Anti-Seismic Systems International Society (AS-SISi) и Российской Ассоциацией по сейсмостойкому строительству и защите от природных и техногенных воздействий (РАСС). Отрадно отметить, что для участия в обеих конференциях зарегистрировалось более 300 участников из 35 стран мира, ученые с мировым именем, молодые исследователи, специалисты-практики.

Поэтому я искренне рад горячо поприветствовать вас от лица организаторов конференции и пожелать плодотворной работы, обмена ценнейшей информацией по ключевым вопросам сейсмостойкого строительства, установления новых контактов, активных дискуссий и хорошего настроения.

С уважением,
Президент Российской Ассоциации по сейсмостойкому строительству
и защите от природных и техногенных воздействий (РАСС)
доктор технических наук, профессор

И.И. Ведяков



УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ, ГОСТИ И КОЛЛЕГИ!

Рад приветствовать вас на XIII Российской Национальной Конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию! География России очень разнообразна. Сейсмически активные районы занимают примерно 25% территории страны - это Курильские острова и Сахалин, полуостров Камчатка, Северный Кавказ и побережье Черного моря, озеро Байкал, Алтай, Тыва, Якутия, Урал. Такие особенности территории предъявляют особые требования как к промышленному, так и к гражданскому строительству, требуя проведения широкого комплекса фундаментальных и прикладных исследований, направленных на повышение уровня сейсмической безопасности населения Российской Федерации.

Конференция по сейсмостойкому строительству уже стала традиционной площадкой для профессионального общения ведущих специалистов отрасли. Одна из основных задач конференции – организация дискуссий, обмен мнениями и результатами исследований между представителями профессионального сообщества, научных и деловых кругов. Только через такой открытый диалог возможна выработка общего «вектора» в области совершенствования законодательной базы в сфере сейсмостойкого строительства и инженерной защиты с учетом тенденций сотрудничества России и зарубежных государств.

Желаю всем участникам конференции плодотворной работы, содержательных дискуссий и дальнейших профессиональных успехов!

Президент РААСН,
генеральный директор АО «НИЦ «Строительство», Народный архитектор России

А.В. Кузьмин

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Российская Ассоциация по сейсмостойкому строительству и защите от природных и техногенных воздействий (РАСС), Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН), Российская инженерная академия (РИА), ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» при поддержке Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

Российская Ассоциация по сейсмостойкому строительству и защите от природных и техногенных воздействий (РАСС) была создана в 1995 году выдающимися российскими учеными – Яковом Моисеевичем Айзенбергом, доктором технических наук, профессором, Заслуженным деятелем науки РФ, Заслуженным строителем РФ, Почетным академиком РААСН, научным, затем главным редактором журнала «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», Президентом РАСС с 1995 по 2017 год; Вячеславом Семеновичем Беляевым, доктором технических наук, профессором, академиком РАЕН, Заслуженным деятелем науки РФ; Владимиром Иосифовичем Смирновым – кандидатом технических наук, Почетным строителем России. В настоящее время мероприятиями РАСС объединены более 400 ведущих специалистов из почти 200 научных, проектно-изыскательских, производственных и учебных организаций регионов России и стран СНГ.

Ассоциацию возглавляет Президент РАСС, доктор технических наук, профессор, академик Российской инженерной Академии, академик Национальной академии наук пожарной безопасности, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Почетный строитель России Иван Иванович Ведяков.

Деятельность РАСС направлена на:

- разработку превентивных мер защиты населения и территорий от природных и техногенных воздействий, анализ и ликвидацию их последствий;
- разработку и реализацию правовых и экономических норм, стандартов по обеспечению защиты населения и территорий от природных и техногенных воздействий; внедрение новых технологий в строительство с целью обеспечения сейсмической безопасности зданий и сооружений; участие в подготовке и проведение мероприятий для повышения квалификации специалистов, связанных с обеспечением безопасности и надежности зданий, сооружений в сейсмоопасных регионах; защиту имущественных и авторских прав членов Ассоциации; организацию информационного обеспечения (конференций, семинаров);
- издание научно-методической литературы и научно-технического журнала «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений».

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Общероссийская общественная организация «Российская инженерная академия» – правопреемница Инженерной академии СССР, учрежденной 20 министерствами и ведомствами СССР и РСФСР 13 мая 1990 года.

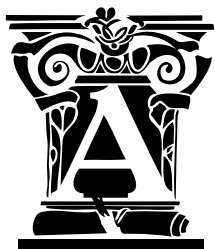
Инженерная академия СССР с самого начала своей деятельности развернула целенаправленную работу по усилению связи науки и производства, по решению проблем использования результатов фундаментальных исследований и ускоренной их адаптации в промышленность. В связи с развалом СССР на базе академии Министерством юстиции Российской Федерации 24 декабря 1991 года была зарегистрирована Общероссийская общественная организация «Российская инженерная академия» (РИА). В 1993 году РИА получила консультативный статус в ЮНИДО (ООН по промышленному развитию), а в 1997 году была включена ЮНЕСКО в число экспертных организаций по новым технологиям в Центральной и Восточной Европе. В 2001 и в 2004 годах РИА успешно прошла государственную аккредитацию в РФ.

В настоящее время в состав РИА входит более 1350 действительных членов и членов-корреспондентов – видных российских ученых, инженеров и организаторов производства, свыше 200 коллективных членов, являющихся крупнейшими российскими научно-техническими организациями, более 30 секций по различным направлениям инженерной деятельности, более 40 региональных инженерно-технических структур – отделений и научных центров РИА.

С 1990 г. президентом Инженерной Академии СССР, затем Российской инженерной академии избран Б.В. Гусев, занимающий этот пост по настоящее время.

Гусев Б.В. – доктор технических наук, профессор, академик Российской инженерной академии, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственных премий СССР и РФ, 5-и премий Правительства РФ в области науки и образования.

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН) – одна из четырех государственных академий наук в Российской Федерации, высшая научная организация страны в сфере архитектуры, градостроительства и строительных наук. РААСН исполняет роль федерального научного центра, осуществляющего координацию фундаментальных исследований в вышеуказанных областях. РААСН объединяет крупнейших мастеров архитектуры, ученых в области архитектурной, градостроительной и строительной науки.

Президентом РААСН является академик РААСН Кузьмин Александр Викторович.

В своей деятельности РААСН руководствуется следующими целями:

- всемерное содействие развитию науки и творчества в области архитектуры, градостроительства и строительных наук;
- укрепление связей между наукой и практикой в архитектурной, градостроительной и строительной деятельности;
- повышение общественного престижа творческой и научной деятельности, статуса и социальной защищенности работников науки.

Предметом деятельности и задачами РААСН являются:

- участие в разработке прогнозов совершенствования среды жизнедеятельности человека и общества и ее экологических качеств на основе результатов архитектурно-градостроительных исследований;
- участие в разработке предложений по формированию государственной политики в сфере градостроительного развития Российской Федерации в целях создания полноценной среды жизнедеятельности человека и общества;
- участие в установленном порядке в формировании и разработке государственных и международных программ и проектов по направлениям своей деятельности;
- содействие устойчивому развитию территории Российской Федерации, возрождению и сохранению архитектурно-исторического наследия городов и иных поселений;
- содействие созданию культурных и художественно-эстетических ценностей пространственной среды, взаимодействие архитектуры и градостроительства с другими областями художественной культуры;
- создание новых технологий в строительстве и производстве строительных материалов;
- содействие возрождению общероссийской и региональных архитектурных и строительных школ;

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- выявление и поддержка талантливых исследователей, содействие творческому росту молодых ученых;
- укрепление научных связей и взаимодействие с Российской академией наук, отраслевыми академиями наук и научными организациями, ведущими фундаментальные и прикладные научные исследования;
- расширение связей между наукой и практикой, участие в инновационной деятельности в области архитектуры, градостроительства и строительства, в реализации достижений науки и техники;
- осуществление международного сотрудничества с российскими и международными организациями в области архитектуры, градостроительства и строительства.

НАУЧНЫЙ КОМИТЕТ 13 РНКСС

Председатель - Гусев Борис Владимирович – д.т.н., профессор
Алешин Александр Степанович – д. ф.-м. наук, профессор
Белаш Татьяна Александровна – д.т.н., профессор
Давидюк Алексей Николаевич - д.т.н., профессор
Заалишвили Владислав Борисович - д.ф.-м.н., профессор
Звездов Андрей Иванович - д.т.н., профессор
Кабанцев Олег Васильевич - д.т.н., профессор
Кодыш Эмиль Наумович - д.т.н., профессор
Колыбин Игорь Владимирович - д.т.н., профессор
Костарев Виктор Владимирович - к.т.н.
Ковальчук Олег Александрович - д.т.н., профессор
Кривцов Юрий Владимирович - д.т.н., профессор
Мамин Александр Николаевич - д.т.н., профессор
Мажиев Хасан Нажоевич - д.т.н., профессор
Павленко Ольга Витальевна - д. ф.-м. наук
Ставницер Леонид Рувимович - д.т.н., профессор
Тамразян Ашот Георгиевич - д.т.н., профессор
Тихонов Игорь Николаевич - д.т.н., профессор
Трекин Николай Николаевич - д.т.н., профессор
Тонких Геннадий Павлович - д.т.н., профессор
Тяпин Александр Георгиевич - д.т.н., профессор
Уздин Александр Михайлович - д.т.н., профессор

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

Кузьмин Александр Викторович – Генеральный директор АО «НИЦ «Строительство»

ЧЛЕНЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

Волков Дмитрий Анатолиевич – Заместитель министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации

Ведяков Иван Иванович – Президент РАСС

Бубис Александр Александрович – вице-президент РАСС

Смирнова Любовь Николаевна – Ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство»

Кривцов Юрий Владимирович – руководитель НЭБ ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко
АО «НИЦ «Строительство»

Филатова Ольга Алексеевна – координатор

Кодыш Вадим Эмильевич – координатор

Починина Наталья Евгеньевна – координатор

Конюхова Ирина Анатольевна – координатор

CONFERENCE PROGRAM

ATTENTION TO PARTICIPANTS! THIS PROGRAM COULD BE CORRECTED BY THE CONFERENCE ORGANIZING COMMITTEE
IF NECESSARY DEPENDING OF SPECIFIC CIRCUMSTANCES

Sunday, June, 30/ 30 июня, воскресенье			
Time/ Время	Event/ Мероприятие	Venue/Место проведения	Conference/Конференция
09:00- 18:00	1. Installation of Exhibition Pavilions and Poster Presentations. Монтаж выставочных павильонов и постерных презентаций	Foyer of the Congress Hall Фойе Конгресс-холла	16WCSI& 13PHKCC (13RNCEE)
14:00- 18:00	2. Registration of Conference Participants Регистрация участников конференции		
Monday, July, 01/ 01 июля, понедельник			
08:00	Registration of Conference participants Регистрация участников конференции	Foyer of the Congress Hall Фойе Конгресс-холла	16WCSI& 13PHKCC (13RNCEE)
09:00	Official Opening and Welcome Официальное открытие конференций и приветствия: Benzoni Gianmario (ASSISi) Vedyakov Ivan (RAEE) Gusev Boris (IEA & REA) Begaliev Ulugbek (IAEEE) Kappos Andreas (EAEE) Khakimov Shamil (JSC «Toshuyjoy LITI») Kostarev Viktor (CVS) Kul'baev Begman (KazNIISA) Kuzmin Alexander (RAACS) Zvezdov Andrei (JSC RCC) Bubis Alexander (RAEE)	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

PLENARY 1 / ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 1

Orals 30 min.

Chairmen: Benzoni Gianmario, Bubis Alexander

10:00-11:30	Гусев Борис Gusev Boris	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Новые подходы к решению проблемы материалов для сейсмоизоляции New Approaches to Solving the Problem of Materials for Seismic Insulation		
	Ведяков Иван Vedyakov Ivan	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Успешные практики применения металлических конструкций в России Successful Practices of Application of Steel Building Structures in Russia		
	Whittaker David	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Recent Developments in New Zealand in Seismic Isolation, Energy Dissipation and Vibration Control of Structures (2019)		

11:30-12:00 Coffee Break/Кофе-брейк

Foyer of the Congress Hall/Фойе Конгресс-Холла

PLENARY 1, continuation / ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 1, продолжение

Orals 30 min.

Chairmen: Whittaker David, Gusev Boris

CONFERENCE PROGRAM

12:00-14:00	Medeot Renzo Development and Revision of the European Standard EN 15129 on Anti-Seismic Devices	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Ansal Atilla, TonukGokce, Kurtulus Aslı Uncertainties in Site Specific Response Analysis	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Martelli Alessandro, Clemente Paolo Recent Applications of Seismic Isolation in Italy	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Бубис Александр Bubis Alexander New Applications of Base Isolation and Energy Dissipation in Russia	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Chien-Chih Chen Shanghai Center Building Introduction of Pendulum Eddy Current Tuned Mass Damper	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

	Хакимов Шамиль Khakimov Shamil' Новые конструктивные системы жилищно-гражданских зданий и проблемы актуализации сейсмических норм New Structural Systems of Housing and Civil Buildings and Problems of Actualization of Seismic Norms	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
14:00-15:00 Lunch (Restaurant «Bering») Обед (Ресторан «Беринг»)			
PLENARY 1, continuation / ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 1, продолжение Orals 30 min. Chairmen: Vedyakov Ivan, Medeot Renzo			
15:00- 18:00	Белаш Татьяна, Костарев В., Рутман Ю., Уздин А. BelashTatiana, Kostarev V., RutmanYu., UzdinA. Развитие сейсмоизоляции в России Development of Seismoisolation in Russia	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Demin Feng, Takafumi Miyama, Wenguang Liu Certification System of Seismic Isolation Devices in Japan	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

		Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Kuo-Chun Chang, Jenn-Shin Hwang, Shiang-Jung Wang, Chung-Han Yu , Wang-Chuen Lin , Cho-Yen Yang Recent Progress and Experience in Taiwan on Passive Control Technology and Applications	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

Тихонов Игорь, Галишникова В.В., Окольникова Г.Е., Тихонов Г.И., Кузьменко Н.Ю. Tikhonov Igor, Galishnikova V.V., Okol'nikova G. E., Tikhonov G.I., Kuzmenko N.V. Эффективный арматурный прокат с четырёхрядным винтовым профилем для сейсмостойкого строительства (производство, исследование, проектирование, применение) Effective Reinforcing Bars with Four-row Screw Profile for Earthquake-resistant Construction (Production, Research, Design, Application)	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
Erdik Mustafa State of the Art on Application, R&D and Design Rules for Seismic Isolation and Energy Dissipation in Turkey	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

	Кривцов Юрий Krivtsov Yu.	Concert Hall Концертный зал	16WCSI& 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Обеспечение пожарной безопасности объектов капитального строительства в сейсмоопасных районах Fire Safety of Capital Construction Projects in Earthquake-prone Areas		
	Technical inform		
19:00- 23:00 Welcome Reception for 16WCSI & 13 RNCEE Participants Restaurant «Bering»			
Tuesday, July, 2 / 2 июля, вторник PLENARY II / ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ II Orals 20 min. Chairmen: Taiki Saito, Belash Tatiana, Tyapin Alexander			
09:00- 11:30	Заалишвили Владислав, Бурдзиева О. Zaalishvily Vladislav, Burdzieva O.	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Сейсмический риск современного города SeismicRiskofModernCity		

CONFERENCE PROGRAM

Аптикаев Ф.Ф., Эртелева Ольга Aptikaev Felix, Erteleva Olga О строительных нормах нового поколения On the Construction Standards of New Generation	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
Takayama Mineo, Morita Keiko Finite Element Analysis of Laminated Rubber Bearing Compressed by Steel Column with Smaller Cross Section Area than Rubber Bearing	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
Жарницкий В., Кабанцев Олег, Алипур Мансурхани Али Zharnitskiy Valerii, Kabantsev Oleg, Alipur Mansurhani Ali Деформационные критерии предельных состояний каменных и железобетонных конструкций сейсмостойких зданий Deformation Criteria of Limit States of Stone and Reinforced Concrete Structures of Earthquake-resistant Buildings	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

Алешин Александр Aleshin Alexander «Трудные вопросы» развития сейсмического микрорайонирования “Difficult Issues” of Seismic Microzoning Development	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
Taiki Saito, Kazuhiro Hayashi, Ryuto Doi Shaking Table Test to Verify a New Seismic Response Control System Using Blok& Tackle	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
Тяпин Александр Tyapin Alexander Концепция опасного направления сейсмического воздействия: плюсы и минусы The Concept of the Dangerous Direction of Seismic Impact: Pros and Cons	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
11:30-12:00 Coffee Break/Кофе-брейк Foyer of the Congress Hall/ ФойеКонгресс-Холл		
KEYNOTE LECTURES		

CONFERENCE PROGRAM

12:00-14:00	Benzoni Gianmario, Lomiento G., Montuori R. Progress on Seismic Isolation and Energy Dissipation	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Lagos Rene Seismic Resilience in Concrete High-rise Building Design: the Chilean Perspective	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Wada Akira Recent Earthquakes and New Concepts for Earthquake-resistant Design	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Kappos Andreas Performance-based Design of Seismically Isolated Bridges	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
14:00-15:00			
Lunch (Restaurant «Bering») Обед (Ресторан «Беринг»)			
PLENARYII, continuation / ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ II, продолжение			
Orals 20min.			
Chairmen: Shiang-Jung Wang, Begaliev Ulugbek			

CONFERENCE PROGRAM

15:00-18:00	Кульбаев Бегман, Шокбаров Ералы, Ицков Игорь Kul'baev Begman, Shokbarov Yeraly, Itskov Igor Современное состояние сейсмостойкого строительства в Республике Казахстан Current State of Seismic Construction in the Republic of Kazakhstan	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Ицков Игорь Itskov Igor Расчетные положения новых норм Республики Казахстан СП РК 2.03-30-2017 «Строительство в сейсмических зонах» Settlement Provisions of New Norms of the Republic of Kazakhstan 2.03-30-2017 "Construction in Seismic Zones"	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

Абдыбалиев М.К., Сыдыков А.Ж., Бегалиев У.Т., Ицков И.Е. Abdybaliev M.K., Sydykov A.Zh., Begaliev U.T. Itskov I.E. Особенности новых норм Кыргызской Республики в области Сейсмостойкого строительства Particulars of New Codes of Kyrgyz Republic in the Field of Earthquake Engineering	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
Трекин Николай, Кодыш Э.Н., Келасьев Н.Г. Trekin Nikolay, Kodysh E.N., Kelasiev N.G. Использование резервов несущей способности железобетонных конструкций при кратковременном силовом воздействии Use of Reserves of Bearing Capacity of Reinforced Concrete Structures under Force Impact	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

Тонких Геннадий Tonkih Gennadiy К вопросу использования периода собственных колебаний каркасных зданий при малоинтенсивных воздействиях To the Question of Using of the Period of Oscillation of Frame Buildings at Low-Intensity Exposure	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
Лапин Владимир Lapin Vladimir Сравнительный анализ влияния сейсмоизоляции с помощью станции инженерно-сейсмометрической службы на зданиях Comparative Analysis of the Effect of Seismic Isolation by Means of Stations of Engineering Seismometric Service on Buildings	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
Шокбаров Ералы Shokbarov Yeraly Паспортизация зданий и сооружений города Алматы Certification of buildings and structures of Almaty	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)

CONFERENCE PROGRAM

	Курбацкий Евгений Kurbacky Eugeny Спектры максимальных реакций на землетрясения Spectra of the maximum reactions to the earthquakes	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
	Technical inform	Concert Hall Концертный зал	16WCSI & 13 RNCEE (13 PHKCC)
22:00-02:00			
Прогулка на теплоходе по Неве (оплата на месте)			
3 июля, среда			
Сессия 13 РНКСС& Доклад - 15 минут			
Модератор: на согласовании			
Время	Докладчик	Название доклада	
09:00-11:30	Коновалов А.В., Генсиоровский Ю.В., Степнов А.А., Сычев А.С.	Всесторонний вероятностный подход к оценке оползневой опасности сейсмогенного характера на отдельных участках	
	Кабанцев О.В., Умаров К.И.	Оценка сейсмостойкости зданий с учетом дифференцированных характеристик предельных состояний конструкций, элементов и узлов	
	Клячко М.А.	Очередные задачи нормирования цунамибезопасности морских портов и береговых зданий	
	Белаш Т.А., Яковлев А.Д.	Защита зданий от цунами в сейсмоопасных районах	
	Тихонов И.Н., Смирнова Л.Н., Бубис А.А.	О требованиях новых нормативных документов к армированию железобетонных конструкций для строительства в сейсмических районах	

CONFERENCE PROGRAM

	Костарев В.В. Васильев П.С., Вайндрах М.В., Навроцкий П.	Анализ динамических и сейсмических характеристик, оптимизация, тестирование и вероятностная оценка безопасности инновационной системы 3D сейсмической изоляции фундамента для важных сооружений
	Заалишвили В.Б. Гогмачадзе С.А.	Колебания грунтов оснований, возбуждаемые при забивке свай на площадке, в условиях точечной городской застройки
	Семенов С.Ю., Иваненко Н.А., Колесников А.В.	Опыт применения кинематических систем сейсмоизоляции на территории большого Сочи при проектировании и строительстве зданий и сооружений
	Иваненко Н.А., Семенов С.Ю., Папов Б.К., Колесников А.В.	Работа кинематических систем сейсмоизоляции Курзанова-Семенова при реальных землетрясениях на основе натурных испытаний зданий
	Колесников А.В.	Особенности расчета ответственных сооружений на сейсмические воздействия
11:30-12:00 Кофе-брейк		
Фойе Конгресс-холла		
Продолжение сессии 13 РНКСС		
Доклад - 15 минут		
Модератор: на согласовании		
12:00- 14:00	Белаш Т.А., Альдреби З.А.	Оценка сейсмологической обстановки территории Сирии
	Рутман Ю.Л., Островская Н.В., Кобелев Е.А.	Оптимизация конструктивных параметров пластических демпферов в системах сейсмоизоляции
	Еманов А.Ф., Еманов А.А.	Сейсмический мониторинг техногенного воздействия на территорию Западной Сибири
	Еманов А.Ф., Бах А.А.	Развитие алгоритмов интерпретации метода стоячих волн для исследования зданий и сооружений сложных конструкций
	Нефедов С.С., Шевченко С.А.	Аттестация программ для расчёта сейсмостойкости зданий и сооружений в Ростехнадзоре

CONFERENCE PROGRAM

	Апсеметов М.Ч., Айдаралиев А.Е., Осмоноканов Н.А.	Сейсмоизоляция зданий и мостов в Республике Киргизия
	Беспаяев А.А.	Усиление поврежденных железобетонных конструкций фиброармированными пластиками
	Митасов В.М., Стаценко Н.В.	Напряженно-деформированное состояние железобетонных элементов со стохастическими и организованными трещинами
14:00-15:00		
Обед (Ресторан «Беринг»)		
Продолжение сессии 13 РНКСС. Доклад - 15 минут		
Модератор: на согласовании		
15:00- 16:30	Минаев О.П.	Наиболее важные аспекты расчёта и проектирования основания гравитационной подпорной стенки на сейсмическую нагрузку
	Бондарев Д.Е., Симборт Э.	Кручение симметричных сооружений, расположенных на различных системах сейсмоизоляции, вызванное волновым эффектом землетрясения
	Саргсян А.Е., Гукова Е.Г.	Концепция оценки сейсмостойкости здания резервной дизельной электростанции атомной станции
	Турилов В.В., Уткин И.А.	Валидация неклассического метода модальной суперпозиции для решения задач взаимодействия зданий и сооружений с грунтовым основанием
	Уздин А. М., Шульман С. А., Нестерова О. П.	Сейсмозащита мечети им. Пророка Мухаммада в городе Махачкала
Техническая информация		
17:00-22:00		
Техническая экскурсия для участников 16 WCSI & 13 РНКСС		
4 июля, четверг		
Сессия 13 РНКСС. Доклад - 15 минут		

CONFERENCE PROGRAM

09:00-11:30	Клячко М.А.	Вновь о практической сейсмобезопасности в России
	Смирнова Л.Н. Суконникова Т.В.	Опыт применения сейсмоизоляции для мостов в России
	Уздин А.М., Абакаров А.Д., Смирнова Л.Н., Сорокина Г.В., Зайнулабидова Х.Б., Прокопович С.В.	Статистическое моделирование сейсмических воздействий
	Панасенко Ю.В.	Расчет строительных конструкций нового пассажирского терминала международного аэропорта «Симферополь» им. И.К. Айвазовского
	Хорошавин Е.Н.	Оценка сейсмостойкости зданий и сооружений на основе метода стоячих волн
	Жарков И.А.	Сейсмоистория, археосейсмология и сейсмостойкость античных сооружений: реферативный обзор, актуальное состояние
	Гизятуллин И.Р.	Анализ динамической реакции здания с системой сейсмоизоляции при реальном сейсмическом воздействии
	Починина Н.Е., Кодыш В.Э.	История и современное состояние научно-технического журнала «Сейсмостойкое строительство. Безопасности сооружений» (печатная и сетевая версии)
	Факири А., Иванов А.Ю., Рутман Ю. Л.	Оценка сейсмостойкости железобетонного каркаса с гибким нижним этажом и кирпичными перегородками при различных способах усиления
11:30-12:00 Кофе-брейк Фойе Конгресс-холла Продолжение сессии 13 РНКСС Доклад - 15 минут Модератор: на согласовании		
12:00-14:00		

CONFERENCE PROGRAM

14:00-15:00

Обед (Ресторан «Беринг»)

15:00-19:00

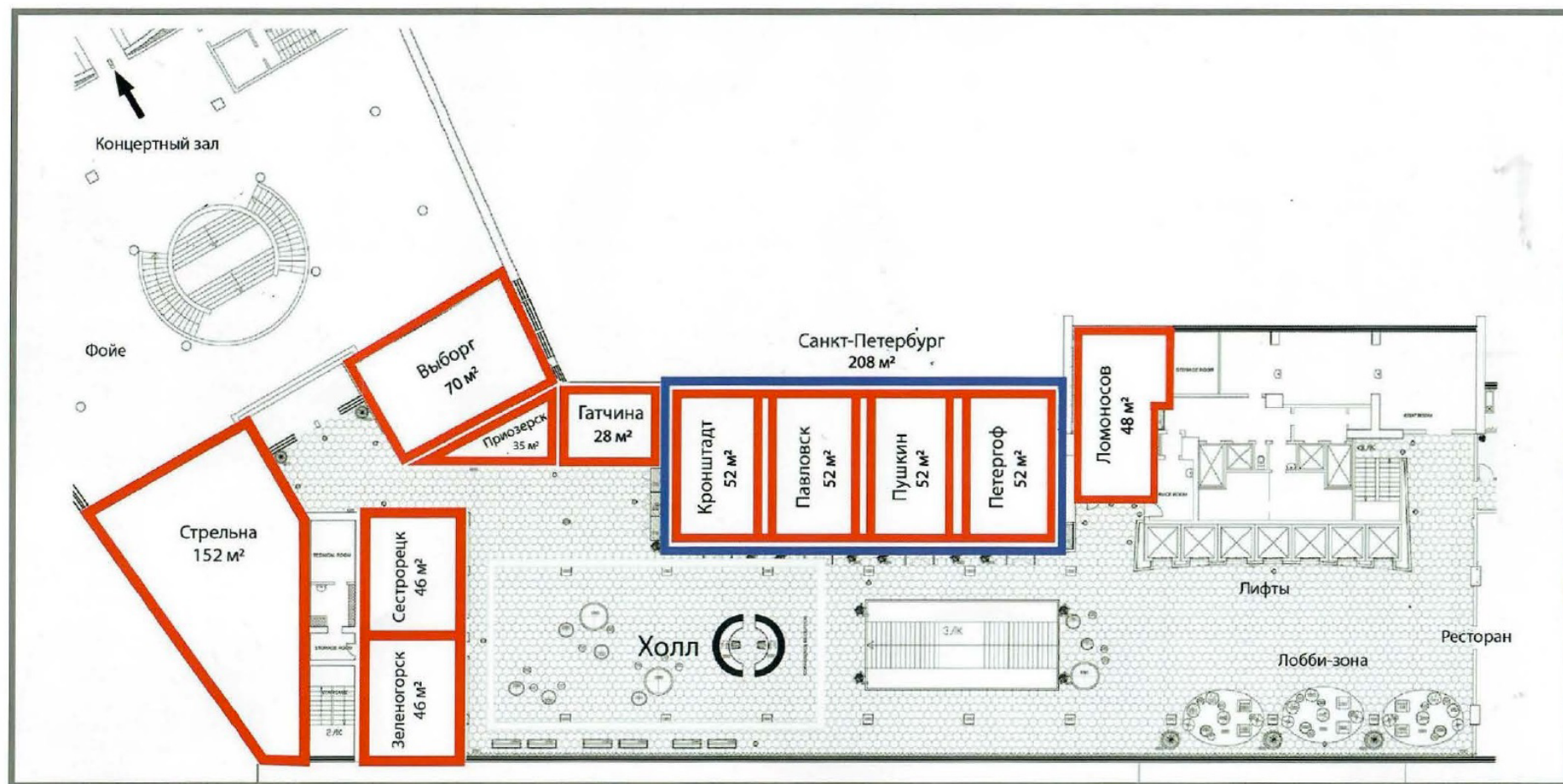
Автобусная экскурсия с заездом в Петропавловскую крепость (оплата на месте)

19:00 - 24:00

Церемония закрытия

Время	Мероприятие	Место проведения	Конференция
10:00 - 13:00	ASSISi meeting	St. Petersburg Hall	16WCSI
10:00 - 13:00	Круглый стол 13 РНКСС	Зал Стрельна	13НКСС
6 июля, суббота			
Отъезд участников			

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ



ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ

КАБАНЦЕВ О.В., Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Россия, Москва

УМАРОВ К.И., Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Россия, Москва

Оценка сейсмостойкости зданий базируется на принципах допущения пластических деформаций конструкций при сейсмических воздействиях. Работа конструкций за пределами упругости (т.е. с реализацией пластической фазы деформирования) учитывается путем введения в методику определения сейсмической нагрузки специального коэффициента, который в отечественных нормах [1] имеет наименование «коэффициента допускаемых повреждений» конструкций зданий и сооружений (К1), а его величина зависит от уровня допускаемых повреждений, реализуемых несущими конструкциями различного вида. Eurocode 8 [2] содержит «коэффициент поведения» конструкции, имеющий аналогичный физический смысл. Величина «коэффициента допускаемых повреждений/поведения» изменяется от нуля до единицы. По существу, величина «коэффициента допускаемых повреждений/поведения» является характеристикой предельного состояния конструкции. При определении величины коэффициента допускаемых повреждений базируются, как правило, анализе состояния несущих конструкций зданий, получивших повреждения при землетрясениях. Основной целью таких исследований является определение некоторого «допустимого» уровня повреждений конструкций, при котором возможна дальнейшая эксплуатация здания после соответствующего ремонта. На основе детального анализа пластической работы несущих конструкций при сейсмическом воздействии в [3] получена и обоснована зависимость коэффициента допускаемых повреждений сейсмостойких конструкций от предельной пластичности несущих конструкций: $\kappa_1 = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}}$ (1) где μ – предельный коэффициент пластичности. $\mu = \frac{\epsilon_{tot}}{\epsilon_{el}}$ где ϵ_{tot} – полная величина упругопластических относительных деформаций; ϵ_{el} – величина упругих относительных деформаций. Необходимо подчеркнуть, что величина коэффициента допускаемых повреждений в действующих нормах принимается единой для всей несущей системы, что входит в противоречие как с наблюдаемой сейсмической реакцией зданий при реальных сейсмических воздействиях [4, 5, 6, 7], так и с принципиальными положениями федерального закона [8], которым предусматривается учет различного уровня ответственности не только зданий в целом, но и отдельных конструктивных элементов несущей системы. Для конструктивных элементов, от НДС которых зависит сохранение принятой при проектировании конструктивной схемы, вводятся повышенные (по отношению к иным элементам системы) коэффициенты надежности.

Инженерный анализ последствий землетрясений показывает, что отдельные конструктивные системы демонстрируют более низкий уровень надежности по отношению к другим системам. Так в работе [9] представлен сопоставительный обобщенный анализ сейсмической реакции зданий различных несущих систем, из которого следует, что железобетонные несущие системы рамно-связевой расчетной схемы являются наименее надежными по отношению к иным

видам железобетонных систем: при среднем уровне повреждений $d = 2,3$ коэффициент вариации $v = 0,37$. Для сравнения следует привести аналогичные характеристики сейсмической реакции крупнопанельных зданий: $d = 1,1$; $v = 0,18$. Высокое значение коэффициента вариации, демонстрируемый зданиями рамно-связевой конструктивной схемы свидетельствует о существенных отклонениях значений степени повреждения конкретного здания от средней величины. В целом, указанное подтверждается большим объемом повреждений каркасно-панельных зданий в ряде землетрясений, например, при Спитакском землетрясении [10].

Анализ формирования НДС рамно-связевых железобетонных несущих систем показывает, что сохранение проектной расчетной схемы обеспечивается работой связевых элементов системы (диафрагм жесткости), которые выполняются в виде сборных или монолитных стен, в том числе стен лестнично-лифтовых блоков.

В рамках проведенных исследований выполнен анализ упруго-пластического деформирования рамно-связевых железобетонных систем различной этажности и различных величин пролетов при действии сейсмической нагрузки различного уровня (см. рис. 1). Исследован процесс формирования и развития пластических деформаций в вертикальных несущих элементах – колоннах и диафрагмах жесткости. В работах использован метод прямого динамического расчета. В качестве критериев использованы величины предельных значений деформационных материалов железобетонных конструкций, предложенных и обоснованных в [11]. По результатам исследований установлено: при сейсмических воздействиях в колоннах предельные величины коэффициента пластичности $\mu = 4,0$, при котором начинается процесс обрушения, возникают при формировании коэффициента пластичности диафрагм жесткости $\mu = 2,4 \div 2,6$. Необходимо отметить, что приведенное соотношение достаточно стабильно и меняется в узких пределах при варьировании основных характеристик тестовых моделей: этажность, пролет, принятое армирование вертикальных несущих элементов.

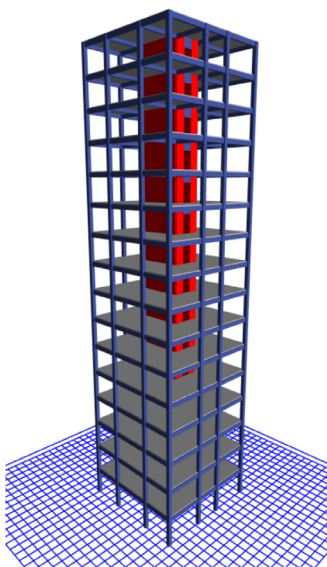


Рис. 1. Общий вид модели, использованной для расчетно-теоретических исследований.

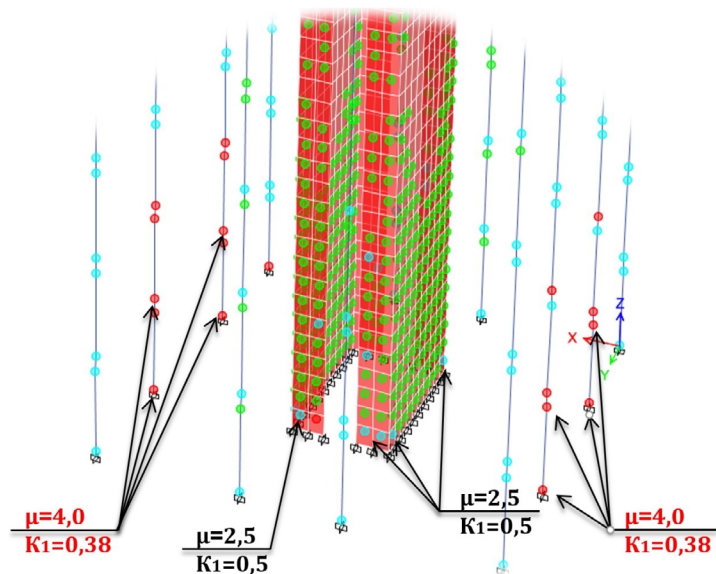


Рис. 2. Образование зона пластических деформаций в вертикальных несущих конструкциях рамно-связевого железобетонного каркаса и величины коэффициентов пластичности.

Таким образом, проведенными исследованиями установлен факт влияния различного уровня пластических деформаций разнородных по назначению элементов конструкции на общий уровень несущей способности несущих систем при сейсмических воздействиях. На основе результатов исследований предлагается ввести дифференцированные величины значений коэффициента допускаемых повреждений для элементов несущих систем с учетом уровня ответственности таких элементов за обеспечение исходной (проектной) расчетной схемы несущей системы.

Список литературы:

1. Свод правил СП 14.13330.2014. Строительство в сейсмических районах. СНиП II-7-81*. – М.: Минстрой России, 2014. – 126 с.
2. EN 1998-1. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules seismic actions and rules for buildings. – Brussels.: CEN, 2005. – 102 p.
3. Кабанцев, О.В. О методике определения коэффициента допускаемых повреждений K_1 сейсмостойких конструкций [Текст] / О.В. Кабанцев, Ш. Шарипов, Э.С. Усеинов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – №2. – С. 117–129.
4. Айзенберг, Я.М. Спитакское землетрясение 7 декабря 1988 года. Некоторые уроки и выводы [Текст] / Я.М. Айзенберг // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 1999. – №1. – С. 6–9.
5. Андреев, О.О. Уроки землетрясения. Общие выводы [Текст] / О.О. Андреев, В.И. Ойзерман // Карпатское землетрясение 1986 г.; под редакцией А.В.

- Друмя, Н.В. Шебалина, Н.Н. Складнева, С.С. Графова, В.И. Ойзермана. – Кишинев, 1990. – С. 323–325.
6. Газлийское землетрясение 1984 г.: Анализ поведения зданий и инженерных сооружений [Текст] / Отв. Редакторы: А.И. Мартемьянов, Д.А. Алексеенков, Л.Ш. Килимник. -М.: Наука, 1988. -118 с.
 7. Кабанцев, О.В. Макросейсмический эффект землетрясения 4 октября 1994 г. на островах Итуруп, Кунашир, Шикотан. [Текст] / О.В. Кабанцев // Экспресс-информация ВНИИИС Госстроя СССР. Серия 14. Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. – Вып. 4. – М., 1995. – С. 7–11.
 8. Федеральный закон №384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
 9. Ципенюк, И.Ф. Надежность зданий жесткой конструктивной схемы при сейсмических воздействиях [Текст] / И.Ф. Ципенюк // Строительная механика и расчет сооружений. -1990. - №10. - С. 84–87.
 10. Заключение Государственной комиссии о качестве проектирования и строительства жилых и общественных зданий массовых серий в северных районах Армянской ССР, причины их разрушения и предложения по совершенствованию практики проектирования и строительства в районах с повышенной сейсмичностью [Текст]. – М., 1989. – 99 с.
 11. Жарницкий, В.И. Сейсмостойкость железобетонных конструкций с учетом процесса развития повреждений [Текст] / В.И. Жарницкий, М.А. Алипур // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – 2011. - №2. Т. 1. – С. 110–115.

КОНЦЕПЦИЯ ОПАСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

ТЯПИН А.Г., АО Атомэнергопроект, Россия, Москва

Ключевые слова: сейсмическая реакция, линейно-спектральный расчет, опасное направление сейсмического воздействия, гражданские строительные нормы

Повреждения, связанные с сейсмогенными оползнями, могут быть такого же порядка или значительно превышать ожидаемый ущерб от непосредственных сейсмических воздействий. В данной работе предложен новый вероятностный метод оценки оползневой опасности сейсмогенного характера. Данный метод предполагает многоэтапный подход. Эти этапы включают вероятностный анализ сейсмической опасности для конкретного участка, геотехнические исследования и калибровку вероятностной модели возникновения оползня в результате сейсмических нагрузок. Предложена методика деагрегации опасности «возникновения» сейсмогенного оползня для выбора параметров сценарного землетрясения. Метод апробирован на нескольких оползневых участках на юге о. Сахалин, которые также являются сейсмически активными. Значительное расхождение между сценарными сейсмическими воздействиями с точки зрения 475-летней карты сейсмической опасности и рассмотренным полностью вероятностным подходом предполагает, что расчетная вероятность возникновения сейсмогенного оползня может быть недооценена или завышена при использовании 475-летней карты сейсмической опасности для прогнозирования оползневых эффектов. Данный подход следует идеологии сбалансированной оценки риска, которая учитывает все возможные сейсмические сценарии, модели и параметры склона. Авторы надеются, что данный подход улучшит геотехнические исследования, связанные с количественной оценкой устойчивости склонов.

КОНСТРУКЦИИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЁТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ НА СЕЙСМИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

МИНАЕВ О.П., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», доцент кафедры портов, строительного производства, оснований и фундаментов, Россия, Санкт-Петербург

Ключевые слова: подпорная стенка, устойчивость, песчаная засыпка, основание, разжижение грунтов

В докладе излагаются наиболее важные аспекты и приводятся основные результаты расчёта и проектирования гравитационной подпорной стенки (железобетонной уголкового с передней консолью и массивной бетонной) на сейсмическую нагрузку. Дается сравнительный анализ проведенных расчетов для эксплуатационного случая при статической и динамической (сейсмической нагрузке) для широкого диапазонов исходных данных. Подчеркивается, что при проектировании основания подпорной стенки не допускается разжижение песчаных грунтов засыпки и подушки в её основании, что приведёт к катастрофической потере несущей способности грунтов основания и устойчивости подпорной стенки. Для повышения устойчивости структуры песчаных грунтов процессу разжижения должны применяться разработанные автором эффективные вибродинамические методы их уплотнения. Гравитационная подпорная стенка является базовой ограждающей конструкцией гидротехнических сооружений: причальных сооружений морских и речных портов, городских набережных и элементов конструкций дамб и плотин и т.п. Известно, что на подпорную стенку действует значительная горизонтальная нагрузка E_a^c от веса грунта засыпки и полезной нагрузки территории порта, а также динамическая нагрузка при её расчёте в сейсмоопасных районах строительства. В этом случае требуется обязательная проверка устойчивости подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве или слабой прослойке грунта основания, а также на глубинный сдвиг. При этом в расчётах на сдвиг коэффициент запаса устойчивости определяется соотношением между удерживающей силой грунта основания и сдвигающей силой веса грунта засыпки и внешней нагрузки. Значение данного коэффициента запаса устойчивости определяется классом сооружения по нормативным документам. Проверка устойчивости подпорной стенки на скольжение при плоском сдвиге в плоскости подошвы при

$$K^{пл} = \frac{N_{эспл} \operatorname{tg} \varphi + b c}{E_a^c} \geq 1.15,$$

действии сейсмической нагрузки выполняется по формуле (1) где $K^{пл}$ – коэффициент запаса устойчивости при плоском сдвиге; φ и c – соответственно расчетный угол внутреннего трения и сцепление грунта основания. В результате расчётов строится график несущей способности основания

$\tau_{пр} = f(\sigma)$, где $\tau_{пр}$ – предельное сопротивление грунтов сдвигу. По напряжению $\sigma_{экспл} = N_{экспл} / b_{пр}$ в эксплуатационном случае при сейсмической нагрузке определяется соответствующее предельное сдвигающее напряжение $\tau_{пр}^{экспл}$. Коэффициент запаса устойчивости на глубинный сдвиг $K_{гл}$ окончательно вычисляется из соотношения $K_{гл} = \tau_{пр}^{экспл} b_{пр} / E_a^c \geq 1,15$. (2)

Расчётами было установлено, что в результате предусмотренных мероприятий по повышению несущей способности основания коэффициент запаса устойчивости подпорной стенки может быть значительно повышен.

В докладе особо подчёркивается, что при проектировании основания подпорной стенки не допускается разжижение песчаных грунтов засыпки и подушки в её основании, что приведёт к катастрофической потере несущей способности грунтов основания и устойчивости подпорной стенки как при её устройстве на грунтах естественного основания, так и свайном варианте фундамента.

Для выявления условий опасного разжижения водонасыщенных грунтов основания при динамическом воздействии используется соотношение

$$\Delta_k = \frac{\tau_{дин}}{\sigma_{стат}} \leq 0.6 \dots 0.65. \quad (3)$$

Формула (3) широко используется зарубежными и отечественными учёными для выявления условия разжижения грунтов основания при землетрясении

С учётом нагрузок, действующих на подпорную стенку, выражение (3) при проверке устойчивости структуры грунтов основания непосредственно под

подошвой подпорной стенки, преобразуется в зависимость $\Delta_k = \frac{\tau_{дин}}{\sigma_{стат}} = \frac{E_a^c}{N_{эспл}}$, (4)

где $N_{эспл}$ – вертикальная сила при эксплуатационной нагрузке от собственного веса подпорной стенки и грунта засыпки (с учетом взвешивающего действия воды для частей, расположенных ниже уровня воды в акватории) на грунты основания, кН. Аналогичным образом осуществляется проверка устойчивости песчаной засыпки процессу разжижения структуры грунта. Только в этом случае по формуле (4) определяется соотношение между ординатой e_a^c бокового

давления грунта и воды на единицу объёма грунта и вертикальными напряжениями $\sigma(\gamma_{zp}) = \left(q + \sum \gamma_i y_i \right)$ в скелете грунта на заданной глубине грунта засыпки (с учётом величины полезной нагрузки q на поверхности грунта).

ЦЕЛЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ВНОВЬ О ПРАКТИЧЕСКОЙ СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ

КЛЯЧКО М.А., АНО «Региональный альянс для анализа и уменьшения бедствий» (АНО «РАДАР»), Россия, Санкт-Петербург

Вновь о практической сейсмобезопасности в России Again regarding the practical seismic safety in Russia Проф. Клячко М.А., Председатель Совета АНО «Региональный альянс для анализа и уменьшения бедствий» (АНО «РАДАР»), radar@cendr.org Prof. Mark Klyachko, Chairman, Regional Alliance for Disaster Analysis & Reduction (RADAR) NRO, radar@cendr.org Рассматриваются ключевые положения политики и стратегии обеспечения сейсмобезопасности урбанизированных территорий и практические пионерные российские разработки, хорошо апробированные в течение последних 30 лет. Комплекс этих разработок представляется как необходимый и достаточный набор инструментов для уменьшения сейсмического риска и контроля приемлемого уровня сейсмобезопасности.

Сейсмоопасные районы, урбанизированные территории, эксплуатируемая застройка, сейсмостойкое строительство, устойчивая безопасность, политика и стратегия, программный подход, дорожная карта и ключевые решения, сценарии бедствия, сейсмический риск и безопасность, контроль приемлемых параметров. Seismo-prone zones, urban areas, existing built environment, earthquake engineering, sustainable safety, policy and strategy, program approach, roadmap and key tool-box, disaster scenarios, seismic risk and safety, control of acceptable parameters.

Как принято в Токийской декларации 1988 года, единственным путем управления сейсмическим риском является снижение уязвимости застройки сейсмически активных урбанизированных территорий. В представляемой программе превентивной сейсмической безопасности «PRESS», которая складывается из программы анализа риска «PRANA» и программы управления риском «PRIMA», уязвимость является главным параметром анализа и управления. В частности, приемлемые значения сейсмического риска достигаются путем сейсмоусиления зданий и/или посредством градостроительного регулирования урбанизированной территории.

Описываются и обсуждаются наиболее эффективные, реализованные в развитие проекта ЮНЕСКО «RADIUS» современные способы анализа и управления сейсмическим риском; значимость и последовательность использования каждого инструмента риск-анализа демонстрируется на единой схеме. Подробно описываются место и целевая функция каждого методического авторского инструмента риск-анализа, в том числе шкала конструктивной уязвимости зданий, шкала бедствий «ДИМАК», разработанная после Спитакского землетрясения, техника построения сценариев вероятных бедствий, модернизированная макросейсмическая шкала, формирование каталога зданий-аналогов и базовых объектов анализа безопасности. Основным математическим аппаратом «PRESS» является метод логических оценок и системного анализа (МЕЛОСА/MELESA), базирующийся на теории неопределенных множеств и теории «размытых образов». Каждый этап программ «PRANA» и «PRIMA» заблаговременно обеспечивается нормативно-методическими документами (НМД) требующими при необходимости привязки к специфическим условиям застройки разных урбанизированных территорий. Указывается, что наилучшими тестами являются проанализированные последствия повреждающих и разрушительных землетрясений, что позволяет корректировать и улучшать стратегию смягчения сейсмических бедствий.

Цели, задачи и содержание необходимых работ по обеспечению сейсмобезопасности урбанизированных территорий представляются в виде блок-программы

(таблица 1), которая работала в России с 1987 до 2004 года в качестве ФЦКП «Сейсмозащита». Необходимые и достаточные для реализации программы «PRESS» подходы, правила и решения разработаны и реализованы в России в ДальНИИС и в ФГУП «НТЦ по сейсмостойкому строительству и инженерной защите от стихийных бедствий» Госстроя России в период с 1986-1999 годы, а также успешно использованы за рубежом в рамках программы ЮНЕСКО «RA-DIUS» (1994-1998) по диагностике городов против землетрясений. Однако, все эти достижения до сих пор не претворены в соответствующие НМД и, прежде всего, в СП «Сейсмобезопасность урбанизированных территорий».

Предлагается вернуться к реализации ФЦП «Сейсмозащита», предварительно ранжировав сейсмоопасные территории по имеющимся оценкам сейсмического риска и выбрав эталонные территории. При этом надо выделить недостаточно сейсмостойкие эксплуатируемые жилые дома массового строительства, которые можно и нужно включать в территориальные проекты «Обеспечение устойчивого сокращения непригодного для проживания жилищного фонда» для наиболее сейсмоопасных субъектов РФ в рамках национального проекта No3 «Жилье и окружающая среда».

Таблица 1. Блок-программа превентивной сейсмической безопасности «PRESS»

п/ п	Наименование подпрограммы	Содержание блока/этапа	Ожидаемый результат
I	Программа анализа риска (PRANA – Program of Risk ANALysis)	1 Сертификация (инвентаризация и паспортизация) жилой и социально значимой застройки сейсмоопасных территорий. ■ Разработка НМД «Сертификация зданий и сооружений в сейсмических районах» - СП «Сейсмическая безопасность урбанизированных территорий» 2 Экспериментальные исследования БАОБАБов и моделирование для оценки уязвимости. 3 Анализ последствий землетрясений, повредивших БАОБАБы и ЗДАН	Оценка сейсмостойкости и уязвимости социально значимых зданий Выявление и классификация сейсмоопасных зданий по объему и конструктивному типу Назначение базовых объектов анализа безопасности (БАОБАБ) для типовых зданий массового строительства. Выбор зданий-аналогов (ЗДАН) по анализу последствий повреждающих землетрясений и данным ИСН. Формирование регионального / национального/территориального каталога и ЗДАН

		4 Разработка сценариев вероятных сейсмических бедствий (DISC) 4.1 Назначение наиболее вероятных сейсмических событий 4.2 Разработка рабочих сценариев вероятных последствий ■ Разработка СП «Сейсмическая безопасность. Сценарии последствий землетрясений на урбанизированных территориях» ■ Разработка ГОСТ «Шкала бедствий»	Виртуальные сценарии бедствия с оценками конструктивного ущерба зданий, материальных и человеческих потерь. Оценка тяжести вероятного бедствия по нормативным критериям безопасности, включая оценку сейсмического риска
II	Программа управления риском (PRIMA – Program of RIsk MAnagement)	1 Разработка методов и технологий сейсмоусиления зданий различного конструктивного типа без остановки нормальной эксплуатации объекта	Эффективные методы и современные технологии сейсмоусиления (BCOC, метод аппликации, внешний каркас, динамические гасители и др.). Рекомендации и ограничения применения
		Разработка эталонных решений и типовых проектов повышения сейсмостойкости зданий различного конструктивного типа (БАОБАБов)	ППР, короткие сроки производства СМР, стоимость СМР на 1 м ² общей площади зданий при использовании разных методов и технологий
		Апробация и массовое внедрение новых эффективных методов и технологий сейсмоусиления	Практические знания и опыт сейсмоусиления зданий массового строительства
		2 Разработка градостроительных стратегий и проекта планировки урбанизированных территории с ТЭО соотношения нового строительства и реконструкции (в т.ч. сейсмоусиления) эксплуатируемых зданий	Стратегия устойчивого безопасного развития урбанизированной территории и утвержденный проект территориального планирования

		3 Виртуальная проверка соответствия застройки урбанизированной территории критериям безопасного развития и требуемым параметрам допустимого сейсмического риска с помощью контрольного сценария бедствия DISCONT	Подтверждение правильности выбранной стратегии планировки и застройки урбанизированной территории с позиции устойчивой сейсмической безопасности
		4 Реализация градостроительной стратегии с использованием сейсмоусиления части застройки и применением новых прогрессивных строительных материалов	Достижение цели – сейсмобезопасности застройки урбанизированной территории

ПРИМЕНЕНИЕ САПР, РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ)

КРУЧЕНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ, ВЫЗВАННОЕ ВОЛНОВЫМ ЭФФЕКТОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

БОНДАРЕВ Д.Е., СИМБОРТ Э., Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, Россия, Санкт-Петербург

Ключевые слова: кручение, сейсмические ротации, ротационная компонента сейсмического воздействия, маятниковая система сейсмоизоляции, резинометаллические опоры

Рассматривается математическая модель сооружения, расположенного на различных системах сейсмоизоляции: резинометаллических и маятниковых опорах. Данная модель учитывает кручение изолированной части сооружения, вызванное ротационной компонентой сейсмического воздействия. Ротационная компонента сейсмического воздействия отражает волновую природу землетрясения. В данной статье проиллюстрированы результаты влияния данной компоненты на динамику сейсмоизолированного сооружения.

ПРИМЕНЕНИЕ САПР, РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ)

ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА С ГИБКИМ НИЖНИМ ЭТАЖОМ И КИРПИЧНЫМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ УСИЛЕНИЯ

ФАКИРИ А., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Университет Герата (Афганистан), Российская Федерация, Санкт-Петербург

ИВАНОВ А. Ю., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Российская Федерация, Санкт-Петербург

РУТМАН Ю. Л., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Российская Федерация, Санкт-Петербург

Ключевые слова: ЖБ каркас, кирпичная перегородка, нелинейная работа, гибкий нижний этаж, сейсмоизолированное здание, металлическая обойма, экономическая оптимизация

В регионах с повышенной сейсмической опасностью, таких как Центральная и Юго-Восточная Азия, железобетонные здания (ЖБ) с гибким нижним этажом и кирпичными наружными стенами и перегородками на остальных этажах являются наиболее распространенным конструктивным решением. Однако в нормативных документах для таких зданий имеется очень немного информации об особенностях их расчета и проектирования из-за нелинейного поведения кирпичных перегородок и гибкого нижнего этажа. Обычно инженер не считает кирпичные перегородки конструктивным элементом здания. Это означает, что их прочность и жесткость не принимаются во внимание при расчете из-за того, что кирпичная кладка является более хрупкой по сравнению с основными конструктивными элементами здания. Достаточно серьезной проблемой для зданий с ЖБ каркасом и кирпичными перегородками является так называемый гибкий первый этаж, являющийся причиной неравномерного распределения жесткости и прочности каркаса по высоте здания. Чтобы уменьшить негативное влияние этого обстоятельства обычно увеличивают горизонтальную прочность и жесткость колонн. Другим способом увеличения сейсмостойкости здания является применение сейсмоизоляции, которая должна снизить уровень воздействия на защищаемое здание, увеличивая тем самым период собственных колебаний системы. Однако увеличение периода собственных колебаний может и ухудшить сейсмический отклик каркаса с гибким первым этажом. В данной работе представлена методика проектирования и расчета сейсмоизолированных ЖБ зданий с гибким нижним этажом, которая учитывает влияние на их горизонтальную жесткость кирпичных перегородок, и показано влияние сейсмоизоляции на отклики зданий такого типа, особое внимание направлено на анализ поведения колонн нижнего этажа. Наряду с сейсмоизолированным вариантом ЖБ каркаса рассмотрен также другой тип сейсмоусиления для сравнения экономического эффекта от применения той или иной технологии сейсмозащиты. Второй тип представляет собой тот же ЖБ каркас, колонны нижнего этажа которого усилены стальной обоймой. В завершении, для определения экономически более целесообразной технологии сейсмоусиления данного типа зданий применяется предложенный авторами алгоритм оптимизации.

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ И ДРУГИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЙСМОЗАЩИТЫ

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕМПФЕРОВ В СИСТЕМАХ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ

РУТМАН Ю.Л., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Санкт-Петербург

ОСТРОВСКАЯ Н.В., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Санкт-Петербург

КОБЕЛЕВ Е.А., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Россия, Санкт-Петербург

Ключевые слова: системы сейсмоизоляции, пластический демпфер, поиск оптимальных параметров, метод псевдожесткостей

Эффективность применения систем сейсмоизоляции (ССИ) в значительной мере зависит от правильного выбора параметров демпфирования. В докладе рассматривается задача поиска оптимальных параметров пластических демпферов (ПД) в ССИ. Основное внимание уделено методологии варьирования и выбора конструктивных параметров ПД с целью реализации оптимального коэффициента демпфирования, используемого в линеаризованной динамической модели сейсмоизоляции. Получен ряд аналитических зависимостей, позволяющих найти силовую характеристику ПД различной конфигурации (прямолинейных и криволинейных). Рассмотрены различные варианты нагружения ПД (в т.ч. пространственное нагружение). Также рассмотрены численные методы установления силовых характеристик (с помощью ПК «ANSYS» и метода псевдожесткостей). Приведено сравнение силовой характеристики, вычисленной с помощью ПК «ANSYS», криволинейного ПД с экспериментом.

ПРИМЕНЕНИЕ САПР, РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ)

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЯ РЕЗЕРВНОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

САРГСЯН А.Е., АО «Атомэнергопроект», Россия, Москва

ГУКОВА Е.Г., АО «Атомэнергопроект», Россия, Москва

Ключевые слова: концепция поверочных расчетов, расчет строительных конструкций, объемная расчетная модель, конечно-элементная модель, расчет РДЭС, прочность, оценка несущей способности, основание сооружения, обобщенные спектры отклика

В работе продемонстрирована концепция выполнения поверочных расчетов строительных конструкций и основания здания РДЭС при НЭ (нормальный режим эксплуатации) + МРЗ (максимально расчетное землетрясение). При этом рассматриваются:

- определение поэтажных обобщенных спектров отклика от МРЗ;
- проверка прочности строительных конструкций при НЭ+МРЗ;
- оценка несущей способности и устойчивости основания сооружения при НЭ+МРЗ.

Разработаны статическая и динамическая конечно-элементные модели системы сооружение-основание сооружения РДЭС. Выполнены расчеты сооружения с применением ВК ANSYS. Определены обобщенные поэтажные спектры отклика при МРЗ.

Выполнена проверка прочности. Установлено, что прочность несущих конструкций сооружения РДЭС при НЭ+МРЗ обеспечена.

Проведена оценка несущей способности и устойчивости основания сооружения. Установлено, что несущая способность и устойчивость основания при НЭ+МРЗ обеспечена.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение
2. Расчетная модель системы сооружение – основание
3. Результаты расчетов
4. Оценка прочности фундаментной плиты
5. Оценка несущей способности и устойчивости основания
6. Заключение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны статическая и динамическая конечно-элементные модели системы сооружение-основание сооружения РДЭС. Выполнены расчеты сооружения РДЭС с применением ВК ANSYS. Определены обобщенные поэтажные спектры отклика при МРЗ.

Выполнена проверка прочности и установлено, что прочность несущих конструкций сооружения РДЭС при НЭ+МРЗ обеспечена. Проведена оценка несущей способности и устойчивости основания сооружения РДЭС. Установлено, что несущая способность и устойчивость основания при НЭ+МРЗ обеспечена.

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

«ТРУДНЫЕ» ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

АЛЕШИН А.С., ИФЗ РАН, Россия, Moscow

Ключевые слова: сейсмическое микрорайонирование; сейсмическая интенсивность; метод сейсмических жесткостей; приращения сейсмической интенсивности; категории грунтов; средние грунты; сейсмические воздействия; спектральные характеристики; коэффициент динамичности; модель; непрерывность

В последнее время в нормативной базе сейсмостойкого строительства России произошли давно ожидаемые события: появился целый ряд новых документов. Это, казалось бы, положительное явление породило ситуацию, которая в одной из работ не без основания была охарактеризована как «нормативный хаос». Такое положение во многом объясняется различием основных понятий и соотношений в новых и привычных старых нормативных документах. Здесь в тезисной форме отмечены эти противоречия и намечены пути их преодоления.

Нормативная база сейсмостойкого строительства России в последнее время обогатилась целым рядом новых, давно ожидаемых, документов. Это, казалось бы, положительное явление породило ситуацию, которая в одной из работ не без основания была охарактеризована как «нормативный хаос». Такое положение во многом объясняется различием основных понятий и соотношений в новых и привычных старых нормативных документах. Конечно, явление это временное и в чем-то понятное, но для дела экспертизы и прохождения рабочей документации безусловно вредное. Данная работа имеет целью, хотя бы отчасти, разрешить возникшие противоречия. Рассмотрим наиболее важные противоречия и приведем краткие результирующие ответы на возникающие вопросы. Полный анализ затрагиваемых проблем требует значительно больших объемов, чем разрешенные условиями конференции размеры тезисов.

1. Общее сейсмическое районирование (ОСР) согласно нормативу СП 14.13330.2014 представляет оценку сейсмической опасности на территории всей страны и имеет общегосударственное значение для осуществления рационального землепользования и планирования социально-экономического развития крупных регионов. Большие различия в методике и масштабах делают затруднительным прямое использование данных ОСР при работах по СМР, как это представляется в ряде работ. По этой причине представляется, что значение ОСР сильно переоценено.

2. На практике для строительства крупных и особо ответственных объектов проводят работы по детальному сейсмическому районированию (ДСР). Для объектов нормальной ответственности допускается проведение работ по уточнению исходной сейсмичности (УИС). Методика ДСР и УИС детально изложена в нормативном документе СП 286.1325800.2016. Поскольку, как показывает практика, пересмотр карт ОСР вряд ли рационально осуществлять чаще чем в 10–15 лет, представляется перспективным разработать альбом карт ДСР для каждого сейсмоактивного региона страны. Это позволит точнее учесть региональные особенности сейсмичности.

3. В основе отечественной инженерной сейсмологии лежат макросейсмические представления. Это, прежде всего, балл и приращение балла, что неудовлетворительно в отношении точности задания сейсмических нагрузок. Отсюда возникает дискуссия о возможности (или невозможности) использования дробных значений балла. Практика сейсмостойкого строительства настоятельно требует использования инструментальных характеристик сейсмических воздействий – пиковых ускорений, частотного состава и длительности сейсмических колебаний, спектров реакции, коэффициентов динамичности и акселерограмм. Приращениям сейсмической интенсивности в этом случае соответствуют грунтовые коэффициенты, о чем в ряде нормативов даже не упоминается.

4. В большинстве нормативных документов в качестве референтных грунтов выступают «средние» грунты, свойства которых варьируют в довольно широком диапазоне. Это приводит к неучтенной ошибке в определении приращения сейсмической интенсивности. Выход из описанной ситуации видится в определении референтного грунта со строго фиксированным параметром сейсмической жесткости. В качестве референтного грунта рекомендуется выбрать достаточно жесткий грунт, как это сделано в сейсмических нормах США и ряда других развитых стран, что исключает влияние сильных сейсмических воздействий на параметры грунта. Описанные условия приведены в ряде новейших нормативов. Задача состоит в распространении их на все нормативные документы, включая те, что регламентируют проведение ОСР и ДСР. 5. При выводе всех основных соотношений инженерной сейсмологии (например, формулы макросейсмического поля, коэффициента сейсмичности A , расчета приращений сейсмической интенсивности по сейсмологическим данным, формулы метода сейсмической жесткости и др.) в соответствии с требованиями шкалы MSK-64. В настоящее время в России принята новая сейсмическая шкала ГОСТ Р 57546–2017. В ней для шага ускорений от балльности принято значение 2,5 вместо 2 для шкалы MSK-64. При учете данного обстоятельства вид выше отмеченных соотношений изменится, что необходимо учесть во всех нормативных документах.

Все разобранные до сих пор вопросы так или иначе относятся ко всем видам сейсмического районирования. Следующие замечания в основном относятся к собственно сейсмическому микрорайонированию.

6. Основным параметром, характеризующим свойства грунтов, является скорость поперечных волн. При этом следует заметить, что скорость поперечных волн, хотя и является важнейшей характеристикой сейсмических свойств грунтового массива, но это не единственная величина, определяющая сейсмические свойства грунта. Реакция грунта на сейсмические воздействия, определяется также плотностью, точнее сейсмической жесткостью – произведением плотности на скорость поперечных волн. Будет уместно отметить, что именно эта величина фигурирует в качестве главной количественной характеристики свойств грунта в таблице 1 норматива СП 14.13330, 2014.

7. Использование постоянных грунтовых поправок или постоянных приращений сейсмической интенсивности, соответствующих определенным грунтовым категориям, приводит к скачкообразным изменениям на границах категорий и соответствующим ошибкам. Постоянство значений грунтовых коэффициентов (или приращений сейсмической интенсивности) для всего диапазона свойств, характеризующихся грунтовой категорией, обуславливает нагружение среды воздействием, неадекватным свойствам среды. В нормативе СП 283.1325800.2016 изложена методика описания связи параметров сейсмических воздействий со свойствами грунтов непрерывной зависимостью. Такой способ представления свойств грунта делает излишним использование понятия грунтовых категорий.

8. В теории колебаний коэффициентом динамичности называют отношение амплитуды динамического смещения к статическому смещению. Этот коэффициент характеризует любую динамическую систему: будь то колебания здания на упругом основании, или реакцию грунтового массива на приходящие к его подошве сейсмические колебания. В главном нормативном документе СП 14.13330.2014 традиционно (и вполне обосновано) коэффициент динамичности рассматривается в первом отмеченном выше значении, как реакцию колебаний сооружения на сейсмическое воздействие. В документе

СП 283.1325800.2016 коэффициент динамичности относится к колебаниям поверхности грунтового массива под влиянием сейсмического воздействия, подходящего снизу из упругого полупространства. Это позволяет учесть резонансные свойства грунтового массива.

9. В основе метода сейсмической жесткости (МСЖ) лежит предположение о равенстве потоков мощности на соседних участках с различными свойствами верхней части грунтового массива. Это положение принципиально неверно, поскольку вверх к дневной поверхности, на которой располагается строение распространяется лишь часть сейсмической энергии, а другая, порой значительная, отражается в нижнее полупространство. Соотношение частей, проходящей вверх и отраженной вниз зависит от конкретного строения грунтового массива. Учет этого обстоятельства значительно изменяет вид формулы метода. Насущной задачей является распространение этого положения на все нормативные документы.

10. Помимо сейсмической жесткости на приращение сейсмической интенсивности, оказывают влияние такие факторы как обводненность, резонансные явления, рельеф местности и нелинейные свойства грунтов. В различных нормативах эти факторы так или иначе учитываются. Например, член формулы МСЖ, учитывающий влияние обводненности грунтов, во многих нормативах исключен, поскольку влияние обводненности учитывается изменением сейсмической жесткости и нет надобности в дополнительном члене. Нелинейность свойств грунтов учитывается в виде зависимости грунтовых коэффициентов от величины сейсмических воздействий.

11. Вопросы методики проведения работ по СМР обобщены в документах, появившихся на свет более 30 лет тому назад. За истекшее время в теории и практике сейсмического микрорайонирования произошло много изменений, не нашедших должного отражения. В частности, требует пересмотра представление об особенностях инженерно-геологических изысканий на участках выполнения СМР, о приоритете сейсмологических наблюдений, большей конкретизации требуют расчетные методы и т.д.

12. В основных Российских нормах СП 14.13330.2014 влияние свойств грунта на параметры сейсмических колебаний учитывается величиной сейсмической жесткости грунта, средней для 30-метрового верхнего слоя. Данная классификация основана на исследованиях, проведенных в США, где свойства грунтов изучались до нескольких сотен метров, но еще не достигли уровня достаточно твердых слоев. Во многих работах показано, что эта классификация не может быть непосредственно применена к другим регионам, особенно к регионам с неглубоким скальным фундаментом. В новых российских нормах СП 283.1325800.2016 толщина слоя грунта, значимая для целей СМР, определяется пунктом 6.18, в котором расчетная мощность грунта должна соответствовать 30 м и более в дисперсных породах или мощности слоя грунта до границы с более жесткими породами при $R > 2000$ тм-2с-1 в случае его наличия в верхней 30-метровой толще. Это требование более точно соответствует реалиям СМР в нашей стране.

Заключение

Рассмотренные вопросы показывают весьма существенные различия в отечественных нормативных документах, разработанных в разное время и для разных объектов. Однако эту ситуацию характеризовать как «нормативный хаос» можно только с позиций текущего момента. В идейном отношении хаоса в нормативах сейсмостойкого строительства нет. Требуется время и административный ресурс, чтобы исправить это положение и унифицировать нормативную документацию.

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ И ДРУГИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЙСМОЗАЩИТЫ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО СОЧИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

СЕМЕНОВ С.Ю., Сочинский государственный университет, Россия, Сочи
ИВАНЕНКО Н.А., Сочинский государственный университет, Россия, Сочи
КОЛЕСНИКОВ А.В., ООО «ЛИРА софт», Россия, Москва

Ключевые слова: Сейсмоизоляция сейсмозащита Семенов

Кинематическая система сейсмоизоляции зданий применяется на территории большого Сочи уже более 15 лет. Построено и введено в эксплуатацию 5 зданий этажностью от 5 до 17 этажей. Эти здания побывали в условиях относительно небольших, интенсивностью порядка 4.5 балла (МСК-64), землетрясений.

В настоящее время ведётся строительство 14-ти этажное здание в посёлке Хоста и 12-ти этажный жилой дом в центре г. Сочи.

Приостановлено строительство из-за финансовых сложностей 27-ми этажного дома на улице Бамбуковая и комплекса 2-х этажных блокированных домов на улице Коммунаров.

Подготовлена проектная документация, прошедшая экспертизу:

6-ти этажный Жилой комплекс на улице Лесная;

6-ти этажный жилой дом на улице Петрозаводская;

10-ти этажный жилой дом в поселке Лазаревское на улице Павлова;

12-ти этажный дом на улице Пионерская;

7-ми этажный кирпичный дом в городе Славянск на Кубани.

Применение кинематической системы сейсмоизоляции из-за отсутствия стен и перегородок в сейсмоизолирующем поясе позволило разместить в подвальном (цокольном) этаже полноценный паркинг для легкового транспорта жителей. В уровнях первого, а в отдельных домах и на втором этаже разместить просторные помещения для торговых и офисных помещений. В ряде проектов применение сейсмоизоляции позволило увеличить расчетную этажность.

Практически на всех объектах получен ощутимый экономический эффект.

На всех построенных и строящихся объектах кинематическая система сейсмоизоляции проверяется на расчетную работоспособность.

Наработанная экспериментальная практика позволяет в широком диапазоне регулировать интенсивность горизонтальных сейсмических воздействий на сейсмоизолированную часть здания. При наличии на участке строительства синтезированных акселерограмм и сейсмограмм вычисляются расчетные акселерограммы и сейсмограммы сейсмоизолированной части здания. Примеры полученных диаграмм приведены в докладе.

В целях минимизации трудоёмкости вычислений в настоящее время ведется совместная работа по отработке наработанного опыта в программном расчетном программном комплексе ЛИРА 10.8. Информация об этом представляется в отдельном докладе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ – РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ, РЕЗУЛЬТАТЫ

РАБОТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ КУРЗАНОВА-СЕМЕНОВА ПРИ РЕАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ НА ОСНОВЕ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЗДАНИЙ

ИВАНЕНКО Н.А., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сочинский государственный университет» (СГУ), Россия, Сочи

СЕМЕНОВ С.Ю., ООО «СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ», Россия, Сочи

ПАПОВ Б.К., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сочинский государственный университет» (СГУ), Россия, Сочи

КОЛЕСНИКОВ А.В., ООО «ЛИРА софт», Россия, Москва

На основе экспериментальных данных, полученных в ходе испытания реальных зданий с кинематическими опорами на статические и динамические нагрузки, разработана методика расчета зданий с использованием реальных или синтезированных акселерограмм.

Применение систем сейсмоизоляции при строительстве зданий и сооружений в сейсмических районах позволяет значительно снизить усилия от сейсмического воздействия, что позволяет сократить расход материалов, а в некоторых случаях дает и саму возможность строительства конкретных высотных и тяжело нагруженных зданий и сооружений. В настоящее время, из рекомендованных в СП 14.13330.2018 (приложение В) сейсмоизолирующих элементов, наибольшее распространение получили эластомерные опоры со свинцовыми сердечниками и без них. Однако высокая цена, отсутствие изделий отечественного производства и ограниченный срок службы сдерживают их применение.

Кинематические системы сейсмоизоляции имеют ряд неоспоримых преимуществ: относительно невысокая цена опоры, возможность производства на отечественных предприятиях, практически неограниченный срок службы. Однако широкое внедрение кинематических систем сдерживается недостаточно хорошей изученностью их работы в реальных сейсмических условиях.

В г. Сочи РФ в настоящее время построено несколько зданий с применением кинематических систем сейсмоизоляции Курзанова-Семенова. Перед сдачей зданий в эксплуатацию и во время строительства проводились натурные статические и динамические испытания.

Статические испытания зданий с кинематическими системами заключаются в приложении к надземной изолированной части здания непрерывно возрастающей статической нагрузки и записи перемещений при прямом и обратном ходе нагрузки (нагрузка – разгрузка). Полученные экспериментальные графики зависимости нагрузка – перемещения напоминают петлю гистерезиса. Анализ экспериментальных данных статических испытаний и их аппроксимация позволили получить аналитические кривые в виде полиномов. Используя данные натурных испытаний реальных зданий получены устойчивые зависимости

горизонтальных сил и ускорений от амплитуды смещения сейсмоизолированной части здания относительно основания и геометрических характеристик элементов конструкции сейсмоизоляции.

Динамические испытания как частный случай реальных землетрясений производились путем смещения сейсмоизолированной части здания относительно основания на заданную расчетную величину с последующим мгновенным сбросом. Это позволяло получить и проанализировать собственную частоту колебаний сейсмоизолированной части здания относительно основания, время колебаний, фактический коэффициент затухания и весь спектр ускорений с которыми происходили перемещения сейсмоизолированной части здания на протяжении всей продолжительности эксперимента.

На основе анализа полученных зависимостей и закономерностей, полученных при статических и динамических натурных испытаниях получена математическая модель поведения сейсмоизолированной части здания относительно условно неподвижной точки земной поверхности и относительно фактического местоположения основания в процессе землетрясения в любой интересующий нас момент времени.

Имея синтезированные акселерограммы и сейсмограммы на конкретном строительном участке, которую получают при проведении сейсмомикрорайонирования, разработанная методика расчета и составленная расчетная программа позволяет вычислить и построить ожидаемые акселерограммы и сейсмограммы низа сейсмоизолированной надземной части здания (он же верхний пояс кинематической системы сейсмоизоляции). Полученные акселерограммы можно использовать для расчета надземной сейсмоизолированной части здания с помощью известных программных комплексов.

Одним из таких комплексов можно назвать ПК ЛИРА 10.8, в котором реализован метод конечных элементов. При моделировании сейсмоизоляторов кинематического характера можно использовать действительные диаграммы работы, полученные по результатам экспериментальных исследований. При этом сейсмическое воздействие рекомендуется задавать в виде сейсмограммы в уровне фундамента – при таком подходе можно оценить работу сейсмоизоляторов в графиках Сила-Перемещение, а также в виде снижения ускорений (а следовательно и инерционной нагрузки) на верхнюю часть сооружения.

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ОПТИМИЗАЦИЯ, ТЕСТИРОВАНИЕ И ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ 3D СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ФУНДАМЕНТА ДЛЯ ВАЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

КОСТАРЕВ В.В., ЦВС, Россия, Санкт-Петербург
ВАСИЛЬЕВ П.С., ЦВС, Россия, Санкт-Петербург
ВАЙНДРАХ М.В., ЦВС, Россия, Санкт-Петербург
НАВРОЦКИЙ П., ГЕРБ, Германия, Берлин

Ключевые слова: 3D сейсмоизоляция, оптимизация, анализ, безопасность, натурные испытания

Анализ динамических и сейсмических характеристик, оптимизация, тестирование и вероятностная оценка безопасности инновационной системы 3D сейсмической изоляции фундамента для важных сооружений.

Большинство новых строящихся атомных электростанций (АЭС) расположены в зонах высокой сейсмичности с максимальными ускорениями грунта (ПУГ) более 0,3g для условий максимального проектного землетрясения (МРЗ) с повторяемостью один раз в 10000 лет на реактор в год. Принимая во внимание новые требования Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и национальных ядерных органов в отношении ядерной безопасности АЭС, а также опыт, полученный в результате аварий на АЭС Кашивадзаки и Фукусима, подвергшихся сильным землетрясениям с ПУГ 0.5–0.6g, сейчас необходимо доказать сейсмическую безопасность АЭС при интенсивности землетрясения, в 1,4–1,67 раза превышающего уровень МРЗ. Таким образом, требования к сейсмостойкости АЭС, в некоторых случаях, возрастают до значений пикового ускорения грунта 0,5–0,8g.

Строительство АЭС для таких интенсивных сейсмических воздействий по обычной технологии приводит к существенному увеличению затрат – до 20% от общей стоимости АЭС, что примерно соответствует 1 млрд. долларов дополнительных вложений, а также ставит под сомнение саму возможность достижения установленных пределов и критериев ядерной безопасности по частоте повреждений активной зоны ядерного реактора (ЧПЗ).

Альтернативный подход заключается в использовании систем сейсмоизоляции (СИС) для зданий АЭС, связанных с безопасностью, что делает возможным

резкое снижение сейсмического отклика сооружений и размещенного в нем оборудования и повышение их безопасности при сильных землетрясениях. Настоящий доклад посвящен проектированию системы пространственной 3D сейсмоизоляции, имеющей название Контроль Сейсмических Перемещений (СИС КСП) на основе оптимизационного процесса. В докладе рассматриваются проблемы проектирования оптимальной СИС с учетом особенности входного сейсмического воздействия, конструкции здания и грунтового основания. Рассмотрены результаты натурных испытаний элементов СИС КСП, в том числе, на уникальном стенде натурных исследований СИСТ в Санкт-Петербурге, а также влияния СИС КСП на вероятностную оценку сейсмической безопасности АЭС и экономическую эффективность сооружения блока АЭС с СИС.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА И НАДЗОР В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

РАСЧЕТНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НОВЫХ НОРМ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН СП РК 2.03–30–2017 «СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНАХ»

ИЦКОВ И.Е., АО «КазНИИСА», Казахстан, Алматы

В докладе рассматриваются некоторые особенности СП РК 2.03–30–2017, связанные с определением расчетных сейсмических воздействий и нагрузок на здания и сооружения, а также с проверками их регулярности в плане и по высоте.

Сейсмическая опасность территории РК характеризуется в СП РК 2.03–30–2017 комплектом карт общего сейсмического зонирования, имеющих вероятностную основу.

Разработка комплекта карт ОСЗ РК была выполнена ТОО «Институт сейсмологии» по техническому заданию и при сопровождении АО «КазНИИСА».

Правила применения карт ОСЗ при проектировании зданий и сооружений были разработаны АО «КазНИИСА».

Комплект карт общего сейсмического зонирования территории РК содержит:

- карты ОСЗ-1₄₇₅ и ОСЗ-2₄₇₅, отражающие 10 % вероятность возможного превышения в течение 50 лет указанных на них значений сейсмической интенсивности (средний период повторяемости таких сотрясений 475 лет);
- карты ОСЗ-1₂₄₇₅ и ОСЗ-2₂₄₇₅, отражающие 2 % вероятность возможного превышения в течение 50 лет указанных на них значений сейсмической интенсивности (средний период повторяемости таких сотрясений 2475 лет).

На картах ОСЗ-1₄₇₅ и ОСЗ-1₂₄₇₅ сейсмическая опасность территории характеризуется изолиниями с референтными значениями (в долях g) горизонтальных пиковых ускорений $a_{gR(475)}$ и $a_{gR(2475)}$, относящимися к скальным геологическим формациям.

На картах ОСЗ-2₄₇₅ и ОСЗ-2₂₄₇₅ выделены зоны, в пределах которых сейсмическая опасность условно принята постоянной и характеризуется целочисленными баллами, отнесенными к «средним» грунтовым условиям по сейсмическим свойствам.

При отсутствии карт микросейсмического зонирования карты ОСЗ-1 и ОСЗ-2 могут применяться для определения сейсмической опасности площадок строительства. В этом случае сейсмическая опасность площадки строительства в ускорениях $a_{g(475)}$ и $a_{g(2475)}$ определяется с помощью следующих выражений:

$$a_{g(475)} = a_{gR(475)} = S(a_{gR(475)}) = S_T(1); a_{g(2475)} = a_{gR(2475)} = S(a_{gR(2475)}) = S_T(2);$$

где $S(a_{gR(475)})$ и $S(a_{gR(2475)})$ – коэффициенты, характеризующие влияние грунтовых условий площадки на интенсивность сейсмических воздействий (см. табл. 1);

S_T – коэффициент, учитывающий топографические эффекты усиления сейсмических воздействий на площадке строительства.

Расчетное значение ускорения a_g (в долях g) на площадке строительства определяется с помощью выражения (3): $a_g = \max\{a_{gR(475)}\}$ или $(2/3) \cdot a_{gR(2475)}$ (3)

Таблица 1 – Значения коэффициентов $S(a_{gR(475)})$ и $S(a_{gR(2475)})$

Типы грунтовых условий по сейсмическим свойствам (скорости поперечных волн в поверхностных толщах грунтов)	Значения коэффициентов $S(a_{gR(475)})$ и $S(a_{gR(2475)})$ в зависимости от величин $a_{gR(475)}$ и $a_{gR(2475)}$
IA ($v_{s,30} \geq 800$ м/с)	1,0
IB ($v_{s,10} \geq 350$ м/с, $550 \leq v_{s,30} < 800$ м/с)	$1,0 \leq (1,4 - a_{gR}/g) \leq 1,2$
II ($230 \leq v_{s,10} < 350$ м/с, $270 \leq v_{s,30} < 550$)	$1,1 \leq (2,0 - 2,5 \cdot a_{gR}/g) \leq 1,6$
III ($v_{s,10} < 230$ м/с, $v_{s,30} < 270$ м/с)	$1,3 \leq (2,5 - 3,0 \cdot a_{gR}/g) \leq 2,4$

Сейсмические воздействия на площадке строительства характеризуются спектрами реакций в ускорениях.

Для горизонтальных компонент сейсмического воздействия спектр расчетных реакций $S_d(T)$ следует определять с помощью выражений (4) и (5):

$$0 \leq T \leq T_C: S_d(T) = a_g \cdot \frac{2,5}{q} \quad (4), \quad T \geq T_C: S_d(T) = a_g \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (5),$$

где T_C – максимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений $S_d(T)$, принимаемое в соответствии с данными таблицы 2;

T – период колебаний линейного осциллятора в горизонтальном направлении;

q – коэффициент поведения (значения q являются обратными значениями коэффициента редукции k_2 , принятого в ранее действовавших нормах; $q=1/k_2$);

β – показатель нижней границы спектра, принимаемый 0,2.

Для вертикальных компонент сейсмических воздействий спектр расчетных реакций $S_{dv}(T)$ следует определять с помощью выражений (6) и (7):

$$0 \leq T_v \leq T_{Cv}: S_{dv}(T) = a_{gv} \cdot \frac{2,25}{q} \quad (6); \quad T_{Cv} \leq T_v \leq 2,0 \text{ сек}: S_{dv}(T) = a_{gv} \cdot \frac{2,25}{q} \cdot \left[\frac{T_{Cv}}{T_v} \right]^k \quad (7);$$

где T_{Cv} – максимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений $S_{dv}(T)$, принимаемое 0,2 секунды;

T_v – период колебаний линейного осциллятора в вертикальном направлении;

k – показатель степени, принимаемый в соответствии с данными таблицы 3;

a_{gv} – расчетное вертикальное ускорение на площадке строительства (таблица 4);

q_v – коэффициент поведения, значение которого всегда следует принимать 1,5.

Таблица 2 – Значения периодов T_C

Типы грунтовых условий	Значения T_C , сек
IA и IB	0,48
II	0,72
III	0,96

Таблица 3 – Значения k

Типы грунтовых условий	Значения k
IA и IB	0,60
II	0,45
III	0,35

Таблица 4 – Отношения значений a_{gv} и a_g

Типы грунтовых условий	Отношения a_{gv}/a_g при значениях a_g		
	$a_g \leq 0,12g$	$0,12g < a_g \leq 0,4g$	$a_g > 0,4g$
IA, IB, II и III	0,7	0,8	0,9

Расчетные сейсмические нагрузки на проектируемые объекты определяются с учетом ответственности этих объектов, регулярности их конструктивных схем в плане и по высоте, а также сопротивляемости кручению в плане. В СП РК 2.03–30–2017 здания подразделяются по ответственности:

- в зависимости от функционального назначения – на четыре класса;
- в зависимости от этажности – на пять классов. Каждому сочетанию классов ответственности зданий по назначению и этажности в СП РК 2.03–30–2017 присвоены соответствующие значения коэффициентов ответственности, учитываемые при определении расчетных сейсмических нагрузок. Конструктивные схемы классифицированы в СП РК 2.03–30–2017 по регулярности в плане и по высоте на три типа – регулярные, умеренно нерегулярные и чрезмерно нерегулярные, а по сопротивляемости кручению на два типа – обладающие адекватной жесткостью на кручение в плане и крутильно-податливые в плане. Принятая система классификации основывается на совокупности признаков, качественно и количественно характеризующих конструктивные системы:
- по особенностям конфигураций в плане и/или по высоте;
- по сбалансированности распределения масс и жесткостей в плане;
- по особенностям распределения масс и жесткостей по высоте;
- по способности перекрытий выполнять функции горизонтальных диафрагм жесткости. Классификация конструктивных систем по регулярности в плане и по высоте и по сопротивляемости кручению имеет значение для аспектов проектирования, связанных с выбором значений:
 - а) коэффициента f_{vk} , повышающего расчетные эффекты сейсмических воздействий в конструкциях тех этажей, которые, из-за резкого увеличения массы или уменьшения жесткости, нарушают однородность конструктивной схемы по высоте;
 - б) случайных эксцентриситетов e_{ak} , учитываемых при определении эффектов кручения здания в плане, обусловленного пространственными вариациями сейсмического движения, неопределенностями в расположении масс и последствиями проявления различного рода нелинейных эффектов;
 - в) коэффициента поведения q для крутильно-податливых в плане конструктивных систем, под которыми понимаются системы, у которых первая форма

колебаний является крутильной в плане, и для чрезмерно нерегулярных конструктивных систем. При выполнении расчетов зданий и сооружений с учетом их взаимодействия с грунтовым основанием параметры эквивалентной упругой жесткости грунтов допускается определять с использованием:

- а) экспериментальных данных о скоростях распространения упругих волн в слоях грунта, расположенных ниже подошвы фундаментов;
- б) корреляционных эмпирических связей физико-механических свойств грунтов при статических нагружениях со скоростями распространения в грунтах упругих волн. При учете взаимодействия здания или сооружения с грунтовым основанием по пункту б) предлагается:
 - в качестве базового параметра эквивалентной упругой жесткости грунта принимать значение его модуля деформаций, определенное по результатам статических испытаний, но увеличенное в 10 раз;
 - применять две расчетные модели здания или сооружения, в одной из которых базовая эквивалентная жесткость основания должна быть увеличена в 1,5 раза, а в другой – уменьшена в 1,5 раза.
 - принимать во внимание наибольшие значения сейсмических эффектов, полученные с применением двух расчетных моделей. Следует отметить, что оценки сейсмической опасности строительных площадок в баллах не принимаются во внимание при определении расчетных сейсмических воздействий, но учитываются при назначении конструктивных мероприятий, соблюдаемых вне зависимости от результатов расчетов проектируемых объектов.

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ И ДРУГИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЙСМОЗАЩИТЫ (В РАМКАХ 16 МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ, РАССЕИВАНИЮ ЭНЕРГИИ И РЕГУЛИРОВАНИЮ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СООРУЖЕНИЙ)

СЕЙСМОЗАЩИТА МЕЧЕТИ ИМ. ПРОРОКА МУХАММАДА В ГОРОДЕ МАХАЧКАЛА

УЗДИН А. М., ПГУПС, Россия, Санкт-Петербург

ШУЛЬМАН С. А., СК Стройкомплекс -5, Россия, Санкт-Петербург

НЕСТЕРОВА О. П., СПбГАСУ, Россия, Санкт-Петербург

Ключевые слова: Ключевые слова: мечеть, сейсмостойкость, сейсмозащита

Рассмотрены особенности обеспечения сейсмозащиты мечети, сооружаемой в г. Махачкала и рассчитанной на 50000 молящихся. Отмечается неудачный проект сооружения, использующий опирание тяжелой надстройки на высокие колонны. Повреждения сооружения начинаются с образования пластических шарниров по торцам колонн, что неизбежно приведет к обрушению надстройки, как это было со зданиями с гибким нижним этажом. Предлагается упруго-фрикционное соединение надстройки с колоннами. При этом перемещения верха колонн ограничиваются так, чтобы исключить их обрушение под весом здания. Рассматриваются вопросы задания расчетного воздействия и схемы устройств гашения сейсмических колебаний и перераспределения усилий в системе.

В Дагестане в городе Махачкала начато строительство мечети, вместимостью до 50 тысяч человек, которая должна стать одной из самых крупных в Европе. Конструкция мечети представляет собой двухъярусную систему. Нижний, фундаментный ярус выполнен по проекту в виде сплошной железобетонной плиты. Верхний ярус также представляет собой массивную плиту, опирающуюся на нижний ярус с помощью колонн высотой от 14 до 19 м и диаметром 0.9 м. Мечеть расположена в высокосейсмичном районе с ситуационной сейсмичностью $I_A = 8$, $I_B = 9$ и $I_C = 10$ баллов. По принципу работы при землетрясениях конструкция мечети аналогична известным сооружениям с гибким нижним этажом, которые разрушились при землетрясениях в Бухаресте, Скопие и Мехико. Причина разрушения хорошо известна. Высокие гибкие колонны при сейсмическом воздействии получают большие смещения, приводящие к появлению большого момента, вызванного весом тяжелого второго этажа. По расчетам авторов такое обрушение должно произойти при силе воздействия более восьми баллов. Для исключения обрушения мечети и гибели большого количества людей необходимо проведения антисейсмических мероприятий, которые рассматриваются в докладе.

Учитывая высокую ответственность проектируемого сооружения, связанную с гибелью большого числа людей, необходим анализ сценариев накопления повреждений и обеспечение заданных предельных состояний при землетрясениях различного уровня, как это производится в настоящее время во многих современных нормах. При этом представляется необходимым выделить три основные особенности проектирования мечети.

1. Установление приемлемой вероятности повреждений различного уровня.
2. Оценка возможных сочетаний наполненности мечети и силы сейсмического воздействия.
3. Оценка уровня нагрузки, которая может нарушить штатный режим проведения службы и привести к панике среди присутствующих.

Для исключения тех или иных предельных состояний довольно сложно обойтись традиционными методами усиления, и возникает необходимость привлечения систем сейсмогашения и сейсмоизоляции. Однако здесь возникают определенные трудности, связанные с тем, что документы разъяснения и толкования Корана рекомендуют применения жестких фундаментов, т.е. не допускают применения сейсмоизоляции. В связи с этим авторы предложили изолировать второй (верхний) этаж мечети в уровне верха колонн. Для этого колонна соединяется с верхним этажом с помощью фрикционной пары. Чтобы смещение верхнего этажа было ограничено, наряду с фрикционной парой устраивается дополнительное упругое (пружинное) соединение колонн с верхним ярусом мечети. Предполагается, что при слабых воздействиях с силой до 6 баллов, силы трения не преодолеваются и пружины не работают. При силе землетрясения от 7 до 9 баллов силы трения преодолеваются, однако нагрузки, передаваемые на колонны, не вызывают их пластического деформирования. Для снижения перемещения крыши на ней дополнительно устанавливаются динамические гасители колебаний (ДГК). При силе воздействия выше 9 баллов в работу должны включаться стопорные устройства, при этом крыша упирается в купольную часть мечети, представляющую собой жесткую цилиндрическую оболочку с куполом, размещенную в центральной части мечети.

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКАЯ СЛУЖБА, ВИБРОДИАГНОСТИКА, МОНИТОРИНГ

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

УЗДИН А.М., доктор технических наук, профессор кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций», ФГБОУ ВО Петербургский Государственный Университет Путей Сообщения им. Александра I

АБАКАРОВ А.Д., доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Архитектура» ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

СМИРНОВА Л.Н., кандидат технических наук, ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство»

СОРОКИНА Г.В., кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций», ФГБОУ ВО Петербургский Государственный Университет Путей Сообщения им. Александра I

ЗАЙНУЛАБИДОВА Х.Б., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

ПРОКОПОВИЧ С.В., аспирант кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций», ФГБОУ ВО Петербургский Государственный Университет Путей Сообщения им. Александра I; инженер III категории, ООО «УК «Современные Мостовые Технологии»

Ключевые слова: автокорреляционная функция, акселерограмма, интенсивность по Ариасу, модель воздействия, сейсмограмма, сейсмоизоляция, случайный импульс, спектр ускорений, спектральная плотность, статистическое моделирование.

Основная проблема статистического моделирования сейсмических колебаний – корректное задание исходных акселерограмм. Анализ известных моделей сейсмического воздействия показал ошибочность их использования для анализа сейсмоизолированных систем. Данные статистические модели позволяют получить только достоверные ускорения или только достоверные смещения. Однако и усложненные модельные воздействия не вполне соответствуют реальным землетрясениям. Энергетические характеристики вовсе не рассматривались в задачах статистического моделирования акселерограмм. Рассмотрена новая модель сейсмического воздействия, включающая в себя случайный импульс. В систему добавлено три параметра: магнитуда M_w , эпицентральное расстояние R и момент включения импульса. Варьирование этих параметров в заданных пределах позволяет регулировать дополнительные характеристики воздействия. Приведен пример предлагаемого процесса.

Развитие вычислительной техники делает все более доступным статистическое моделирование сейсмических колебаний строительных конструкций. Основная проблема при этом – корректное задание входного процесса, т.е. задание исходных акселерограмм. Одним из направлений статистического моделирования воздействия, предложенного академиком В.В. Болотиным, является представление расчетной акселерограммы в виде произведения детерминистской огиба-

ющей на стационарный случайный процесс. Смоделированные таким образом сейсмические воздействия имеют существенный недостаток, исключающий возможность их применения к расчету систем сейсмоизоляции. Данные статистические модели позволяют получить только достоверные ускорения или только достоверные смещения.

Однако и усложненные модельные воздействия не вполне соответствуют реальным землетрясениям. Существующие методы генерации, обеспечивая частично кинематические и спектральные характеристики воздействия, не рассматривают другие параметры, которые получаются случайными. Энергетические характеристики ранее не рассматривались в задачах статистического моделирования акселерограмм. В качестве примера рассмотрено два воздействия. Первая расчётная модель представлена в виде множества нестационарных гауссовских мультипликативных процессов. Вторая модель сейсмического воздействия имеет две преобладающие частоты. Первый максимум на графике спектральной плотности соответствует преобладающему периоду на сейсмограмме, второй максимум – на акселерограмме. Таким образом, второе воздействие позволяет одновременно получить фактические средние значения ускорения и смещения. Оба воздействия приведены к одному значению PGA. Результаты сравнений показали, что существующие модели воздействий очень грубо моделируют реальные землетрясения. Можно сказать, что большинство известных моделей пригодно для силового расчета достаточно жестких систем, в частности, сооружений массового строительства. Модель с двумя преобладающими частотами ориентирована на линейный расчет сейсмоизолированных сооружений. Чтобы учесть дополнительные свойства реальных воздействий необходимо увеличение числа параметров, определяющих модельное воздействие. Достаточно просто и физично дополнить модель воздействия импульсом скорости. Таким образом, дополняя случайное воздействие случайным импульсом, мы добавляем в систему три параметра: магнитуду M_w , эпицентральный расстояние R и момент включения импульса. Варьирование этих параметров в заданных пределах позволяет регулировать дополнительные характеристики воздействия.

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКАЯ СЛУЖБА, ВИБРОДИАГНОСТИКА, МОНИТОРИНГ

СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕРРИТОРИЮ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ЕМАНОВ А.Ф., Алтае-Саянский филиал Федерального Исследовательского Центра «Единая Геофизическая служба» РАН, Россия, Новосибирск
ЕМАНОВ А.А., Алтае-Саянский филиал Федерального Исследовательского Центра «Единая Геофизическая служба» РАН, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Россия, Новосибирск

Ключевые слова: Западная Сибирь, сейсмологический мониторинг, оценка сейсмического воздействия, промышленные взрывы, наведенная сейсмичность

Сеть из 57 сейсмологических станций в Западной Сибири, оснащённая как велосиметрами, так и акселерометрами, стала основой для изучения не только природной сейсмичности территории, но и позволяет контролировать техногенную сейсмичность и сейсмическое воздействие промышленных взрывов на территорию, и уровень шумов природного и техногенного происхождения. На основе использования данных регистрации промышленных взрывов сетью сейсмологических станций и информации о параметрах взрывов, получаемых от горных предприятий, создана система, позволяющая контролировать эффективность короткозамедленного взрывания в снижении сейсмического воздействия на недра. Экспериментально показано, что нередко взрывы с меньшим общим зарядом взрываются с большим сейсмическим эффектом, чем взрывы с самыми большими зарядами. Вскрыты причины такого результата и создана система, контролирующая ошибки при ведении взрывных работ на разрезах. Сейсмологические данные позволяют контролировать техногенное воздействие от взрывов на города и посёлки и дают информацию для его уменьшения за счёт исправления ошибок в схемах короткозамедленного взрывания. Доказано, что разрезы с наиболее сильными по магнитуде промышленными взрывами не являются разрезами с наиболее сильной наведённой сейсмичностью. Предлагается совместная система мониторинга геосреды и зданий.

Сейсмологическая сеть регистрирует в Западной Сибири около четырёх тысяч землетрясений в год и около десяти тысяч промышленных взрывов. Вопрос о сейсмологическом контроле за сейсмическим воздействием на недра рассматривался неоднократно. Промышленным взрывам характерны магнитуды $1 \div 4$. Сейсмические воздействия от промышленных взрывов оказывают воздействие на состояние недр и на здания в городах и посёлках. Наиболее сильные промышленные взрывы производятся около г. Абакан, а наибольшее число промышленных взрывов в Кузбассе (90%). Добыча полезных ископаемых в регионе ведётся в больших масштабах (уголь, железная руда, полиметаллы, нефть и газ и др.) Как ответ воздействия на недра около открытых и подземных горных выработок формируется наведённая сейсмичность. Около угольных шахт активизируется среда от положения забоя до глубины $1 \div 1.5$ км. Активизация смещается вместе с продвижением забоя. В районе открытых горных выработок активизируются недра под разрезом и в районе отвалов. Глубина землетрясений от первых сотен метров до 4–5 км. Техногенные землетрясения имеют магнитуды до 2-х и представляют опасность для зданий на подработанных территориях.

Техногенные землетрясения около открытых горных выработок часто достигают магнитуды 4 с рекордным случаем 6.1 (Бачатское техногенное землетрясение). Такие события приводят к разрушениям в ближайших населённых пунктах и ощутимы на территории всего Кузбасса и соседних областей. Сейсмологическая сеть позволяет контролировать все промышленные взрывы в регионе. Наибольшее количество промышленных взрывов в Кузбассе в угольных предприятиях, наиболее сильные по сейсмическому эффекту взрывы в Хакасии на угольных предприятиях, около г.Новосибирск фиксируются взрывы с магнитудами преимущественно два и связаны они с угольным разрезам и карьерам по добыче негорючих полезных ископаемых. Район г. Рубцовск также отмечается промышленными взрывами в районе добычи полиметаллических руд. В Республике Тува промышленные взрывы проводятся на угольных месторождениях Шагонара и Усть-Элегеста (около г.Кызыл), а также на месторождениях добывающих полиметаллы (Тоджинский район). В районе г. Красноярск также отмечаются взрывы с большими магнитудами. Особый интерес вызывает возникшая в последнее десятилетие наведённая сейсмичность в Горловском месторождении угля в 30 км от г. Новосибирск. Колыванское техногенное землетрясение с $M=4.3$ является крупнейшим в Новосибирской области землетрясением с начала 20 века и сейсмический режим очага существенно отличается от сейсмического режима активизаций в Кузбассе. Экспериментально показано, что нередко взрывы с меньшим общим зарядом взрываются с большим сейсмическим эффектом, чем взрывы с самыми большими зарядами. Создана система, контролирующая ошибки при ведении взрывных работ на разрезах. Сейсмологические данные позволяют контролировать техногенное воздействие от взрывов на города и посёлки и дают информацию для его уменьшения за счёт исправления ошибок в схемах короткозамедленного взрывания. Доказано, что разрезы с наиболее сильными по магнитуде промышленными взрывами не являются разрезами с наиболее сильной наведённой сейсмичностью. В формировании наведённой сейсмичности значимую роль играет изменение рельефа местности при добыче полезных ископаемых и перемещение масс грунтов. На некоторых зданиях стоят акселерометры позволяющие делать заключение о сейсмическом воздействии взрывов и землетрясений на них. Полученные результаты говорят о перспективности развития совместной системы мониторинга геосреды и зданий.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ – РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ, РЕЗУЛЬТАТЫ

РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМОВ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МЕТОДА СТОЯЧИХ ВОЛН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ЕМАНОВ А.Ф., Алтае-Саянский филиал Федерального Исследовательского Центра «Единая Геофизическая служба» РАН, Россия, Новосибирск
БАХ А.А., Алтае-Саянский филиал Федерального Исследовательского Центра «Единая Геофизическая служба» РАН, Россия, Новосибирск

Ключевые слова: Экспериментальное обоснование новых зданий, сейсмическое воздействие на здания, когерентность

По материалам исследований методом стоячих волн сложных инженерных объектов получены результаты, демонстрирующие значительные отклонения экспериментальных данных о моделях зданий от моделей зданий, принятых в основу расчёта сейсмостойкости и устойчивости конструкций. Установлены объективные причины существующих отличий. Во-первых, это существование отражающих границ внутри здания, когда стоячие волны формируют общее поле для здания в целом и локальное поле для части объекта. Во-вторых, блочное строение объекта, когда некоторые блоки, то независимо колеблются, то объединяются в одну систему. В-третьих, существование стен с двойными отражающими свойствами, что меняет поле стоячих волн. В-четвёртых, сложная геометрия объекта формирует поля стоячих волн, не описываемые двумя волновыми числами. В работе представлена алгоритмическая схема интерпретации стоячих волн в объектах сложных конструкций. Экспериментальные данные показывают, что в теории зданий необходимо переходить к моделям вложенных резонаторов и к моделям связанных резонаторов, а верификацию моделей возложить на метод стоячих волн.

Самыми простыми примерами сложных по полю стоячих волн объектов являются здания, внутри которых существует отражающая граница. В данном случае формируется поле стоячих волн внутри другого поля. Такой результат получен для здания, над которым существует технический этаж и чердак. Основное поле стоячих волн (ряд мод) формируется для здания в целом и верх здания свободно колеблется. В этом случае в каждой моде верх является полупериодом с максимумом колебаний на крыше. При этом узловые линии для каждой стоячей волны смещены вверх. Для вложенного поля стоячих волн верхняя граница представлена последним жилым этажом. Эта граница зажата и на ней нулевые колебания. Узловые линии для этих волн опущены к низу. Наличие границы приводит к существованию стоячих волн одной и той же кратности, но соответствующих разным объёмам зданий.

Распространённым усложнением конструкций здания является сейсмоизоляция или свайные фундаменты. Мы сталкиваемся с примерами, когда фиксируется поле стоячих волн для всего здания в целом и поле стоячих волн части здания выше сейсмоизоляции. Другим примером сложного объекта являются здания со сложным строением стен. Для одного из служебных зданий технического университета в Томске фиксируются две моды одного порядка (3,1). Одна стоячая волна в здании с той особенностью, что свободные колебания испытывает не только верх здания, но и левая вертикальная стена здания. Низ и правая стена

зажаты. Зафиксирована другая стоячая волна в этом же здании с той же кратностью, но картина иная. В данном случае свободные колебания у верха здания и правой стены, а левая стена и низ зажаты. Представленные данные говорят, что сложно построенные стены могут вести себя двояко. Отражать внешней гранью колебания и внутренней. В этом случае, вероятно, внешние отражения имеют свободу колебаний, а внутренние ведут себя как зажатые. В результате мы имеем резонансы в здании, которые не описываются теоретическими расчётами.

Ещё одним вариантом сложных объектов являются геометрически сложные конструкции и блочные конструкции. К таким конструкциям относятся плотины ГЭС. Строение в виде трапеции, когда верх шире, чем низ создают уникальные условия для формирования полей собственных колебаний. На Богучанской ГЭС блочное строение привело к тому, что ярко выраженная первая мода существует только в одном блоке, а с повышением кратности в единое колебание захватывается всё больше блоков. Плотина СаяноШушенской ГЭС по основным модам ведёт себя как струна по верху здания, но при этом по ряду мод имеем картину изменения кратности по горизонтали с высотой платины. Для описания такого эффекта не достаточно двух волновых чисел (кратность по вертикали, кратность по горизонтали), приходится вводить кратность для разных уровней плотины. Полная интерпретация полей стоячих волн выполняется по следующей схеме:

- Выделение собственных частот и построение карт амплитуд стоячих волн, карт фаз, карт когерентности для каждой собственной частоты.
- Определение объёмов, в которых существуют группы стоячих волн. Фактически нахождение в объекте отражающих границ или выявление блочного строения.
- Обнаружение эффектов, связанных с изменениями кратности, вызванными сложной геометрией объекта.
- Раздельная интерпретация по каждой стоячей волне с определением граничных условий по области её существования.
- Интерпретация по каждой из стоячих волн на основе обратного решения волнового уравнения.

РОССИЙСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И СЕЙСМИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

КУЛЬБАЕВ Б.Б., АО «КазНИИСА», Казахстан, Алматы

ШОКБАРОВ Е.М., АО «КазНИИСА», Казахстан, Алматы

ИЦКОВ И.Е., АО «КазНИИСА», Казахстан, Алматы

Ключевые слова: Сейсмостойкое строительство, высотные здания, сборное и крупнопанельное домостроение, нормы, испытания.

Районы Республики Казахстан, подверженные землетрясениям интенсивностью 6 и более баллов, занимают около 20 % от общей площади территории страны. В настоящее время в сейсмических районах Казахстана проживает примерно 42% общей численности населения (около 7 миллионов человек). В том числе в районах сейсмичностью 9 баллов проживает более 2,0 млн. человек (из них в г. Алматы – 1,85 млн.), 8 баллов – 1,1 млн., 7 баллов – 2,0 млн. и 6 баллов – 1,2 млн. За последние 130 лет на территории Казахстана произошло довольно много сильных землетрясений: Верненское (9 июня 1887 г., М=7,3), Чиликское (12 июля 1889 г., М=8,3), Кеминское (4 января 1911 г., М=8,2), Джамбульское (10 мая 1971 г., М=5,7), Жаланащ-Тюпское (25 марта 1978 г., М=7,1), Зайсанское (14 июня 1990 г., М=6,9), Байсорунское (12 ноября 1990 г., М=6,5), Шалгинское (22 августа 2001 г., М=5,4), Луговское (23 мая 2003 г., М=5,3), Шалкарское (26.04.2008 г., М=5,0), Текелийское (13 июня 2009 г., М=5,1) и ряд других. Большинство из перечисленных землетрясений сопровождалось большим материальным ущербом и требовало значительных затрат на ликвидацию их последствий.

Несмотря на то, что землетрясения по своим неблагоприятным экономическим, социальным и экологическим последствиям занимают ведущее место среди природных катастроф, численность населения в сейсмически опасных районах Казахстана постоянно увеличивается. Только с 1999 года население г. Алматы увеличилось в 1,6, Талдыкоргана – в 1,3, Шымкента – более чем в 2 раза, Тараза – в 1,2 раза. Постоянный прирост населения в сейсмических районах Казахстана можно объяснить сосредоточением в них крупных культурных и производственных центров, а также благоприятными для проживания природно-климатическими условиями.

Защита населения Казахстана, проживающего в сейсмически опасных районах, относится к одной из приоритетных задач государства. В соответствии с Законом Республики Казахстан «О Гражданской обороне» (от 07.05.1997 N 100-І) в целях защиты населения, территорий и объектов хозяйствования от возможных землетрясений, наряду с другими мероприятиями, заблаговременно должны осуществляться: – научное прогнозирование землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмическое микрорайонирование территории Республики; – разработка строительных норм и правил с учетом сейсмической опасности.

Современная наука не может дать надежный прогноз силы, места и времени землетрясений, но это не означает, что на последствия сейсмических событий

нельзя влиять. Мероприятия, обеспечивающие минимизацию последствий сильных землетрясений, в наиболее сконцентрированном виде содержатся в нормах по проектированию и строительству зданий и сооружений в сейсмических районах.

Однако задачи, возникающие при составлении нормативных документов по антисейсмическому проектированию, в настоящее время существенно осложнились. В определенной степени это связано с тем, что в Республике Казахстан практически полностью исчезло понятие «традиционные здания массовой застройки». В районах, подверженных сильным землетрясениям, все чаще стали возводиться высотные здания, большепролетные торговые, зрелищные и культовые сооружения, а также объекты со сложной конфигурацией в плане и по высоте. Интенсивно ведется застройка участков неблагоприятных в сейсмическом отношении, но выгодных для финансовых инвестиций.

О масштабах строительства многоэтажных и высотных зданий в сейсмических районах Казахстана можно судить по следующим данным. В городе Алматы, расположенном в районе сейсмичностью 9 баллов, за последние 15-17 лет было возведено не менее 200 зданий высотой более 12 этажей. Около 40% из указанного количества зданий имеет высоту 20 этажей и более, а самое высокое здание «Esentai Tower» – 38 этажей (168 м). К уникальным и технически сложным объектам безусловно могут быть отнесены также некоторые большепролетные спортивно-зрелищные сооружения. Например, две «Ледовые арены», возведенные на площадках сейсмичностью 10 баллов. Размеры одной из них, рассчитанной на 12000 тысяч зрителей, составляют 133х113,5 метров в плане и 35 метров по высоте.

Опыт проектирования и строительства этих и многих других объектов показал, что их архитектурные и конструктивные решения, вполне согласующиеся с современными организационными и технологическими возможностями строительных организаций, зачастую, проблематично «подогнать» под некоторые нормативные требования, разработанные десятилетия назад и базирующиеся на принципе минимизации материальных затрат или на устаревших подходах к расчету конструкций.

Особо следует отметить, что в рамках Государственной программы по развитию строительной индустрии и производства строительных материалов в Республике Казахстан создаются комбинаты индустриального строительства, позволяющие изготавливать железобетонные элементы каркасных жилых домов в заводских условиях. Ведется подготовка к возобновлению строительства крупнопанельных и объемноблочных жилых зданий.

Учет современной практики проектирования и строительства в сейсмических районах и результаты исследований, выполненных за последние годы в АО «КазНИИСА», позволили модифицировать конструктивные решения некоторых ранее применявшихся полносборных каркасных конструктивных систем, обеспечив их антисейсмическую надежность при меньших материальных и временных затратах.

В период с 2005 по 2019 годы специалистами АО «КазНИИСА» были проведены вибродинамические испытания более 10 натурных зданий и около 50 различных типов перегородок, навесных панелей, фрагментов фасадных систем и стеклянных ограждений. В 2018 году проведены вибродинамические испытания крупнопанельного 9-ти этажного жилого дома в г. Ташкент.

С 2015 года в Республике Казахстан начали действовать новые нормативные документы в строительной отрасли, в том числе гармонизированные с Еврокодами и основанные на применении вероятностных карт общего сейсмического зонирования территории Республики Казахстан.

Новые нормативные документы СП РК EN, регламентирующие правила строительства в сейсмических зонах, не являются 100-процентными аналогами Еврокода 8. В соответствии с международной практикой в дополнение к СП РК EN 1998–1 были разработаны нормативно-технические пособия (НТП), развивающие и дополняющие положения этого документа. При составлении НТП были учтены накопленные за предыдущие десятилетия экспериментальные данные, а также результаты анализа последствий землетрясений и положений современных норм передовых зарубежных стран. В настоящее время эти НТП проходят практическую апробацию при проектировании реальных объектов и по ее результатам, в случае необходимости, корректируются.

С 2017 года в Республике Казахстан вступил в действие свод правил СП РК 2.03–30–2017 «Строительство в сейсмических зонах», являющийся актуализированной редакцией СНиП РК 2.03–30–2006 «Строительство в сейсмических районах». В этом документе все положения, связанные с определениями сейсмических воздействий и нагрузок на здания и сооружения, являются идентичными принятым в НТП.

«Концепцией по реформированию нормативной базы в строительной сфере Республики Казахстан» предусмотрено, что нормативные документы СП РК EN 1998–1 и СП РК 2.03–30–2017, в определенный период времени, необходимый для адаптации проектировщиков (названный «периодом сосуществования»), будут действовать параллельно.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА И НАДЗОР В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

О СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

АПТИКАЕВ Ф.Ф., ФГБУН Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН, РФ, Москва

ЭРТЕЛЕВА О.О., ФГБУН Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН, РФ, Москва

Ключевые слова: Сейсмические воздействия, ускорение, скорость колебаний, мощность колебаний, продолжительность колебаний

Основы действующих строительных норм создавались во времена, когда записей сильных движений грунта при землетрясениях было крайне мало. Поэтому приходилось использовать различного рода допущения и предположения. В настоящее время в мире насчитываются тысячи записей сильных движений, позволяющие резко повысить точность оценок ожидаемых параметров сейсмического движения грунта. В чем недостатки прежних СНиП и СП? При задании сейсмических воздействий не учитывались ни магнитуда землетрясения, ни тип подвижки по разлому, ни расстояние. Из всех характеристик сейсмического движения грунта учитывался только уровень ускорения грунта. Расчеты сейсмических воздействий часто производятся на основании двумерной модели очага и идеальной модели среды. В свое время переход от точечной модели очага к двумерной был крупным шагом вперед. Сейчас двумерная модель плохо согласуется с накопленными эмпирическими данными. С чего должна начаться разработка новых строительных правил? Прежде всего, необходимо навести порядок в терминологии. Многие расчетные программы используют оценки воздействий, взятых из шкалы MSK-64 и прежних СНиП. При этом вследствие ошибок терминологии осуществляется подмен понятий. Например, для интенсивностей в 7, 8 и 9 баллов ставятся в соответствие ускорения 0,1g, 0,2g и 0,4g соответственно. Предполагается, что этим оценкам соответствуют пиковые ускорения. На самом деле этим значениям соответствуют ускорения в полосе пропускания частот от 2 до 5 Гц. В результате фильтрации амплитуды занижаются примерно в полтора раза [Медведев, 1998]. В США фильтрованные ускорения называют эффективными ускорениями. У нас определение таких фильтрованных ускорений отсутствует. Это не мешает использованию фильтрованных значений для проектирования многоэтажных зданий, заводских труб, длиннопролетных мостов и других сооружений с иными частотами собственных колебаний. Но и этого мало. В действующих СП этим ускорениям ставится в соответствии значения коэффициента $\beta = 2,5$, которые не являются коэффициентами динамического усиления! Статистические оценки этой величины на тысячах реальных акселерограммах и получены средние оценки $\beta = 3,6 \pm 20\%$. Но и это еще не все. Максимальные значения β даются в полосе 1,25-10 Гц, а амплитуды даются в полосе 2- 5 Гц [СП 14.13330]. Удивительная несогласованность! Далее, удвоение амплитуды на балл было получено из предположения, что наблюдаемым ускорениям 1-1000 см/с² примерно соответствует диапазон интенсивности 2-12 баллов. Однако накопленный материал по сильным движениям показал, что после 9 баллов ускорения перестают расти [Bommer, Martinez, 2000]. В этой работе показано, что при 9 и 11 баллах ускорения совершенно одинаковы. Постоянство ускорений вблизи разрыва независимо от магнитуды подтверждается в работах [Hanks and Johnson, 1976; Bureau, 1981; Campbell, 1981; Yamada, Olsern, Heaton, 2007]. Следовательно, интервалу ускорений 1 – 1000 см/с² соответствует интервал интенсивности 2-9 баллов, т.е. изменению ускорений в 2,5 раза на балл, что подтверждается и прямыми оценками этого соотношения [Аптикаев, 2012]. В ближней зоне амплитуда ускорений на рыхлых грунтах даже несколько меньше, чем на скальных грунтах. А интенсивность на

рыхлых грунтах все же выше. Это явление объясняется тем, что на сейсмическую интенсивность большое влияние оказывает не только амплитуда колебаний, но и их продолжительность. Использование амплитуды ускорения дает погрешность оценки баллов 50%, совместный учет амплитуды и продолжительности колебаний снижает погрешность до 25%. Одной из причин того, что длительность до сих пор не учитывается в расчетах, является терминологическая ошибка. В ГОСТ продолжительность определяется как интервал времени между первым вступлением и моментом спадания сейсмических колебаний до уровня превышения микросейсм на 10%. Термин явно взят из сейсморазведки. Действительно, в указанном интервале времени можно найти информацию о строении среды. К сейсмостойкому строительству такое определение продолжительности никакого отношения не имеет. Точная формулировка продолжительности звучит так: длительность есть интервал времени, в течение которого уровень огибающей превышает $1/2$ максимального. Заметим, что для динамического метода расчетов используются синтетические акселерограммы. Для построения таких акселерограмм необходимо знание огибающей колебаний. Уже более 30 лет назад была найдена средняя форма огибающей. Параметром такой огибающей является продолжительность колебаний. Среднеквадратичное отклонение средней огибающей от реальных на любом уровне составляет 25%. Заметим, что в нормативе РБ-006-98 приводится огибающая, соответствующая официальному определению продолжительности. В реальности такой огибающей соответствует только несколько процентов выборки. Для расчета подземных сооружений следует использовать скорости колебаний, по примеру Японии. При необходимости строительства в 10- балльных зонах, также лучше пользоваться заданием скоростей. Эмпирически показано пока наилучшей характеристикой повреждаемости зданий является мощность сейсмической волны. Погрешность при этом снижается до 20%. Надо думать, что энергия волны есть наилучшая характеристика воздействия, но этот параметр пока изучен недостаточно хорошо для включения его в нормативные документы.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ – РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ, РЕЗУЛЬТАТЫ

КОЛЕБАНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ, ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ПРИ ЗАБИВКЕ СВАЙ НА ПЛОЩАДКЕ, В УСЛОВИЯХ ТОЧЕЧНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

ЗААЛИШВИЛИ В.Б., Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук, Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л.Хетагурова, Россия, Владикавказ

ГОГМАЧАДЗЕ С.А., Грузино-американский университет, Грузия, Тбилиси

Ключевые слова: забивка свай, грунты, сейсмические колебания, спектральный состав, поглощение, site effect, воздействие на застройку

В условиях точечной застройки забивка свай оказывает значительное влияние на близлежащие здания, которое должно учитываться при проведении работ. В статье впервые представлены инструментальные материалы, полученные в девяностые годы. Грунтовые условия представлены мягкопластичными глинами, мощность которых варьировалась от 4,5 м до 13,0 м. Рассмотрены особенности колебаний при забивке свай в предварительно пробуренную скважину меньшего диаметра – осесимметричный источник. Частота вертикальных колебаний составила $f=18-20$ Гц, а горизонтальных – $f=13-15$ Гц. Амплитуда вертикальных колебаний в ближней зоне составила 0,11–0,413 мм и в непосредственной близости к существующему зданию 0,0024–0,0061 мм. Кроме решения прямой задачи оценки параметров воздействия на существующие объекты, также рассмотрено экранирование колебаний. Выполнены расчеты воздействий с учетом экрана и без него.

КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ЭФФЕКТИВНЫЙ АРМАТУРНЫЙ ПРОКАТ С ЧЕТЫРЁХРЯДНЫМ ВИНТОВЫМ ПРОФИЛЕМ ДЛЯ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (ПРОИЗВОДСТВО, ИССЛЕДОВАНИЕ, ПРИМЕНЕНИЕ)

ТИХОНОВ И.Н., НИИЖБ, Россия, Москва

ГАЛИШНИКОВА В.В., РУДН, Россия, Москва

ОКОЛЬНИКОВА Г.Э., РУДН, Россия, Москва

ТИХОНОВ Г.И., НИИЖБ, Россия, Москва

КУЗЬМЕНКО Н.В., ООО «Металлопрокатный завод», Россия, Москва

В НИИЖБ им. А.А. Гвоздева при участии департамента строительства Инженерной Академии РУДН выполняются исследования новой четырёхрядной винтовой арматуры классов Ав500П и Ав600П, имеющей улучшенное сцепление с бетоном и свойства винтовой арматуры по безсварной стыковке муфтами и анкеровке гайками.

Полученные результаты исследований позволили рекомендовать широкомасштабное внедрение новой арматуры в сейсмостойкое строительство и включить эту инновационную разработку в Базу НДТ Госкорпорации «Росатом».

В течение последних лет в ОАО «НИЦ «Строительство» ведутся широкомасштабные работы по созданию эффективных видов арматурного проката для производства железобетона.

Разработанная в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева арматура с четырёхсторонним расположением поперечных рёбер класса А500СП нашла широкое применение в обычном и сейсмостойком строительстве. Производство этой арматуры на ОАО «Евраз ЗСМК» достигло 4,0 млн. тонн.

В последние годы разработан новый вид арматурного проката с четырёхрядным винтовым профилем, в котором сохранены эффективность сцепления с бетоном в эксплуатационной и запредельной стадии деформирования (после достижения $\sigma_{(m(02))}$ арматуры класса А500СП, а также обеспечены свойства винтовой арматуры, стыкуемой муфтами и анкеруемой гайками. Такой универсальный арматурный прокат может быть изготовлен на типовом двухвалковом прокатном оборудовании и из нормируемых для обычной арматуры марок стали, в результате чего его себестоимость увеличивается незначительно.

Были произведены опытные прокатки новой арматуры класса Ав500П и Ав600П на Тульском металлопрокатном заводе и на ОАО «Евраз ЗСМК». В НИИЖБ им. А.А. Гвоздева при участии департамента строительства Инженерной академии РУДН выполнены исследования прокатанной арматуры. Установлена

высокая прочность сцепления с бетоном арматуры класса Ав500П и Ав600П как в эксплуатационной, так и запредельной стадии деформирования арматуры. Так, при длине анкеровки $5d$ (8см) прочность сцепления арматуры диаметром 16мм в бетоне с $R_b \approx 300$ Н/мм² достигла $(0,9 \div 1,0) \sigma_{0,2}$. При увеличении длины анкеровки достигается разрыв арматуры или же её глубокое пластическое деформирование без разрушения сцепления с бетоном.

При испытаниях на выносливость (до 2,0 млн. циклов нагружения) были достигнуты без разрушения $\sigma_{\max} = 400$ Н/мм² при $\sigma_{\min} = 200$ Н/мм² ($\rho = 0,5$), которые на 33,3% выше нормируемых величин для классов арматуры А500 и А600 $\sigma_{\max} = 300$ Н/мм² и $\sigma_{\min} = 150$ Н/мм².

Исследования муфтовых соединений новой винтовой арматуры показали их высокую прочность и низкую деформативность.

Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать новую арматуру как для обычного, так и атомноэнергетического, гидротехнического и транспортного строительства в сейсмических районах.

Разработки по теме «Винтовая арматура с эффективным периодическим профилем класса Ав500П» включена в «Реестр инновационных решений, технологий, продукции, изделий, материалов, высокотехнологичных услуг в сфере капитального строительства объектов использования атомной энергии» (Базу НДТ) Госкорпорации «Росатом». В 2019 году планируется выполнение работ по обоснованию применимости новой арматуры на объектах использования атомной энергии.

4 НАПРАВЛЕНИЕ

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ МАЛОИНТЕНСИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

ТОНКИХ Г.П., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Россия, Москва

Ключевые слова: малоинтенсивные нагрузки, период собственных колебаний, оценка технического состояния

В соответствии с требованиями ГОСТ 31937 [1] при детальном обследовании зданий и сооружений, выполненных, в том числе, в каркасном исполнении, а также при мониторинге их технического состояния предлагается определять динамические параметры, в состав которых входят периоды основного тона собственных колебаний вдоль продольной и поперечной осей, а также вдоль вертикальной оси. В соответствии с приведенными требованиями предлагается проводить сравнение текущих динамических параметров с предыдущими, определенными по результатам ранее проведенных обследований. При этом, если показатели определяемых параметров будут отличаться более чем на 10%, то данный факт должен служить основанием для более детального обследования данного участка здания или отдельной конструкции.

В большинстве случаев динамические параметры определяют при воздействии на конструкции зданий и сооружений малоинтенсивной динамической нагрузкой в виде ударов мешка с песком весом 30–40 кг, в различных частях зданий, как по длине, так и по высоте. При этом, ускорения и амплитудно-частотные характеристики замеряют с помощью одно, двух и трех компонентных акселерометров, установленных в определенных местах по длине и высоте зданий и сооружений.

Динамические характеристики, частоты и периоды основного тона собственных колебаний зданий «гибких конструктивных схем» при малоинтенсивных воздействиях отличаются от тех, которые проявляются в этих зданиях при воздействии расчетных землетрясений. Причиной этого является существенное влияние несущих конструкций, перегородок и навесных стеновых панелей, которые при малоинтенсивных воздействиях включаются в совместную работу с каркасом. Совместность малоамплитудных колебаний несущего каркаса и несущих конструкций происходит из-за наличия между ними связей: стыки между перегородками и колоннами при отделке заполняются цементно-песчаным раствором; навесные стеновые панели устанавливаются на опорные столы колонн и т.п. При малоинтенсивных воздействиях, в отличие от колебаний при землетрясениях расчетного уровня, данные связи не выключаются, что приводит к получению завышенных частотных характеристик зданий [2,3,4] и получению на их основе завышенных показателей сейсмостойкости каркасных зданий в соответствии с СП 14.13330.2014 [5].

Для оценки влияния несущих конструкций на динамические параметры каркасных зданий и сооружений при малоинтенсивных воздействиях были про-

ведены испытания натурных зданий и моделей, с учетом соблюдения основных принципов подобия:

1. Физические явления в натуре и модели должны описываться одинаковыми уравнениями (уравнениями связи) и иметь одинаковые критерии подобия;
2. Критериальные уравнения должны быть численно равны у подобных явлений;
3. У натуре и модели должно быть соблюдено равенство условий однозначности (граничных условий, начальных параметров, условий загрузки и т.п.).

Соблюдение принципов подобия при испытаниях на модели было достигнуто изготовлением геометрически подобной модели в определённом масштабе к натурному объекту, когда все размеры модели уменьшаются в определённое число раз по сравнению с соответствующими размерами натуре, а также подобным приложением воздействий [6,7].

В качестве натурального здания для аналога модели было выбрано каркасно-панельное 3-х этажное здание казармы, выполненное по серии 1.020.1–2С. Данная серия (усовершенствованная серия ИИС-04) предназначена для возведения зданий жилищного, социально-культурного и промышленного назначений, эксплуатирующихся в сейсмически опасных регионах с интенсивностью 7–9 баллов.

Несущими конструкциями здания являются колонны и ригели, образующие поперечные рамы с жесткими узлами (рамная конструктивная схема), а также диафрагмы жесткости (рамно-связевая конструктивная схема).

При масштабе моделирования 1:20 детально изготовить все конструкции и узлы их взаимного крепления у модели в абсолютном подобии натурному зданию невозможно. Кроме того, исследование влияния несущих конструкций на частотные характеристики модели каркасного здания не требует проверки на прочность и деформативность элементов каркаса, узлов их соединения, оценки работы конструкции за пределами упругой стадии.

На основании этого было принято, что для исследования изменения частотных характеристик каркасного здания при его заполнении несущими конструкциями достаточным условием станет достижение динамического подобия модели по частотному признаку, при условии выполнения их в полном геометрическом подобии с соблюдением принципиальных требований, предъявляемых к конструированию каркасных зданий.

Все элементы каркасного здания были смоделированы с соблюдением подобия по размерам, массе и жесткости. При этом учитывался собственный вес конструкций, а также вес полезной распределённой нагрузки на перекрытия.

На основании проведенных расчетов, в соответствии с принятыми принципами подобия, установлено, что для определения частоты собственных колебаний элементов натурального здания необходимо будет частоты собственных колебаний модели – ν умножать на коэффициент подобия, равный 0,1146.

Проведенные испытания показали, что периоды собственных колебаний первой формы модели казармы из оргстекла составили – 0,04 сек в продольном направлении и 0,055 сек в поперечном направлении. При пересчете к периодам натурального здания, с применением коэффициента 8,726 ($T=1/\nu$), данные значения составили в продольном направлении – 0,35 сек и в поперечном направлении – 0,48 сек.

В результате динамических испытаний натурального здания этой же серии [3,4] было установлено, что период собственных колебаний первой формы составляет: в продольном направлении – 0,33 сек и в поперечном направлении – 0,45 сек.

Сравнительный анализ представленных результатов показывает, что их различие составляет 6–6,6 %. Данное отклонение полученных значений может быть признано незначительным и свидетельствовать о том, что подобие модели и натурального здания обеспечивается и перенос результатов, полученных на модели к натуре, возможен.

При проведении исследований было установлено, что с размещением несущих конструкций и увеличением их числа частота колебаний повышалась. При этом, характер расположения несущих конструкций оказывал влияние на характер повышения частоты собственных колебаний. Например, перегородки,

размещенные во всех пролетах на первом этаже, повысили частоту колебаний модели в продольном направлении на 44 % (с 9,1 Гц до 13,1 Гц). Перегородки, размещенные на 3 этаже, повысили частоту на 40 % (с 9,1 Гц до 12,7 Гц), и т.д.

На основании выполненных исследований и полученных зависимостей изменения частоты собственных колебаний модели каркасного здания предлагается при проведении натурных испытаний каркасных зданий воздействиями малой интенсивности, для оценки влияния несущих конструкций, использовать коэффициент влияния K_b [2].

Значения коэффициента K_b выбираются в зависимости от фактического заполнения несущими конструкциями здания в плане, на этажах и наличия навесных стеновых панелей. Значение фактического периода собственных колебаний здания по первой форме рекомендуется определять в соответствии с выражением: $T_\phi = T_s K_b$

где T_ϕ – фактический период собственных колебаний; T_s – период собственных колебаний, определенный экспериментально; K_b – коэффициент влияния несущих конструкций.

Значения коэффициента влияния несущих конструкций K_b в зависимости от различного заполнения этажей приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Заполнение каркаса здания несущими конструкциями	Значения коэффициента K_b	
		Рамная конструктивная схема с самонесущими стенами	Рамно-связевая конструктивная схема с самонесущими стенами
1.	1 этаж	1,4/1,1	1,0/1,1
2.	1 и 2 этажи	2,0/1,2	1,4/1,2
3.	1, 2 и 3 этажи	2,4/1,2	1,5/1,2
4.	2 этаж	1,4/1,1	1,2/1,1
5.	3 этаж	1,4/1,1	1,2/1,1
6.	2 и 3 этажи	1,8/1,1	1,3/1,1
7.	1 и 3 этажи	1,7/1,1	1,4/1,2
8.	По 25 % на этажах	1,3/1,1	1,0/1,1
9.	По 50 % на этажах	1,7/1,2	1,2/1,2
10.	По 75 % на этажах	2,0/1,2	1,3/1,2
Примечание: В числителе указаны значения коэффициента K_b при расположении несущих конструкций в продольном направлении, в знаменателе - в поперечном направлении.			

Навесные стены приводят к более существенному влиянию на период собственных колебаний здания. Так значение коэффициента K_v , для зданий рамной конструктивной схемы, составляет при продольном расположении стен 2,75, а при поперечном 1,25 не зависимо от заполнения этажей ненесущими конструкциями. Для зданий рамно-связевой конструктивной схемы значение коэффициента K_v составляет соответственно 1,7 и 1,3.

Учитывая изложенное можно заключить, что использование экспериментально полученного периода собственных колебаний каркасного здания, для оценки его фактического технического состояния, в том числе сейсмостойкости и определенного с помощью малоинтенсивных воздействий, без учета влияния ненесущих конструкций, не представляется возможным.

В тоже время в ряде исследований [8,9] предлагается проводить сравнение нормативных периодов собственных колебаний зданий, полученных расчетным путем, с экспериментальными значениями периодов собственных колебаний, определенных при малоинтенсивных динамических испытаниях, то есть предлагается использование прямого измерения категории технического состояния здания и сооружения путем сравнения частот колебаний с расчетными или принятыми значениями нормативных частот. В случае увеличения фактического значения периода собственных колебаний или увеличения квадрата частоты собственных колебаний над нормативными значениями, на величину от 10 до 100%, предлагается делать вывод о степени повреждения зданий и сооружений различных конструктивных схем, от легкой степени до катастрофической. При этом, влияние ненесущих конструкций на амплитудно-частотные характеристики зданий полностью не учитываются, что приводит к получению не точных результатов, а следовательно и к не точной оценке фактического технического состояния здания.

На основании изложенного можно сделать следующие основные выводы.

1. При проведении динамических испытаний, с использованием малоинтенсивных нагрузок, необходимо учитывать влияние ненесущих конструкций на частотные характеристики каркасных зданий. В данной работе предложены значения коэффициента K_v , учитывающие количество и расположение в плане и на этажах перегородок и наличие навесных стеновых панелей для зданий рамной и рамно-связевой конструктивной схем.
2. Использование периодов собственных колебаний зданий и сооружений, определенных с применением малоинтенсивных динамических нагрузок, в соответствии с требованиями ГОСТ 31937–2011, возможно при интегральной оценке их технического состояния только путем сравнения с результатами ранее проведенных аналогичных испытаний. При этом, если полученные результаты отличаются более чем на 10%, то это должно послужить основанием для проведения более детального обследования и выявления причины такого отличия.
3. Использование фактического значения периода собственных колебаний зданий и сооружений, определенного с использованием малоинтенсивных воздействий, для оценки их несущей способности путем сравнения с расчетным значением периода собственных колебаний, без учета влияния ненесущих конструкций на частотные характеристики зданий, приведет к неправильной оценке напряженно-деформированного состояния несущих конструкций, а следовательно и к неточной оценке категории технического состояния здания и сооружения.

Список литературы

1. ГОСТ 31937–2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. Тонких Г.П., Кабанцев О.В., Дорофеев М.Л. «Пособие по учету влияния ненесущих конструкций на динамические характеристики общевоисковых каркасных зданий при оценке их сейсмостойкости». М.: 26 ЦНИИ МО РФ, 2004 г., 43 с.
3. Тонких Г.П., Кабанцев О.В., Дорофеев М.Л. Экспериментальные исследования влияния неконструктивных элементов на периоды собственных колебаний каркасных зданий. Журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», № 6, 2002 г. – С. 12–16.

4. Тонких Г.П. Влияние ненесущих конструкций на динамические параметры каркасных зданий и сооружений при малоинтенсивных динамических нагрузках. Журнал «Промышленное и гражданское строительство» 2016, №7, г., стр.58–63.
5. СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81*».
6. Алабушев П.М., Ельников и др. Подобие и моделирование в задачах и примерах. – Курск: Курский Государственный университет, 1997 г., 172 с.
7. Тарасов А.М. Определение критериев подобия и переходных соотношений при моделировании мостовых конструкций. // Труды ЦНИИС, 1974 г. – №80.
8. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений. ФЦНВТ «ВНИИ ГОЧС», Москва 2003 г.
9. Г.М. Нигметов, М.В. Сошенко, В.И. Шмырев Подход к оценке нагрузок на сооружение после взрыва бытового газа. Журнал «Технологии гражданской безопасности», том 15, 2018, №1(55), стр. 28–32.

ПРИМЕНЕНИЕ САПР, РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ)

ВАЛИДАЦИЯ НЕКЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА МОДАЛЬНОЙ СУПЕРПОЗИЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ГРУНТОВЫМ ОСНОВАНИЕМ

ТУРИЛОВ В.В., АО ИК «АСЭ», Россия, Нижний Новгород

УТКИН И.А., АО ИК «АСЭ», Россия, Нижний Новгород

Ключевые слова: Валидация неклассического метода модальной суперпозиции, взаимодействие зданий и сооружений с грунтовым основанием.

В работе осуществляется валидация неклассического метода модальной суперпозиции (НММС) [1] применительно к задачам взаимодействия зданий и сооружений с грунтовым основанием. На примере расчетов реакторного отделения АЭС при сейсмическом воздействии, выполненных различными методами, показана высокая точность и эффективность НММС.

Реализованный в программном средстве (ПС) NX NASTRAN неклассический метод модальной суперпозиции был представлен в статье [1]. Напомним, что существо неклассической формы метода модальной суперпозиции, в отличие от классической формы данного метода, состоит в том, что в пространстве обобщенных координат матрица демпфирования не предполагается диагональной. Вследствие этого система уравнений движения в обобщенных координатах не распадается на совокупность независимых уравнений, а решается методами прямого пошагового интегрирования подобно тому, как это делается для системы уравнений в физических координатах. Такой подход позволяет снять основное ограничение на применение метода модальной суперпозиции в классической форме – непревышение максимальной величиной модального демпфирования значения 20 % от критического демпфирования.

Это ограничение весьма существенно для задач о взаимодействии зданий и сооружений с грунтовым основанием, когда на формах, связанных (в основном) с колебаниями объекта на «грунтовых» пружинах, вследствие волнового демпфирования модальные затухания существенно превышают указанное пороговое значение. Кроме того, в неклассическом методе модальной суперпозиции корректно учитываются «грунтовые» демпферы, дающие существенный вклад во внедиагональные члены матрицы демпфирования в обобщенных координатах (в классической форме данного метода внедиагональные члены отбрасываются).

Сложность валидации рассматриваемого метода для реальных задач состоит в том, что решения таких задач в аналитическом виде получить невозможно, а при кроссверификации (сравнение с результатами, полученными с помощью других, уже аттестованных ПС) возникают существенные трудности в корректном преобразовании конечно-элементной модели (КЭ-модели) исследуемого объекта из одного ПС в другое ПС. Кроме того, отличия в способах описания демпфирования для различных ПС приводят к неоднозначности в трактовке сравниваемых результатов. В данной работе рассмотрен специальный

алгоритм построения матрицы демпфирования системы сооружение – грунтовое основание, основанный на переходе из пространства обобщенных координат в пространство физических координат. С использованием построенной таким образом матрицы демпфирования устраняются побочные эффекты, вносящие свой вклад в различие решений, получаемых с помощью метода прямого пошагового интегрирования (МППИ) и НММС.

На рисунке 1 представлен изометрический вид конечноэлементной модели реакторного отделения АЭС. Для демонстрации сложной внутренней структуры объекта четверть здания условно удалена.

На рисунке 2 приведены графики спектров ответа для относительного затухания вторичных осцилляторов 2 % на опорном кольце реактора (узел № 3460).

Надписи на этих рисунках означают следующее:

- WMODAL 50Гц – результаты получены с использованием НММС при удержании в решении всех собственных форм системы с частотами до 50 Гц (матрица модального демпфирования учитывает конструкционное демпфирование в системе и «грунтовые» демпферы);
- DIRECT SPECIAL – результаты получены с использованием МППИ, матрица демпфирования сформирована по специальному алгоритму с удержанием всех собственных форм системы с частотами до 50 Гц;
- DIRECT Rayleigh – результаты получены с использованием МППИ, применена матрица демпфирования Рэлея для учета конструкционного демпфирования в системе (коэффициенты Рэлея рассчитаны из условий равенства относительных затуханий 7 % на низшей частоте системы – 1,6 Гц и на частоте 50 Гц), а также «грунтовые» демпферы для учета волнового демпфирования в грунтовом основании.

Из приведенных графиков следует, что результаты, полученные с помощью НММС, практически совпадают с результатами, полученными с помощью МППИ при использовании специально построенной матрицы демпфирования. Следует отметить, что при этом время расчета в первом случае меньше, чем во втором, почти на два порядка.

Несущественные отличия в рассматриваемых результатах обусловлены тем, что в неклассическом методе модальной суперпозиции формы с частотами, превышающими 50 Гц, отсекаются полностью, а в методе прямого пошагового интегрирования принятая (для всех приведенных решений) величина шага интегрирования 0,002 с неявно оставляет в решении и более высокочастотные формы. Например, в решении неявно присутствуют формы (с уменьшающейся точностью представления), на периодах которых укладываются от 10 до 4 шагов, что соответствует частотам от 50 Гц до 125 Гц.

Из этих же графиков видно, что метод прямого пошагового интегрирования при использовании матрицы демпфирования Рэлея дает в целом более консервативные результаты, что приводит в дальнейшем к завышению инерционных нагрузок на оборудование.

Таким образом, в работе показано, что применение НММС в задачах взаимодействия зданий и сооружений с грунтовым основанием весьма эффективно как по точности решения, так и по временным затратам на соответствующие расчеты. Кроме того, выполненные расчеты показывают, что применение НММС устраняет излишний консерватизм в определении спектров ответа, который крайне нежелателен с точки зрения обеспечения сейсмостойкости размещаемого в исследуемых объектах технологического, электротехнического, контрольно-измерительного и прочего оборудования.

Список использованных источников

1. Турилов В. В., Уткин И. А. Применение метода модальной суперпозиции в неклассической форме для решения задач взаимодействия зданий и сооружений АЭС с грунтовым основанием при сейсмических воздействиях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2017. № 2. С. 30–35.

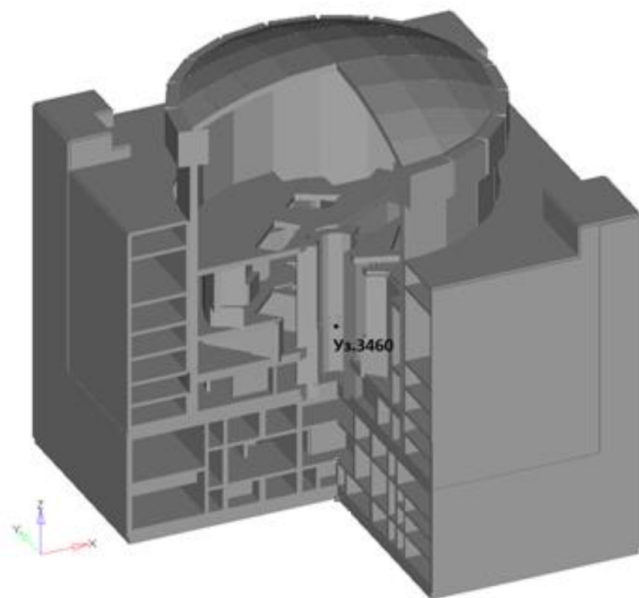


Рисунок 1 – Общий вид реакторного отделения

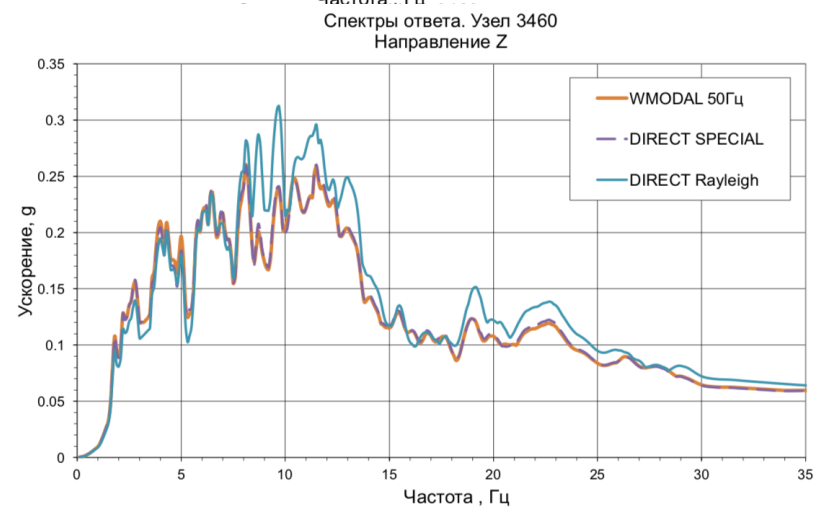
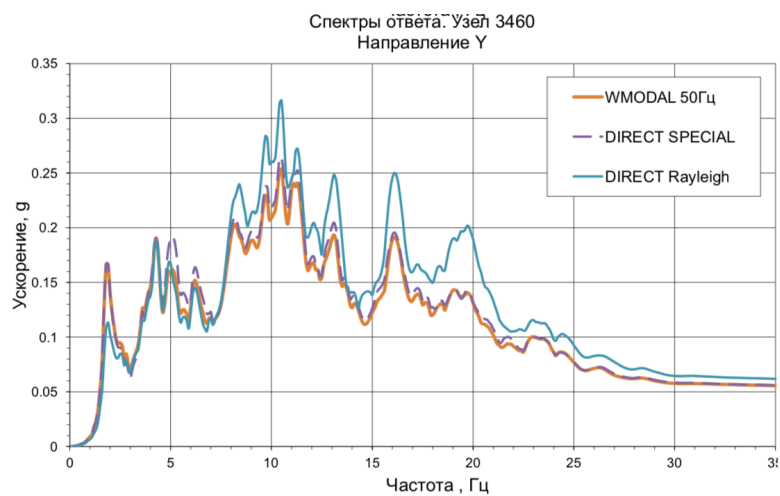
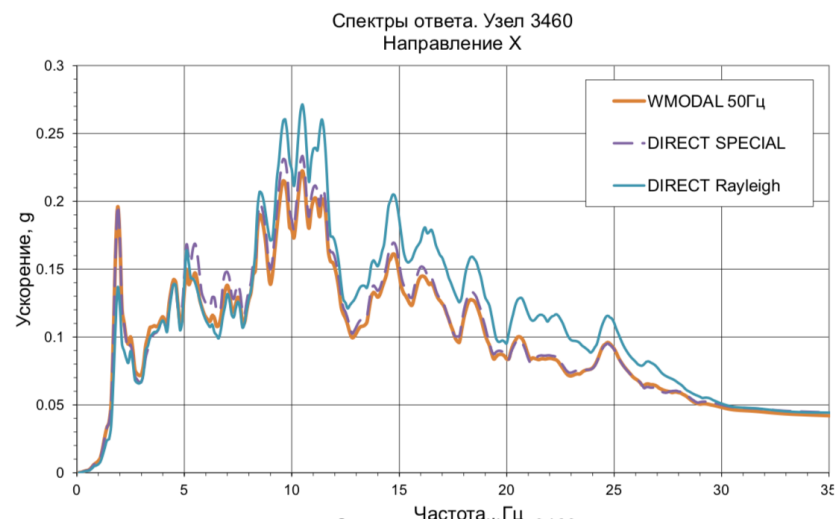


Рисунок 2 – Спектры отбета в узле № 3460

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА И НАДЗОР В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОДЗЕМНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

СУЛТАНОВ К.С., Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз, Узбекистан, Ташкент

КУМАКОВ Ж.Х., Ташкентский архитектурно строительный институт, Узбекистан, Ташкент

Ключевые слова: Подземный трубопровод, сейсмостойкость, грунт, взаимодействия, волна, напряжения, деформация

Продольная напряжения в подземном трубопроводе при воздействии сейсмической нагрузки нормативными методами расчета определяется на основе гипотезы о равенстве деформаций грунта и трубопровода. Здесь предлагается метод определения продольного сейсмического напряжения на основе напряженно-деформированного состояния грунтовой среды вокруг подземного трубопровода. Показана более реальность предлагаемого метода при воздействии сейсмической нагрузки на систему трубопровод-грунтовая среда.

Результаты, полученные в [1–8], показывают, что напряженные состояния в подземных трубопроводах непосредственно связаны с напряженным состоянием грунта вокруг трубопровода и сдвига трубы относительно грунта. Механизмы образования и разрушения контактного слоя на поверхности соприкосновения твердого тела с грунтом рассмотрены в [6]. Взаимодействия непрерывной волны сжатия в грунте с подземным трубопроводом проанализированы в [7]. Основы волновой теории приведены в [8].

Целью настоящей работы является определение механизма возникновения больших напряжений в подземных трубопроводах, возможные их разрушения под действием сейсмических нагрузок.

Основной проблемой здесь является определение в каждом сечении подземного трубопровода напряжения в зависимости от напряженного состояния грунта и смещения грунта относительно трубы на этом же сечении. Экспериментальное решение этой проблемы отсутствует. Остается эту проблему решить теоретически. Для этого рассмотрим простейший случай, одномерные волновые задачи о распространении плоской волны в грунте и в трубопроводе.

Распространение сейсмической волны в системе «грунтовая среда – подземный трубопровод» рассматривается на двух связанных задачах. Рассматриваются две одномерные задачи. Распространение плоской сейсмической волны в грунтовом полупространстве и подземном трубопроводе описываются уравнениями

$$\rho_{0i} \frac{\partial v_i}{\partial t} - \frac{\partial \sigma_i}{\partial x} + \chi_i \sigma_\tau = 0, \quad \frac{\partial v_i}{\partial t} - \frac{\partial \varepsilon_i}{\partial x} = 0, \quad \chi = \text{sign}(v) \quad (1)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_i}{\partial t} + \mu_i \varepsilon_i = \frac{\partial \sigma_i}{E_{Di} \partial t} + \mu_i \frac{\sigma_i}{E_{Si}}, \quad \mu_i = \frac{E_{Di} E_i}{(E_{Di} - E_{Si}) \eta_i}$$

где $i = 1, 2$; при $i = 1$ все параметры относятся к трубопроводу, а при $i = 2$ – к грунту, σ_i – продольное по оси x напряжение, ε_i – продольная деформация, v_i – продольная скорость частиц, E_{Di} – модуль динамического сжатия, E_{Si} – модуль статического сжатия, μ_i – параметр вязкости, η_i – коэффициент вязкости, χ – знак скорости, v – относительная скорость ($v = v_2 - v_1$), σ_τ – приведенная сила взаимодействия трубы с грунтом.

Согласно уравнениям (1) грунтовая среда и материал трубопровода считается линейным вязкоупругим телом. В частном случае, когда $ED \rightarrow ES$, модель среды переходит в модель упругого тела.

Волна создается в начальном сечении $x = 0$ нагрузкой, изменяющейся по закону

$$\sigma_i = \sigma_{\max} \sin(\pi t / T) \quad \text{при } 0 \leq t \leq \theta$$

$$\sigma_i = 0 \quad \text{при } t > \theta \quad (2)$$

где $\sigma_{\max}$ – амплитуда, θ – время действия, T – полупериод нагрузки.

На фронте волны выполняется условие

$$\sigma_i = -c_{0i} \rho_{0i} v_i, \quad v_i = c_{0i} \varepsilon_i, \quad c_0 = (E_{Di} / \rho_{0i})^{1/2} \quad (3)$$

где c_{0i} – скорость распространения продольной волны в трубопроводе ($i = 1$) и грунте ($i = 2$).

Постановка задачи соответствует случаю, когда протяженный трубопровод находится в полупространстве. Ось x трубопровода и полупространство совпадают. На поверхности контакта трубопровода с грунтом образуется сила взаимодействия (трения), которая определяется соотношением

$$\sigma_\tau = 4D_H \tau (D_H^2 - D_B^2) \quad (4)$$

где D_H – наружный диаметр, D_B – внутренний диаметр трубопровода, τ – касательное к внешней поверхности напряжение, определяемое из законов взаимодействия, предложенных в [5].

Система уравнений (1) с граничными условиями (2), (3) решается методом характеристик с последующим применением метода конечных разностей.

Для проведения расчетов приняты следующие значения исходных данных для трубопровода и грунта:

$$D_H = 0.2 \text{ м}; \quad D_B = 0.18 \text{ м}; \quad \rho_{01} = 7800 \text{ кг/м}^3; \quad c_{01} = 5000 \text{ м/с}; \quad \mu_1 = 10^6 \text{ с}^{-1}; \quad E_{D1} = E_{S1} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

$$\rho_{02} = 2000 \text{ кг/м}^3; \quad c_{02} = 500 \text{ м/с}; \quad \mu_2 = 10^4 \text{ с}^{-1}; \quad E_{D2} = E_{S2} = 2 \cdot 10^3 \text{ МПа};$$

коэффициент бокового давления грунта $K_\sigma = 0.3$.

Значения параметров модели взаимодействия [5]:

$$C_s = 100 \text{ м/с}; K_N = 100 \text{ м}^{-1}; f_N = 0.425; \gamma_N = 1.5; \gamma_*^m = 4; \beta_u = 2.5; \varphi = 0; \kappa = 0.1$$

Рассматривается полубесконечный трубопровод ($L = 10000 \text{ м}$).

Параметры нагрузки $\sigma_{\max} = 0.5 \text{ МПа}$; $T = 0.01 \text{ с}$, что соответствует высокоточной сейсмической нагрузке ($\omega = 50 \text{ с}^{-1}$) с амплитудой 0.5 МПа .

Вертикальное к оси трубопровода напряжение определяется по формуле

$$\sigma_N = \sigma_N^S + \sigma_N^D, \quad \sigma_N^D = K_\sigma \sigma_2 \quad (5)$$

где σ_N^S – статическое напряжение, определяемое весом грунта над трубопроводом.

На рис.1 приведено изменение касательного напряжения на поверхности контакта трубопровода с грунтом на сечении $x = 7.5 \text{ м}$, согласно закону взаимодействия, основанному на модели стандартно- линейного тела [5]. Касательное напряжение нарастает с увеличением относительного смещения $u = u_2 - u_1$, достигает пикового значения, затем спадает. При $u = 0.005 \text{ м}$ значение τ стабилизируется и она определяется из закона Кулона [5]. При изменении знака относительной скорости $v = v_2 - v_1$, значение τ уменьшается до нуля и далее начинается новый цикл взаимодействия.

На рис.2 приведены изменения продольных напряжений, относящихся к сечениям трубопровода $x = 2.5 \text{ м}$ (кривые 1-3); 5 м (кривые 1⁰-3⁰) и 7.5 м (кривые 1*-3*) от начального сечения. Кривые 1 получены при $K = 0$; для кривых 2 – $K = 0.3$ и при $\sigma_N^D < 0$, $\sigma_N^S = \sigma_N^S = \text{const}$; для кривых 3 – $K = 0.3$; при $\sigma_N^D < 0$, $\sigma_N^S = 0$.

Прежде всего, результаты расчетов на рис.2 показывают существенный рост напряжения, по сравнению с амплитудой волны в грунте ($\sigma_{\max} = 0.5 \text{ МПа}$). При рассматриваемых исходных данных волна в грунте распространяется без затухания. Влияние σ_τ на параметры волн в грунте практически нет.

При частоте продольной волны в грунте $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$, увеличение напряжения в трубопроводе наблюдается в сто раз, т.е. до 50 МПа .

Рис.1. Изменение касательных напряжений в сечениях трубопровода

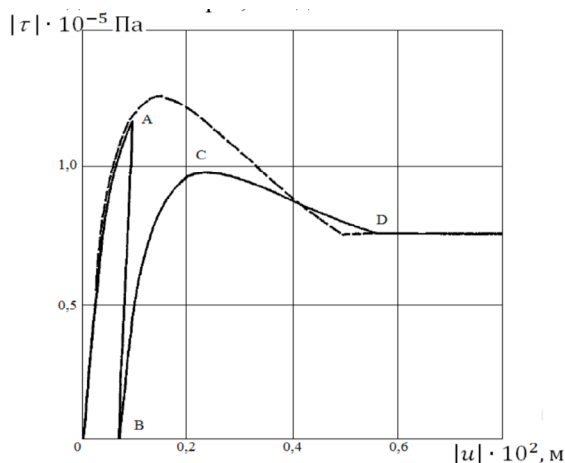
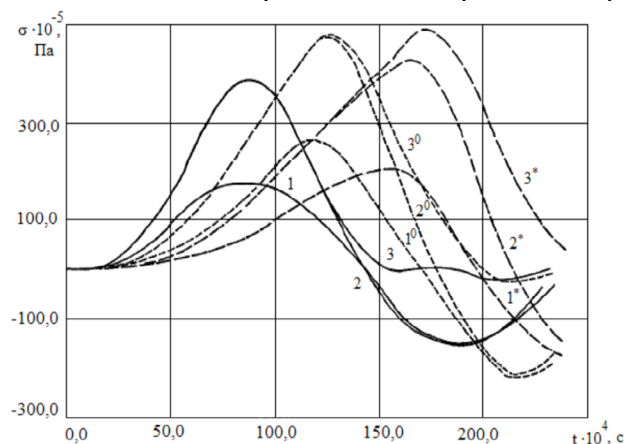


Рис.2. Изменение продольных напряжений в различных сечениях трубопровода



Результаты расчетов показывают, что при дальнейшем уменьшении частоты сейсмической волны до $\omega = 5 \text{ с}^{-1}$, максимальное напряжение в трубопроводе увеличивается до 150 МПа, в 300 раз по сравнению с амплитудой сейсмической волны в упругом грунте. Учет в расчетах вязких и пластических свойств грунта приводит к ещё большему увеличению продольного напряжения в грунте на 20-30% по сравнению с упругим случаем. В результате в трубопроводе возникает напряжение $\sigma_1 = 150\text{--}200$ МПа, что превышает предел допустимых напряжений при эксплуатации стальных трубопроводов. Такие значения напряжений приводят к разрушению подземных магистральных трубопроводов.

Механизм образования продольных напряжений в подземном трубопроводе состоит из трех составляющих. Первая – это относительное смещение (трение), через которое передается огромное усилие (энергия) грунтовой среды на трубопровод. Вторая – это нормальное к внешней поверхности напряжение (давление). Продольное напряжение в трубопроводе, без учета нормального динамического напряжения σ_N^D в (5), в два раза меньше, чем когда σ_N^D учитывается (кривые 1 и 2, рис.2). Учет отрыва на поверхности контакта трубопровода с грунтом (кривые 3, $\sigma_N^D < 0$, $\sigma_N = 0$) также приводит к увеличению продольного напряжения с удалением от начального сечения трубопровода. Третья – это свойства грунтов. Когда учитываются вязкие и пластические свойства грунтов, увеличивается смещение грунта, следовательно, значение относительного смещения u . Это приводит к увеличению значения касательного напряжения τ и увеличивается значение продольного напряжения.

На рис.2 кривые 1 соответствуют теории сейсмостойкости [2-4], когда учитывается только относительное смещение на поверхности контакта подземного трубопровода с грунтом. Динамическое нормальное напряжение к внешней поверхности трубопровода σ_N^D не учитывается. Как видно на рис.2, в этом случае значение продольного напряжения в трубопроводе примерно в два раза (на 100%) меньше, чем когда учитывается σ_N^D . Отсюда следует, что метод определения продольного напряжения в трубопроводе, предложенный в [2-4], дает неточные результаты.

Таким образом, учет в расчетах напряженного состояния грунтовой среды, вокруг подземного протяженного трубопровода, приводит к образованию существенно больших напряжений в трубопроводе, при частотах продольных волн меньше 20 с^{-1} .

Установлено, что амплитуда продольных напряжений в трубопроводе зависит от частоты продольных волн, от значения нормального к внешней поверхности динамического напряжения в грунте, от значения смещения грунта относительно трубопровода и от вязких и пластических свойств грунта.

Воздействия нагрузки на начальное сечение трубопровода, на формирование продольного напряжения в трубопроводе практически не влияет. Напряженное состояние трубопровода существенно зависит от механического поведения грунтовой среды вокруг трубопровода и параметров волн в грунтовой среде.

Литература

1. Напетваридзе Ш.Г. и др. Сейсмостойкость магистральных трубопроводов и специальных сооружений нефтяной и газовой промышленности. М.: Наука, 1980. 172 с.
2. Айнбиндер А.Б. Расчет магистральных и промысловых трубопроводов на прочность и устойчивость. М.: «Недра», 1992. 288 с.
3. Айнбиндер А.Б., Кемерштейн А.Г. Расчет магистральных трубопроводов на прочность и устойчивость. М.: «Недра», 1982. 341 с.
4. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы. М.: «Недра», 1982. 384 с.
5. Султанов К.С., Баходиров А.А. Законы сдвигового взаимодействия на поверхности контакта твердых тел с грунтами // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2016. №2. С. 25–31.
6. Баходиров А.А., Исмаилова С.И., Султанов К.С. Динамическое деформирование контактного слоя при сдвиговом взаимодействии тела с грунтом // Известия РАН. Прикладная математика и механика. ПММ. 2015. Том.79. №6. С. 839–852.
7. Баходиров А.А., Султанов К.С. Волны в вязкоупругом стержне, окружённом грунтовой средой, при плавном нагружении // Известия РАН. Механика твердого тела. МТТ. 2014. №3. С. 132–144.
8. Султанов К.С. Волновая теория сейсмостойкости подземных сооружений. Ташкент: Фан, 2016. 392 с.

ПРИМЕНЕНИЕ САПР, РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ)

АТТЕСТАЦИЯ ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЁТА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В РОСТЕХНАДЗОРЕ

НЕФЕДОВ С.С., ФБУ «Научно-технический центр Энергобезопасность», Россия, Москва

ШЕВЧЕНКО С. А., ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», Россия, Москва

Ключевые слова: программа расчёт сейсмостойкость аттестация

Приводятся сведения о системе аттестации программ для ЭВМ, которая функционирует в системе Ростехнадзора более 25 лет. Для проведения аттестации создан Экспертный совет, в состав которого входят тематические секции. Экспертиза программ для расчёта сейсмостойкости проводится в секции «Прочность и надёжность строительных конструкций зданий и сооружений». Задачей секций является верификация программ, в основе которой лежит верификационный отчёт организации-Заявителя (разработчика или пользователя). Важнейший вопрос верификации – анализ верификационных тестов Заявителя, обосновывающих правильность и точность работы программы в заявленной области динамического анализа. Приводятся сведения о регламенте работы секции, а также перечень программ для расчёта сейсмостойкости зданий и сооружений, успешно прошедших аттестацию и обладающих действующими аттестационными паспортами.

23.05.2018 г. были приняты изменения к Федеральному закону «Об использовании атомной энергии» от 21.05.1995 № 170-ФЗ. Эти изменения закрепили на законодательном уровне процесс аттестации программ для ЭВМ (далее - программы), который функционирует в системе Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) более 25 лет. В процессе аттестации проводится экспертиза программ, применяемых для расчётных обоснований безопасности объектов использования атомной энергии (далее - ОИАЭ), в том числе – их сейсмостойкости. Использование в обоснованиях безопасности ОИАЭ неаттестованных программ может стать причиной замечаний при государственной экспертизе этих документов.

Для проведения аттестации программ в системе Ростехнадзора создан Экспертный совет. В составе Экспертного совета имеются тематические секции. Основная задача секции – верификация программ.

Программы для расчёта сейсмостойкости рассматриваются в секции «Прочность и надёжность строительных конструкций зданий и сооружений». В состав данной секции входит более 30 опытных программистов и пользователей программ из ведущих научных, проектных организаций и организаций, эксплуатирующих ОИАЭ, в том числе 18 докторов и кандидатов наук. Члены секции представляют ведущие организации в области расчётных анализов прочности и надёжности строительных конструкций зданий и сооружений ОИАЭ Москвы, Санкт-Петербурга, Нижнего Новгорода. В основе деятельности секции лежит коллективное обсуждение и совместное принятие решений по вопросам верификации программ.

Верификация программ включает не только их формальную приёмку, но также анализ использованных методик динамического анализа и реализующих их

авторских алгоритмов, их соответствие международным рекомендациям в области использования атомной энергии, в том числе в таких аспектах динамики, как вклад высших форм колебаний, адекватный учёт демпфирования и др.

В основе верификации программы лежит верификационный отчёт, подготовленный организацией-Заявителем. Важнейший вопрос верификации – достаточность представленных верификационных тестов для обоснования правильности работы программы в заявленной области динамического анализа. Часто верификационные отчёты базируются на малых задачах динамики с известными аналитическими решениями: колебания балок и пластин различной формы. Для программ, претендующих на выполнение проектных расчётов сложных и ответственных сооружений, такая верификационная база недостаточна. Необходима также апробация программ (валидация) путём сопоставления результатов расчёта с экспериментальными данными: с натурными частотами собственных колебаний сооружений, с амплитудно-частотными характеристиками реальных объектов и т.п. В процессе верификации может потребоваться выполнение дополнительных тестов, предложенных членами секции.

В общем случае процедура рассмотрения заявленной к аттестации программы состоит из следующих этапов:

1. Представление программы Заявителем на заседании секции и принятие решения о соответствии программы тематике секции; определение круга динамических задач, на решение которых претендует программа (тематики верификации), и кандидатур экспертов по ним. При определении кандидатур экспертов по каждому вопросу тематики учитывается опыт и область научных интересов того или иного специалиста. (работа секции).
2. Экспертиза верификационных материалов экспертами в соответствии с порученным вопросом (анализ частот и форм собственных колебаний, анализ сейсмостойкости линейным спектральным методом, синтез акселерограмм, расчёт 3 спектров ответа, анализ динамической реакции сооружения на воздействие акселерограмм и др.) с подготовкой экспертных заключений (работа Экспертов).
3. Обсуждение и утверждение на заседании секции экспертных заключений (работа секции).
4. Корректировка Заявителем верификационных материалов или самой программы с учётом замечаний экспертных заключений (при наличии замечаний); согласование корректировок с Экспертами (работа Заявителя с Экспертами).
5. Рассмотрение результатов работы по корректировке верификационных материалов и программы на заседании секции; принятие решения – рекомендовать президиуму Экспертного совета аттестовать программу или отказать в аттестации в связи с выявленными в процессе экспертизы недостатками (работа секции).

Итоговым документом аттестации является аттестационный паспорт программы, проект которого разрабатывается Заявителем. По результатам верификации он уточняется, в том числе уточняются область применения программы и данные о погрешностях расчётов.

Окончательное решение по аттестации программы принимает президиум Экспертного совета.

Члены секции участвуют в её работе на общественных началах. Необходимые расходы (командировки и пр.) оплачивают направившие их организации. Работа Экспертов оплачивается Заявителем.

В табл.1 представлен список программ для динамического расчёта и расчёта сейсмостойкости зданий и сооружений, успешно прошедших аттестацию и обладающих действующими аттестационными паспортами.

Таблица 1

Срок действия паспорта		Наименование	Область динамического анализа
13.05.10	13.05.20	ABAQUS 6.7	Расчёт собственных частот и форм, расчёт динамической реакции строительных конструкций зданий и сооружений в линейной постановке на основе метода конечных элементов.
21.11.13	21.11.23	STARDYNE, версия 5.11	
14.10.14	14.10.24	MSC.Nastran, версия 2012.2	
08.12.16	08.12.26	ANSYS Mechanical (версия 14.5)	
15.06.17	15.06.27	SOLVIA SYSTEM 03	
21.11.13	21.11.23	MicroFe, версия 2012	То же + линейный спектральный расчёт сейсмостойкости по методике СП 14.13330 (СНиП II-7-81).
15.06.17	15.06.27	SCAD Office, версия 21.1	
09.10.12	09.10.22	SASSI2000	Расчёт сейсмических воздействий на здания и сооружения с учётом взаимодействия с основанием
02.12.14	02.12.24	AGA	Расчет спектра ускорений фундамента по заданной акселерограмме.
02.12.14	02.12.24	SHAKE, версия AGT	Расчет сейсмических ускорений в различных точках грунтового основания по заданной акселерограмме

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

ОЦЕНКА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ТЕРРИТОРИИ СИРИИ

БЕЛАШ Т.А., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, Санкт-Петербург

АЛДРЕБИ З.А., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, Санкт-Петербург

Проведен анализ сейсмологической обстановки на территории Сирии. Изучены данные исторических и инструментальных землетрясений на этой территории, составлена таблица с ситуационной сейсмичностью крупных городов Сирии.

Территория Сирии находится в сейсмически активной зоне. Сирия находится между 32° - $37,2^{\circ}$ с. ш. и 35° - $42,5^{\circ}$ в. д., ее площадь составляет около 185 тысяч км^2 и расположена на юго-западе Азии, на севере граничит с Турцией, на востоке с Ираком, на юге с Иорданией, а на западе со Средиземным морем. Эту территорию пересекают различные разломы. Левантский разлом является главной причиной многих землетрясений в Сирии. Он берет свое начало от залива Акаба в Красном море и тянется вверх на север через Израиль, Ливан и Сирию, а при достижении территории Турции, он изгибается к северо-востоку, до верховья реки Куры. Этот разлом разделен на несколько мелких разломов, которые также оказывают сильное влияние на сейсмическую активность в этом регионе. На территории Сирии расположено большое количество памятников архитектуры, зданий и сооружений, которые пострадали в результате прошлых землетрясений и военных действий. Ситуация усугубляется тем, что какое-то количество существующих зданий и сооружений в Сирии не отвечает современным требованиям антисейсмического строительства.

Записи об исторических землетрясениях играли большую роль в изучении сейсмичности территории Сирии из-за позднего развития инструментальных сейсмометрических наблюдений на этой территории. С начала 20-го века инструментальные наблюдения землетрясений на территории Сирии осуществлялись станциями, расположенными в соседних странах, а начиная с 1995 года, развилась сеть сейсмических станций на всей территории страны.

По данным каталогов исторических (2500 до н.э.–1900 гг. н.э.) и инструментальных (1900 н.э.–2010 гг. н.э.) землетрясений, на территории Сирии эпицентры исторических землетрясений расположены в основном на западе территории и сконцентрированы вдоль Левантского разлома, пересекающего Сирию с юга на север, их магнитуды M_S варьируют от 5,7 до 7,8 (Рис. 1, а), а эпицентры инструментальных землетрясений с магнитудами M_S варьируют от $<5,0$ до 6,8 (Рис. 1, б), что свидетельствует о том, что сейсмическая активность этой территории несколько снизилась. а б Рис. 1. Карты исторических (а) и инструментальных (б) землетрясений на территории Сирии: Карта (а): 1– эпицентры землетрясений с магнитудами $M_S = 5,7–6,9$; 2– эпицентры землетрясений с магнитудами $M_S = 7,0–7,8$; 3– активные и возможно активные разломы; 4– предполагаемые продолжения разломов. Карта (б): 1 – эпицентры землетрясений с магнитудами $M_S < 5$; 2 – эпицентры землетрясений с магнитудами $M_S = 5,0–5,6$; 3 – эпицентры землетрясений с магнитудами $M_S = 5,7–6,8$; 4 – активные и возможно активные разломы; 5– предполагаемые продолжения разломов.

В таблице 1. приведена ситуационная сейсмичность для некоторых значимых городов Сирии при средней повторяемости землетрясений $T_{eq} = 100, 500, 1000$ и 2000 лет.

Таблица 1. Ситуационная сейсмичность для некоторых значимых городов Сирии.

Название города	Повторяемость землетрясений $T_{eq} \approx 100$ лет	Повторяемость землетрясений $T_{eq} \approx 500$ лет	Повторяемость землетрясений $T_{eq} \approx 1000$ лет	Повторяемость землетрясений $T_{eq} \approx 2000$ лет
	Интенсивность землетрясений I в баллах по шкале ШСИ-17	Интенсивность землетрясений I в баллах по шкале ШСИ-17	Интенсивность землетрясений I в баллах по шкале ШСИ-17	Интенсивность землетрясений I в баллах по шкале ШСИ-17
Алеппо	VII	VII	VIII	IX
Идлиб	VII	VII	VIII	IX
Дамаск	III	VI	VII	VIII
Даръа	VIII	VII	IX	X
Пальмира	VII	VII	VIII	VIII
Хомс	VII	VII	VIII	IX

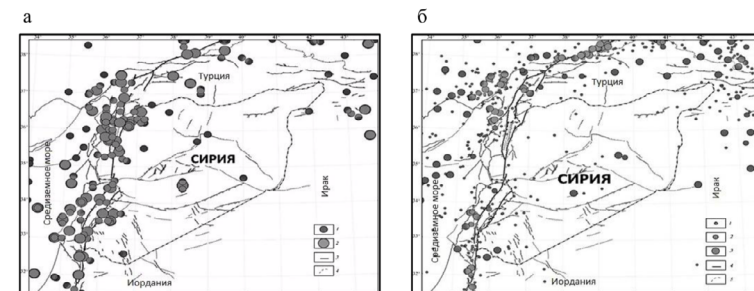


Рис. 1. Карты исторических (а) и инструментальных (б) землетрясений на территории Сирии: Карта (а): 1– эпицентры землетрясений с магнитудами $M_s = 5,7–6,9$; 2– эпицентры землетрясений с магнитудами $M_s = 7,0–7,8$; 3– активные и возможно активные разломы; 4– предполагаемые продолжения разломов. Карта (б): 1 – эпицентры землетрясений с магнитудами $M_s < 5$; 2 – эпицентры землетрясений с магнитудами $M_s = 5,0–5,6$; 3 – эпицентры землетрясений с магнитудами $M_s = 5,7–6,8$; 4 – активные и возможно активные разломы; 5– предполагаемые продолжения разломов.

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что территория Сирии является сейсмоопасной с множеством землетрясений различной интенсивности и многочастотным составом. Несмотря на то, что сейсмическая активность несколько снизилась, существует вероятность повторения сильных землетрясений, что, в свою очередь, может снова подвергнуть памятников архитектуры в этой стране серьезной опасности. Данное исследование было проведено для использования в случае необходимости при антисейсмическом усилении памятников архитектуры Сирии.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА И НАДЗОР В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

СОПОСТАВЛЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ЛИНЕЙНО-СПЕКТРАЛЬНОЙ И ВОЛНОВОЙ ТЕОРИЙ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ.

ГОРДЕЕВА С.П., РФ, Санкт-Петербург

Ключевые слова: Теории сейсмостойкости. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов. Сейсмологическая информация. Задание волнового сейсмического воздействия. Передаточные функции.

Метод конечных элементов (МКЭ), являющийся вычислительной базой линейно-спектральной теории (ЛСТ) сейсмостойкости, не пригоден для решения волновых задач, когда необходимо рассматривать очень большие (бесконечные) области оснований. В этом случае следует обращаться к методу граничных элементов (МГЭ), спецификой которого является работа с бесконечными областями. МГЭ предоставляет возможность адекватно задать волновое сейсмическое воздействие с использованием предоставляемой сейсмологической информации по объекту, что невозможно в ЛСТ. В списке литературы к докладу указана книга, где подробно описан математический алгоритм МГЭ в решении волновых задач, программа для ЭВМ и примеры расчетов ответственных объектов на воздействие распространяющихся сейсмических волн. Установлена аналогия в вычислении расчетных величин в ЛСТ и волновой теории.

РОССИЙСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И СЕЙСМИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ

ПАСПОРТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА АЛМАТЫ

ШОКБАРОВ Е.М., АО «КазНИИИСА», Казахстан, Алматы

Ключевые слова: обследование, сейсмическая безопасность, электронный паспорт, землетрясение, сейсмоусиление

В данной статье изложена информация о проделанной работе по паспортизации: создание электронных паспортов, визуальное обследование, оценка ожидаемой степени повреждения зданий, разработка рекомендаций с целью их сейсмической безопасности. Представлены результаты паспортизаций жилых зданий и социальных объектов по городу Алматы.

Территория юга и юго-востока Казахстана является одной из наиболее сейсмоактивных зон Среднеазиатского сейсмического региона. Здесь за последние 125 лет произошло несколько сильных землетрясений, четыре из которых (Верненское – 1887 года, Чиликское – 1889 года, Кеминское – 1911 года, Зайсанское – 1990 года) имели магнитуду 7–8 [1]. Сейсмические районы Казахстана по площади занимают порядка 510 тыс. км², что составляет около 39% от общей площади территории республики. В районах повышенной сейсмической опасности расположены крупнейшие культурные и промышленные центры Республики Казахстан, такие города как Алматы, Тараз, Шымкент и Оскемен. Самый крупный город республики – Алматы расположен в зоне возможных очагов возникновения землетрясений и отличается высокой плотностью населения. Территория Алматы включает в себя участки как достаточно благоприятные для строительства (по грунтовым условиям), так и расположенные в зонах возможного проявления разломов на земной поверхности, с крутизной склонов более 15%, сложенные рыхлыми водонасыщенными и просадочными грунтами. Согласно карте комплексного сейсмического микрорайонирования 1981 года территория города Алматы разделена на зоны с различной интенсивностью прогнозируемых сейсмических воздействий: зона I – 8 баллов, зона II – 9 баллов, зона III – 10 баллов. Ежегодно в Казахстане происходит, в среднем, 15–20 землетрясений интенсивностью до 3–4 баллов. Углубленная экспертная оценка состояния существующей застройки в сейсмически опасных районах Казахстана, выполненная в 1990 годах, показала, что, например, жилые здания общей площадью 16,5 млн. м² (19%) требовали сейсмоусиления; 10 млн. м² (12%) – подлежали сносу. Выборочное обследование жилых многоквартирных зданий города Алматы, выполненное в 2008 году в соответствии с Соглашением с ОУО «International Corporation» в рамках проводимого «Исследования по управлению рисками, связанными с сейсмическими бедствиями в городе Алматы, Республика Казахстан» показало, что не менее 30% существующих жилых многоквартирных домов являются не сейсмостойкими. Примерно такая же доля не сейсмостойких зданий, в группе объектов, относящихся к социальной сфере (школы, детсады, больницы). Международный опыт показывает, что каждое разрушительное землетрясение приводит к изменению строительных норм в сторону ужесточения требований. В связи с наблюдаемым ужесточением требований норм перед исследователями и проектировщиками возникают проблемы, связанные с оценкой сейсмостойкости и сейсmobезопасности ранее возведенных объектов [4]. Для оценки сейсмических рисков объектов жилищно-гражданского назначения г. Алматы было проведено двухлетнее (2017–2018гг.) научно-исследовательская работа (паспортизация) зданий и сооружений по г. Алматы. В 2017 году паспортизацией было охвачено 7027 объектов в 2018 году было проведено обследование 3169 объектов жилищно-гражданского назначения г.

Алматы. По результатам паспортизации были созданы электронные паспорта обследованных зданий с оценкой их сейсмической уязвимости, дана экспертная оценка экономических затрат на сейсмоусиление и экономического ущерба социальных потерь от последствий возможных землетрясений различной интенсивности. По итогам паспортизации создана электронная база данных по сейсмической уязвимости зданий и сооружений и выполняется работа по созданию электронной карты сейсмического риска г. Алматы. По итогам Паспортизации создана база данных по сейсмической уязвимости зданий и сооружений и карт сейсмического риска г. Алматы, что позволит повысить надежность функционирования систем жизнеобеспечения, снизить ущерб наносимого зданиям и сооружениям и уменьшить потери населения от разрушительных землетрясений. Результаты паспортизации позволили выявить сейсмоопасные здания, назначить первоочередные объекты по их сейсмоусилению или сносу, определить объемы затрат на усиление сейсмоопасных зданий и сносу ветхого жилья.

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

РАЙОНИРОВАНИЕ В ПРЕДЕЛАХ КРИОЛИТОЗОНЫ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ ПО ВЕРОЯТНЫМ СЕЙСМОГРУНТОВЫМ МОДЕЛЯМ

ДЖУРИК В.И., ФБГУН ИЗК СО РАН, Россия, Иркутск

БРЫЖАК Е.В., ФБГУН ИЗК СО РАН, Россия, Иркутск

СЕРЕБРЕННИКОВ С.П., ФБГУН ИЗК СО РАН, Россия, Иркутск

ЕСКИН А.Ю., ФБГУН ИЗК СО РАН, Россия, Иркутск

Реализуется подход, основанный на районировании крупных геологических структур по сейсмо-грунтовым моделям, для которых с помощью экспериментальных и расчетных данных проведена оценка набора параметров сейсмических воздействий, необходимых для проектирования сейсмостойких сооружений. Такой подход наиболее экономичен для сейсмически активных северных районов Восточной Сибири. Он позволяет использовать полученные данные на стадии выбора трасс линейных сооружений, железных дорог, трубопроводов и площадок строительства ответственных промышленных и гражданских сооружений.

Расширение масштабов и темпов строительства на обширных территориях Восточной Сибири, вовлечение в промышленную разработку новых месторождений полезных ископаемых предполагает, при планировании строительства учитывать, экстремальные природно-климатические факторы, таких как высокая сейсмичность и повсеместное развитие островной и многолетней мерзлоты. Это требует внедрения новых экспрессных методик инженерно-сейсмологического прогноза, к числу которых относится весь спектр средств мало- и средне глубинной геофизики. Последние позволяют изучить состояние приповерхностных слоев через совокупность инструментально измеренных электрических, акустических, температурных и других петрофизических параметров, которые в зависимости от режима и характера деструкции мерзлотного разреза при его оттаивании дают возможность осуществлять прогноз и следить за трансформациями прочностных свойств грунтов, эволюцией их сейсмологических характеристик и реакцией на землетрясения.

В отмеченном направлении проведены исследования крупной геологической структуры северо-востока Байкальской сейсмической зоны – Чарской впадины. Она вытянута с Ю-З на С-В на 120 км, имеет ширину до 30 км, относится к районам сплошного распространения вечномерзлых грунтов их мощность достигает 100 и более метров, температура до -4С и ниже – в горных сооружениях, обрамляющих впадину. Талики встречаются под руслами крупных рек и озер. Исходная сейсмичность оценивается, в зависимости от вероятности превышения ожидаемых событий, в 8, 9 и 10 баллов.

В методическом отношении, для оценки параметров сейсмических воздействий сильных землетрясений, реализовано для территории Чарской впадины:

изучение скоростной неоднородности грунтов верхней зоны разреза до коренных «эталонных» грунтов, задание исходного сигнала (с учетом зон ВОЗ) и параметров очага, построение необходимого числа сейсмических моделей для их естественного и прогнозируемого состояния и проведение теоретических расчетов.

Кроме того, решение поставленных задач требует краткого обобщения имеющихся сведений по характеристикам и параметрам сейсмических и мерзлотных особенностей для исследуемой территории с возможностью построения расчетных сейсмических моделей для естественного и прогнозируемых состояний мерзлых грунтов. Они представляются на основе составленных схем мерзлотного и инженерно-геологического районирования Чарской впадины с учетом комплексных инструментальных сейсмологических наблюдений, выполненных ранее и в последние годы. В большей степени использовались данные полученные на временных полигонах, где выполнялся практически весь комплекс инструментальных измерений (регистрация землетрясений, микросейсм и изучение физических параметров грунтов от глубинной до мало- и средне глубинной геофизикой).

Для решения основной задачи, изучения закономерностей изменения динамических параметров мерзлых грунтов, при их возможной деградации, были построены три типа моделей, различающихся по используемой общей мощности. Условно это три уровня моделей, в большей степени отвечающих задачам районирования сейсмической опасности по степени детальности. Сами модели представляются слоями рыхлых отложений до относительно сохранных коренных пород, с учетом их состояния, а также ожидаемых техногенных изменений грунтов. Для построения обобщенных моделей использовался весь объем имеющихся измерений петрофизических характеристик грунтов на исследуемой территории с помощью геофизических методов. Для прогноза скоростей продольных и поперечных волн при изменении состояния грунтов предпочтение отдавалось установленным ранее и уточненным для северо-востока БСЗ переходным экспериментальным уравнениям.

В итоге для сформированных моделей рассчитан набор параметров сейсмических воздействий, проведено их районирование и построены карты–схемы их распределения по площади для естественного и прогнозируемого состояния мерзлоты. По данным экспериментальных методов для принятой исходной сейсмичности равной 9 баллам, впадина разделяется для естественного (мерзлого) состояния грунтов на участки 8–9 баллов и для прогнозируемого талого состояния – на участки 8, 9 и 10 баллов.

По значениям расчетных динамических параметров сейсмических воздействий для наиболее вероятных сейсмических моделей, отвечающих за проявление сейсмичности получено, что для естественного (мерзлого) состояния грунтов максимальные ускорения прогнозируются в интервале от 180 до 392 см/с² – для горизонтальной компоненты и 91–181 см/с² – для вертикальной. Для максимальных сейсмических воздействий на грунты прогнозируемого (талого) состояния, эти величины имеют значения от 196 до 808 см/с² – для горизонтальной компоненты и от 91 до 336 см/с² – для вертикальной.

Несмотря на то, что полученные результаты теоретических расчетов, выполнены в предположении, когда вся энергия колебаний приходится на упругие деформации направленность их изменений, согласно расчетным значениям сейсмической опасности в баллах и максимальным ускорениям, согласуется с экспериментальными и макросейсмическими данными и приводят к увеличению сейсмической опасности при деградации мерзлоты. Амплитудный уровень колебаний и их частотный состав могут контролироваться предложенными методическими подходами, реализованными для исследуемой территории.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО СЕЙСМОСТОЙКИХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

К ПОСТРОЕНИЮ НОВОЙ ТЕОРИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ И ПРОБЛЕМЫ СИЛ ИНЕРЦИИ И ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

ОГАНЕСЯН С.М., Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. А.Назарова НАН РА (ИГИС НАН РА), Армения, Гюмри

Ключевые слова: сейсмостойкости, новые расчетные схемы, изгибная волна

Аннотация: При кинематическом возбуждения консольного стержня, показано, что изгибно-сдвиговые колебания начинаются со свободного конца стержня. При этом в стержне возникают внутренние объемные силы, которые противодействуют $1/2f(x,t)$ внешней силе, а на свободном конце стержня возникают связанная пара $F(l,t)$ и $M(l,t)$. Это связанная пара является истинной причиной изгибно-сдвиговых колебаний. Вторая часть силы $f(x,t)$ идет на создания чисто изгибных колебаний.

КОНСТРУКЦИИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

ЗАЩИТА ЗДАНИЙ ОТ ЦУНАМИ В СЕЙСМООПАСНЫХ РАЙОНАХ

БЕЛАШ Т.А., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, Санкт-Петербург
ЯКОВЛЕВ А.Д., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, Санкт-Петербург

Ключевые слова: Цунами, цунамистойкость, цунамизащита, сейсмостойкость, здания

Проанализированы подходы защиты населения от воздействия волн цунами, используемые в мировой практике. Основываясь на принципах цунамистойкого строительства, предложено новое средство цунамизащиты зданий, в котором организовывается свободное пространство под зданием путем расположения самих зданий на конструкцию автомобильной эстакады. Проведенные расчетные исследования подтвердили высокую сейсмо- и цунамистойкость предлагаемого решения.

Содержание:

1. Введение
2. Мировые подходы защиты населения от волн цунами
3. Предлагаемое решение цунамизащиты зданий
4. Заключение
5. Библиографический список

Введение

Значительная часть территории Российской Федерации подвержена различным опасным стихийным бедствиям – землетрясениям, наводнениям, оползням, цунами и др. Как известно, эти районы не только богаты различными полезными ископаемыми, но и отличаются уникальными природными ландшафтами, что привлекает большое количество российских и зарубежных туристов.

При этом следует отметить, что на территории нашей страны есть регионы, которые могут быть подвержены воздействию сразу нескольких стихийных бедствий. Например, побережье Курильских островов, Восточной Камчатки и Сахалина отличаются высокой сейсмической активностью и опасными цунами, которые в свою очередь вызваны землетрясениями, происходящими в море или океане.

В этой связи возникает необходимость создания таких решений в области гражданского и промышленного строительства, которые обеспечат надежную эксплуатацию этих объектов и защиту населения в случае стихийного бедствия.

Мировые подходы защиты населения от волн цунами

В настоящее время для защиты населения от цунами имеется несколько подходов, используемых во всем мире.

Первым подходом является устройство берегозащитных сооружений, которые будут гасить энергию волн цунами или вовсе изолировать население от них. К такому методу относят посадку деревьев вдоль берега (в районах с низкой цунамиопасностью), а также устройство различных волноломов, молов, стен и дамб [1, 2, 3].

Вторым подходом является цунамистойкое строительство. В практике цунамистойкого строительства сложились определенные принципы, основными из которых являются: выбор оптимального объемнопланировочного решения, позволяющего уменьшить площадь воздействия волн цунами, выбор конструктивных решений и материалов, обеспечивающих необходимую прочность и устойчивость здания или сооружения, а также обеспечение устойчивости фундаментов [1, 4, 5, 6, 7].

В мировой практике часто используется способ уменьшения площади воздействия цунами, который заключается в создании как можно более открытого первого этажа, позволяя волне проходить здание насквозь. На первом этаже в таких зданиях часто располагается лестнично-лифтовой холл и автомобильная парковка [5].

Однако существующие решения не всегда способны справиться с поставленной задачей. Это связано во многом с ограниченной высотой «открытого» этажа и с потерями полезной площади на этом этаже.

Предлагаемое решение цунамизащиты зданий

Для увеличения расстояния от уровня земли до низа жилого здания и повышения экономического эффекта нужен поиск вариантов, решающих несколько задач. Предлагается, в качестве средства цунамизащиты зданий, ряд небольших зданий, предназначенных для временного пребывания людей, располагать на автомобильной эстакаде. Таким образом, идея организации свободного пространства достигается использованием путепровода [8].

Заключение

Данное решение было исследовано на действие землетрясение 9 баллов и ударную нагрузку от волны цунами высотой 11 метров. Выполненные расчётные исследования подтвердили эффективность предлагаемого решения цунамизащиты зданий [9].

Библиографический список

1. Воробьев Ю. Л. Цунами: предупреждение и защита / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. – М.: Изд-во МЧС России, 2006. – 264 с.
2. Попов М. А. Защита от стихийных бедствий / М. А. Попов. – М.: Издво МГУП, 2014. – 128 с.
3. Шульгин В. Н. Инженерная защита населения и территории в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени / В. Н. Шульгин. – М.: Изд-во «Академический Проект», 2010. – 688 с.
4. Злобин Т. К. Природные катастрофы в литосфере СахалиноКурильского региона и меры безопасности / Т. К. Злобин. – ЮжноСахалинск: Изд-во СахГУ, 2000. – 132 с.
5. Гир Дж. Зыбкая твердь: Что такое землетрясение и как к нему подготовиться / Дж. Гир, Х. Шах; пер. с англ. Н. В. Шебалина. – М.: Мир, 1988. – 182 с.
6. СП 292.1325800.2017. Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования. – Введ. 24.12.2017 – М.: Минстрой России, 2017. – 143 с.
7. Клячко М.А. О нормах проектирования зданий и сооружений в цунамиопасных районах / Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2017. – Том 10,

№ 3. – С. 5–25

8. Белаш Т. А. Предложение по цунамизащите зданий / Т. А. Белаш, И. Б. Нудьга, А. Д. Яковлев / Инновационный альбом российской академии архитектуры и строительных наук, 2018. – Вып. 2017–1. – С. 25.

9. Белаш Т. А. Сейсмостойкость цунамистойких жилых зданий / Т. А. Белаш, А. Д. Яковлев / Инженерно-строительный журнал, 2018. – № 4(80). – С. 95–103.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, СЕЙСМОУСИЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ СИЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

ТРЕКИН Н.Н., АО ЦНИИПромзданий, Россия, Москва

КОДЫШ Э.Н., Россия, Москва

КЕЛАСЬЕВ Н.Г., АО ЦНИИПромзданий, Россия, Москва

Ключевые слова: несущая способность, особое предельное состояние, аварийное воздействие, изгибаемый железобетонный элемент, предельные деформации арматуры и бетона.

Научные коллективы многих стран разрабатывают эффективные и вместе с тем малозатратные способы, предотвращения прогрессирующего обрушения конструкций зданий при разрушении (отказе) одного или нескольких несущих элементов. Подобная расчетная ситуация возникает, как правило, при аварийном воздействии, не предусмотренным нормативными документами. Защита от этих воздействий особенно актуальна для современных многоэтажных зданий из сборного или монолитного железобетона с массовым нахождением людей.

Одним из способов повышения устойчивости зданий при отказе несущей конструкции является более полный учет поведения элементов и их сопряжений при кратковременном действии нагрузки и динамики изменения схемы работы несущей системы здания. Для этого целесообразно допустить большее раскрытие трещин, развитие прогибов и частичное разрушение некоторых сечений, что противоречит действующим критериям первого и второго предельных состояний, обеспечивающих эксплуатационную пригодность конструкций и здания. Поэтому необходимо введение конкретных нормативов особого предельного состояния для конструкций, которое приведено в ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения».

Особое предельное состояние конструкции допустимо при воздействии кратковременных нагрузок, которые возрастают и исчезают, как правило, за короткий промежуток времени и наиболее эффективно может быть использовано для статически неопределимых систем. Особое предельное состояние это стадия работы конструкции после достижения границы несущей способности по первому и второму предельным состояниям. Превышение этого состояния, в котором они не полностью соответствуют функциональным требованиям, приводит к их обрушению. Для изгибаемого железобетонного элемента оно может наступить, когда наиболее напряженная часть бетона в сечении начинает разрушаться, а в растянутой арматуре напряжения снижаются. В этом случае деформирование конструкции может быть прекращено, если действующая нагрузка не превышает остаточную несущую способность наиболее напряженного сечения, и конструкция не обрушается.

В сжатых элементах особое предельное состояние допустимо учитывать, если скорость убывания нагрузки опережает интенсивность снижения несущей способности. Так в колоннах с косвенным армированием учет стадии разрушения позволил повысить мгновенно-возрастающую динамическую нагрузку на 13%.

Реализация этого предельного состояния наиболее целесообразна в рамных каркасах с высокой степенью статической неопределимости взаимодействия всех несущих элементов. Будучи реализованным в ригеле рамного каркаса, оно приведет к интенсивному перераспределению усилий в раме. Это позволит сохранить целостность рамы даже при снижении несущей способности отдельных ее элементов.

Введение и учет особого предельного напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых конструкций позволяет обнаружить значительные прочностные и деформативные резервы, даже после значительного раздробления сжатой зоны бетона и, как следствие, уменьшения рабочего сечения конструкции.

В качестве критериев особого предельного состояния для изгибаемых железобетонных конструкции следует принимать:

- ограничение деформаций сжатого бетона предельными значениями $\epsilon^3_{\mu} > b_{2;}$
- ограничение деформаций растянутой арматуры предельными значениями относительных деформаций $\epsilon^3_{\mu} > s_{2;}$
- прогибы изгибаемых элементов при условии обеспечения минимально допустимой длины зоны опирания и анкеровки арматуры не должны превышать $1/50$ длины пролета.

Использование в расчетах критерии особого предельного состояния при проектировании сейсмостойких зданий и сооружений и особенно при реконструкции и повышении сейсмостойкости существующих объектов строительства позволит дифференцированно подойти к различным помещениям. Так пути эвакуации людей должны полностью соответствовать действующим требованиям сейсмостойкого строительства, а остальные помещения могут быть запроектированы с учетом требований особого предельного состояния. Это позволит достичь существенной экономии материалов и средств без ущерба для безопасной эксплуатации.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, СЕЙСМОУСИЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

СЕЙСМОИСТОРИЯ, АРХЕОСЕЙСМОЛОГИЯ И СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ АНТИЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ: АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ, РЕФЕРАТИВНЫЙ ОБЗОР

ЖАРКОВ И., заведующий кафедрой общегуманитарных дисциплин «Российская международная академия туризма», кандидат исторических наук, доцент, Российская международная академия туризма, Россия, Москва

Ключевые слова: археосейсмология, сейсмоистория, природные катастрофы, сейсмостойкое строительство.

Карта распространения древних цивилизаций на юге Евразийской плиты показывает их тесную связь с различными тектоническими событиями. Исследования отчетливо указывают на то, что некоторые землетрясения были не просто катастрофическими событиями, но и сыграли роль своеобразного катализатора в развитии градостроительства и архитектуры в Древнем мире. В последние годы наблюдается большой интерес к сейсмологической истории древних памятников и сооружений; этот интерес обусловлен необходимостью их защиты и укрепления от будущих землетрясений, а также лучшего понимания сейсмической истории некоторых регионов.

Именно в этих рамках в современной науке предпринимаются усилия по разработке методологии идентификации палеосейсмических событий на основе изучения археологических данных, по обогащению сейсмологических каталогов и по изучению последствий собранной информации для наук о земле, гуманитарных наук, инженерного дела и сейсмостойкого строительства. Эти исследования привели к рождению археосейсмологии, новой дисциплины или междисциплинарной области изучения землетрясений, которая сосредоточена на изучении строительных конструкций.

Обзор литературы, проведенный в настоящем исследовании, свидетельствует о том, что средиземноморский регион является ценным полигоном для археосейсмологических изысканий. Использование методов археосейсмологии совместно с методами сейсмоистории, палеосейсмологии, с геоморфологическими и геотехническими анализами представляет собой ценный инструмент для уточнения знаний о сейсмической культуре региона, о долгосрочной сейсмичности и стратегическом использовании древних археологических памятников для изучения конкретных сценариев землетрясений.

Сейсмическая история Средиземноморского региона насчитывает порядка 4 тысяч лет - от Минойского извержения и землетрясения, в результате которого погибла Крито-Микенская цивилизация. Это древнейшая сейсмологическая история на Земле. За этот период в Средиземноморском регионе произошло несколько десятков землетрясений с магнитудой более 7 баллов.

Сегодня любая геофизическая опасность, независимо от ее абсолютных масштабов и величины, может иметь неблагоприятные экологические и социальные последствия. Поскольку мы не можем предсказать будущее, не говоря уже о землетрясениях, исторический и археологический мониторинг в течение длительного

периода времени представляет собой фундаментальный подход к контекстуализации настоящего и разработке рациональных стратегий сейсмоустойчивости. В последние десятилетия кризисные сейсмические явления, с которыми сталкивалось Средиземноморье и другие регионы в древний период истории, вызывают большой научный интерес. Историческая информация может быть использована для оценки сейсмической опасности того или иного региона, т. е., частоты возникновения прошлых землетрясений с точки зрения их местоположения, величины и иногда их связи с поверхностным разломом и при описании сейсмичности и тектоники. Для оценки вероятной опасности землетрясений и сейсмостойкости сооружений мы должны выяснить, что произошло в прошлом и экстраполировать различные данные.

Если тектонизм был культурным стимулятором в древности, то он, вероятно, остается им и сейчас, хотя и менее заметен в нашем более сложном мире. Влияние тектоники плит на эволюцию и распространение человека не оспаривается, что подтверждается данными как геологов, так и антропологов и историков.

Структурные повреждения и заброшенность древних зданий и сооружений в различных районах и периодах уже давно отнесены археологами к землетрясениям. Недавние исследования, охватывающие широкий временной промежуток, показали, что, несмотря на фрагментарный и иногда неубедительный характер археологических находок, можно представить типологию последствий землетрясений в архитектурных работах, соответствующих различным архитектурным и структурным стилям. Можно также отличить следы землетрясений от следов других природных и антропогенных воздействий, а также признать образ мышления древних архитекторов и строителей, которые пытались минимизировать сейсмическую уязвимость своих сооружений.

Древние строения показывают деформации, связанные с сейсмическим воздействием, аналогичные наблюдаемым в недавних землетрясениях. Типичными последствиями землетрясения для стен кладки являются: (1) поперечные трещины, зарождающиеся в углах дверей и окон и приводимые в движение сдвиговыми силами, (2) угловое вытеснение стен, вызванное дифференциальными перемещениями в ортогональных направлениях, (3) горизонтальное и независимое боковое и вращательное смещение стеновых блоков, лучше всего видимое в несцементированных стенах прямоугольных блоков, (5) обрыв углов блоков из-за концентрации напряжений при встряхивании, (6) уменьшение высоты вертикальным разрушением, (7) перемещение замковых камней и разрыв арок опор, (8) вращение вертикально ориентированных объектов, и (9) опрокинутые колонны, лежащие параллельно друг другу и др.

Недавние исследования отчетливо указывают на то, что некоторые землетрясения были не просто катастрофическими событиями, но и сыграли роль катализатора в развитии градостроительства, архитектуры в стиле определенных зон или мест, как в доисторические, так и в более поздние периоды.

В последние годы наблюдается большой интерес к сейсмологической истории древних памятников; этот интерес обусловлен необходимостью их защиты и укрепления от будущих землетрясений, а также лучшего понимания сейсмической истории некоторых регионов. Это исследование привело к рождению археосейсмологии, новой дисциплины или, лучше сказать, междисциплинарной области изучения землетрясений. Особенность этой дисциплины в том, что она сосредоточена на изучении конструкций, возведенных людьми. Последние являются не просто пассивными маркерами внезапного геоморфологического изменения, но отражают также усилия человека противостоять землетрясениям, выжить при землетрясениях и уменьшить их последствия.

Археосейсмология сосредоточена на изучении землетрясений в археологических записях. Поскольку возникновение землетрясений на разломах рассматривается как стохастический процесс, и поскольку инструментальные наблюдения землетрясений были записаны лишь немногим более века назад, научная запись землетрясений недостаточна для понимания сейсмического риска во всем мире. Один из способов расширить наши знания состоит в том, чтобы извлечь информацию о древних землетрясениях из археологических записей и свидетельств. Такая работа требует сотрудничества между археологами, геологами, геофизиками, инженерами и требует особого внимания к поиску доказательств ущерба от землетрясений в текущих и будущих раскопках.

С начала 2000-х гг. археосейсмология превратилась в процветающую область исследований. О растущем научном интересе влияния сейсмичности на древние общества и оценки роли археологических данных в оценке сейсмической опасности свидетельствуют многочисленные публикации в специализированных

научных журналах, появление коллективных работ и отдельных монографий, а также проведение международных конференций и семинаров по археосейсмологии. В рамках данной дисциплины археологи, историки, геологи, сейсмологи, геофизики работают в синергии, устанавливая связь между инструментальной и исторической сейсмологией (исследование землетрясения на основе, соответственно, инструментальных процедур и исторических данных), и палеосейсмологией (исследование экологических последствий, вызванных древними землетрясениями по геологическим и геоморфологическим данным).

Существование определенной антисейсмической технологии в древности, однако, является предметом споров между различными специалистами. Первые говорят о том, что древние строители не задумывались о сейсмостойкости своих архитектурных сооружений, вторые же пытаются представить доказательства стилей строительства, несомненно свидетельствующие о страхе перед сейсмическими ударами. Современные исследования указывают на многочисленные примеры строительных особенностей и приемов, используемых в античности, основная функция которых, согласно современному опыту, противостояние динамическим нагрузкам.

Существуют исторические и археологические свидетельства того, что древние люди смогли определить, какие сооружения устойчивы к землетрясениям, и построить такие сооружения. Древние, безусловно, предпринимали определенные усилия по внедрению, тестированию и обобщению таких методов, зачастую под контролем центральных органов управления. Поэтому землетрясения служили зачастую решающим фактором в стиле строительства. Однако, поскольку угроза землетрясений не была постоянной, дорогостоящие и архитектурно неудобные структурные ограничения иногда игнорировались или обрекались на забвение. Сейсмический риск (или, лучше сказать, повторяющиеся интервалы между крупными потрясениями и сохранившиеся воспоминания о разрушительных землетрясениях) был, таким образом, одним из факторов анализа затрат и выгод при планировании новых сооружений в древности.

Археологи нашли многочисленные свидетельства землетрясений в Эгейском море, которые, вероятно, ударили по Микенам, Тиринфу, Фивам, Пилосу, Криту. В Восточном Средиземноморье ущерб от землетрясений виден в Трое, Хаттусе, Угарите, Алалахе, Мегиддо, Ашдоде и в других местах. Многие ученые считают, что землетрясения спровоцировали «системный коллапс», в результате которого сложные централизованные общества рухнули под давлением экономических, физических или демографических катастроф. Разрушения, вызванные последовательными землетрясениями, возможно, были первым звеном в цепи событий, которые привели к краху политических, социальных и экономических систем в Эгейском и Восточном Средиземноморье, в результате чего Бронзовый век подошел к решающему концу.

В последние десятилетия были предприняты значительные усилия по выявлению четких и надежных критериев, позволяющих распознавать сейсмические повреждения внутри археологических памятников. Этот традиционный подход к изучению древних землетрясений основывается на определении типологии повреждений, наблюдаемых на монументальной архитектуре.

Хотя применение существующих типологий землетрясений и методологических подходов, таких как «матрица осуществимости» по К.Г. Хинцену и «логическое дерево» по М. Синтубину и И.С. Стюарту, может представлять собой возможные пути продвижения вперед в структурировании сбора данных и критической оценки, их строгая применимость к древним археологическим контекстам еще не доказана. Несомненно, более глубокое понимание влияния землетрясений на античные сооружения потребует, прежде всего, разработки междисциплинарных исследовательских программ, объединяющих археологов, геологов, архитекторов, инженеров, геофизиков.

Резюмируя вышесказанное, необходимо отметить, что средиземноморский регион является ценным полигоном для археосейсмологических изысканий. Использование методов археосейсмологии совместно с методами сейсмоистории, палеосейсмологии, с геоморфологическими и геотехническими анализами представляет собой ценный инструмент для уточнения знаний о сейсмической культуре региона, о долгосрочной сейсмичности и стратегическом использовании древних археологических памятников для изучения конкретных сценариев землетрясений.

ГЕОИНФОРМАТИКА, ПАСПОРТИЗАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИМ РИСКОМ

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

ЗААЛИШВИЛИ В.Б., д.ф.-м.н., профессор, директор и зав. отделом геофизики, инженерной сейсмологии и геоинформатики¹, зав. кафедрой геофизики и геоинформатики, Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л.Хетагурова, Владикавказ, Россия
БУРДЗИЕВА О.Г, к.г.н., внс, Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН, Владикавказ, Россия

Ключевые слова: забивка свай, грунты, сейсмические колебания, спектральный состав, поглощение, site effect, воздействие на застройку

В условиях точечной застройки забивка свай оказывает значительное влияние на близлежащие здания, которое должно учитываться при проведении работ. В статье впервые представлены инструментальные материалы, полученные в девяностые годы. Грунтовые условия представлены мягкопластичными глинами, мощность которых варьировалась от 4,5 м до 13,0 м. Рассмотрены особенности колебаний при забивке свай в предварительно пробуренную скважину меньшего диаметра – осесимметричный источник. Частота вертикальных колебаний составила $f=18-20$ Гц, а горизонтальных – $f=13-15$ Гц. Амплитуда вертикальных колебаний в ближней зоне составила 0,11-0,413 мм и в непосредственной близости к существующему зданию 0,0024-0,0061 мм. Кроме решения прямой задачи оценки параметров воздействия на существующие объекты, также рассмотрено экранирование колебаний. Выполнены расчеты воздействий с учетом экрана и без него.

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

ВСЕСТОРОННИЙ ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ СЕЙСМОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ

КОНОВАЛОВ А.В., Сахалинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук

ГЕНСИОРОВСКИЙ Ю.В., Сахалинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук

СТЕПНОВ А.А., Сахалинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук

СЫЧЕВ А.С., Общество с ограниченной ответственностью «Геофизические технологии»

Ключевые слова: Сейсмогенный оползень, модель Ньюмарка, вероятностный анализ, о. Сахалин, сценарное землетрясение, устойчивость склона

Повреждения, связанные с сейсмогенными оползнями, могут быть такого же порядка или значительно превышать ожидаемый ущерб от непосредственных сейсмических воздействий. В данной работе предложен новый вероятностный метод оценки оползневой опасности сейсмогенного характера. Данный метод предполагает многоэтапный подход. Эти этапы включают вероятностный анализ сейсмической опасности для конкретного участка, геотехнические исследования и калибровку вероятностной модели возникновения оползня в результате сейсмических нагрузок. Предложена методика деагрегации опасности «возникновения» сейсмогенного оползня для выбора параметров сценарного землетрясения. Метод апробирован на нескольких оползневых участках на юге о. Сахалин, которые также являются сейсмически активными. Значительное расхождение между сценарными сейсмическими воздействиями с точки зрения 475-летней карты сейсмической опасности и рассмотренным полностью вероятностным подходом предполагает, что расчетная вероятность возникновения сейсмогенного оползня может быть недооценена или завышена при использовании 475-летней карты сейсмической опасности для прогнозирования оползневых эффектов. Данный подход следует идеологии сбалансированной оценки риска, которая учитывает все возможные сейсмические сценарии, модели и параметры склона. Авторы надеются, что данный подход улучшит геотехнические исследования, связанные с количественной оценкой устойчивости склонов.

ЦЕЛЕВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ОЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ НОРМИРОВАНИЯ ЦУНАМИ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ ПОРТОВ И БЕРЕГОВЫХ ЗДАНИЙ

КЛЯЧКО М.А., АНО "Региональный альянс для анализа и уменьшения бедствий" (АНО "РАДАР"), Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова:

Очередные задачи нормирования цунамибезопасности морских портов и береговых зданий Immediate objectives of norming of seaport and coastal structures safety under tsunami impact Проф. Клячко М.А., Председатель Совета АНО «Региональный альянс для анализа и уменьшения бедствий» (АНО «РАДАР»), radar@cendr.org Prof. Mark Klyachko, Chairman, Regional Alliance for Disaster Analysis & Reduction (RADAR) NRO, radar@cendr.org Новые неотложные задачи обеспечения цунамизащиты прибрежных и береговых сооружений от воздействия цунами рассматриваются как очередные шаги решения комплексной проблемы цунамибезопасности. New pressing tracks to ensure tsunami protection of seaports and coastal facilities against tsunami impact are considered as the next steps to solve the complex problem of tsunami safety. Цунами, цунамиопасный район, цунамимикроайонирование, картирование зон затопления, прибрежные и береговые сооружения, численное моделирование, безопасность морских портов, смягчение воздействия цунами, цунамизащитные сооружения, градостроительное регулирование. Tsunami, tsunami-prone zone, tsunamimicrozonation, inundation zone mapping, coastal engineering, numerical simulation, seaport safety, tsunami mitigation, tsunami protection structures, urban planning. В 2017 году утвержден Минстроем России разработанный в АНО «РАДАР» под руководством автора СП 292.1325800.2017 «Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования», описание которого представлено в журнале «Фундаментальная и прикладная гидрофизика» №3, том 10 в 2017 году. Этот свод правил разработан группой специалистов-членов РГ «Цунамизащита» ПК7 «Сейсмическая безопасность» ТК-465 «Строительство», среди которых А.И.Зайцев, Н.Г.Заритовский, В.М.Кайстренко, В.В.Максимов, И.С.Нуднер, Е.Н.Пелиновский, Ю.Л.Рутман, В.Ю.Фильков. В 2018 году для разъяснения положений и требований этого свода правил тем же коллективом с участием И.Г.Кантаржи и Г.В.Шевченко были разработаны вспомогательные методические пособия по проектированию зданий и сооружений в цунамиопасных районах и «База данных для проектирования строительных сооружений на цунамиопасных побережьях Российской Федерации», в которых был развит и применен в целях цунамибезопасности метод численного моделирования, что позволяет упростить задачу цунамимикроайонирования и рассматривать проблему взаимодействия волн цунами с элементами застройки прибрежной акватории и береговой территории. При этом решается задача определения вероятной зоны затопления береговой территории и картирования этой территории в качестве исходного материала для последующего проектирования. Кроме этой первоочередной задачи, требуется рассмотреть вопросы назначения расчетных нагрузок и ситуаций при воздействии цунами на здания различной формы обтекаемости и проницаемости, проблемы надежности строительных сооружений при воздействии так называемых «близких» цунами, геотехнические задачи устойчивости грунтовых оснований,

особенности учета и предотвращения воздействия волн цунами, содержащих обломки и лед, возведение сооружений вертикальной эвакуации, а также пути градостроительного регулирования цунамибезопасности при разработке и реализации проектов территориального планирования. Подчеркивается необходимость апробации разработанных нормативных документов для анализа устойчивого и безопасного функционирования российских морских портов при воздействии цунами.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, СЕЙСМОУСИЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УСИЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ФИБРОАРМИРОВАННЫМИ ПЛАСТИКАМИ

БЕСПАЕВ А.А., «КазНИИСА», Алматы, Казахстан

Ключевые слова:

Рассмотрена эффективность усиления и восстановления эксплуатационной пригодности поврежденных при землетрясениях железобетонных конструкций предварительно напряженными фиброармированными пластиками. В процессе строительства и эксплуатации, при землетрясениях нередко изгибаемые железобетонные конструкции получают недопустимые прогибы или чрезмерное раскрытие трещин. Традиционные методы усиления железобетонных конструкций ориентированы на применение для усиления металлической арматуры или прокатной стали. Усиление обеспечивается наращиванием размеров, устройством обойм или рубашек, применением шпренгельных систем и т.п. Основные трудности такого усиления связаны с необходимостью обеспечения совместной работы дополнительных элементов усиления с существующей конструкцией, что требует выполнения вскрышных работ, приварки к существующей арматуре, обетонирования элементов. Для усиления требуется дополнительное оборудование, выполнение сварных, опалубочных и бетонных работ. Необходимо значительное время для набора прочности бетона моноличивания. При этом увеличиваются размеры сечения и вес конструкций, затруднен контроль качества усиления. Эти работы обладают высокой трудоемкостью, длительностью выполнения, низкой эффективностью, высокой стоимостью. Современные методы усиления строительных конструкций ориентированы на применение для усиления фиброармированных пластиков, представляющих собой композит из фиброармированных искусственных волокон в пластиковой основе. Они отличаются повышенной прочностью, упругим характером деформирования и высокой коррозионной стойкостью, малым весом. Фиброармированные пластики поставляются в виде композитных лент, тканей или сеток, которые содержат армирующие волокна из углерода, базальта, арамида или стекла в полимерной матрице из различных смол (эпоксидных, фенольных, винилэфирных или других видов органических смол). Применение поверхностного усиления железобетонных конструкций отличается простотой и повышенной скоростью выполнения, высокой эффективностью, низкой трудоемкостью, снижением стоимости работ. На очищенную бетонную поверхность наносится грунтовка и затем наклеиваются пластиковые материалы. Усиление нормальных сечений путем наклеивания на растянутую грань композитных лент или сеток может повышать прочность растянутой зоны в несколько раз, увеличить несущую способность по поперечной силе, радикально повысить прочность сжатого бетона. В КазНИИСА выполнен комплекс экспериментальных исследований работы железобетонных конструкций с поверхностным усилением различными видами композитных фибропластиковых материалов, усиливающими нормальные сечения изгибаемых элементов, наклонные сечения изгибаемых элементов, а также сжатых элементов с обоймами из композитных материалов при статических и кратковременных динамических нагрузках. На основании результатов выполненных исследований разработаны методы расчета и конструирования усиления для обычных и сейсмических районов. Поверхностное усиление наклеиванием

фиброармированных пластиков на поврежденные железобетонные конструкции не уменьшает ширину раскрытия имеющихся трещин и существующие прогибы изгибаемых элементов. Фиброармированные пластики включаются в работу усиливаемых конструкций только при дальнейшем увеличении нагрузки, хотя при этом они уменьшают скорость раскрытия трещин и роста вертикальных прогибов, т.е. поверхностное усиление поврежденных изгибаемых железобетонных конструкций не восстанавливает их эксплуатационную пригодность. Для восстановления эксплуатационной пригодности поврежденных изгибаемых железобетонных конструкций предлагается применение предварительного напряжения усиливающих фиброармированных пластиков. Разработан метод создания предварительного напряжения путем создания временного строительного подъема поврежденных конструкций. Это приводит к зажатию трещин и уменьшению прогибов в поврежденных элементах. Затем выполняется поверхностное усиление подверженных участков перекрытия и после схватывания клеевых составов приподнятые конструкции опускаются и в процессе опускания происходит предварительное напряжение наклеенных фиброармированных пластиков. В процессе опускания усиливаемого элемента фиброармирующие материалы включаются в совместную работу с восстанавливаемым элементом. В процессе опускания усиливаемого элемента усиливающие фиброармирующие материалы включаются в совместную работу с восстанавливаемым элементом, что создает их предварительное напряжение, обеспечивает уменьшение деформаций растянутой металлической арматуры, приводит к уменьшению ширины раскрытия трещин, ликвидации чрезмерных прогибов конструкции и восстановлению эксплуатационной пригодности железобетонного перекрытия. Подъем изгибаемых элементов может производиться телескопическими стойками, домкратами или шпренгельными системами из канатов. В Казахстане более десятка крупных многоэтажных зданий получили усиление и восстановление поврежденных железобетонных перекрытий. В процесс создания предварительного напряжения осуществлялся замер вертикальных перемещений и ширины раскрытия трещин в критических сечениях поврежденных элементов на всех стадиях усиления. Приведены примеры восстановления эксплуатационной пригодности и повышения прочности поврежденных железобетонных перекрытий некоторых зданий, включающие сведения о состоянии перекрытий до усиления, в процессе создания строительного подъема поврежденных конструкций и после завершения усиления.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены особенности поверхностного усиления поврежденных при землетрясениях изгибаемых железобетонных конструкций композитными фиброармированными пластиками. Показано эффективное влияние такого усиления на прочность, жесткость и трещиностойкость конструкций.
2. Для восстановления эксплуатационной пригодности поврежденных железобетонных конструкций рекомендуется создавать предварительное напряжение фиброармированных пластиков.
3. Разработан практический метод создания предварительного напряжения фиброармированных пластиков путем создания временного строительного подъема, улучшающего совместность работы фиброармированных пластиков с усиливаемой конструкцией.
4. Приведены примеры усиления различных зданий предварительно напряженными фиброармированными пластиками, позволившие восстановить эксплуатационную пригодность поврежденных железобетонных конструкций.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ - РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ, РЕЗУЛЬТАТЫ

ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТОЯЧИХ ВОЛН

ХОРОШАВИН Е.А., СФУ, Красноярск, Россия

Ключевые слова: Метод стоячих волн, динамические испытания зданий, динамические характеристики зданий, резинометаллические опоры, сейсмоизоляция, сейсмостойкость зданий. method of standing waves, dynamic testing of buildings, dynamic characteristics of buildings, rubber-metal supports, seismic isolation, seismic stability of buildings.

Изучение особенностей распространения сейсмических волн в зданиях и инженерных сооружениях представляет большой интерес с позиций их сейсмостойкости. Существующие методики сейсмического изучения зданий опираются на небольшое количество точек наблюдений и дают лишь оценку сейсмостойкости зданий в целом, и не охватывают проблему влияния дефектов конструкций.

Метод стоячих волн, разработанный для детального исследования физического состояния зданий и сооружений на уровне элементов конструкций, использует собственные колебания множества частот, а не главной частоты как другие методы. Изучается поле стоячих волн с любой детальностью, что даёт возможность получать информацию о локальных скрытых дефектах сооружений. Количественная интерпретация стоячих волн позволяет получить объективные оценки сейсмостойкости.

Большим преимуществом данного метода является использование естественных микросейсмических шумов здания, а не искусственных источников-вибраторов, приводящих к частичным разрушениям несущих конструкций и отделочных элементов.

Целью данной работы является проведение динамических испытаний зданий и сооружений, которая предполагает решение следующих задач:

1. Получение основных динамических характеристик сооружений (частоты и формы собственных колебаний, динамическая жесткость сооружения, характеристики затухания колебаний);
2. Распределение пиковых значений амплитуд собственных колебаний по конструкциям;
3. Выявление опасных зон и слабых мест (скрытых дефектов и трещин) в сооружениях;
4. Оценка сейсмостойкости зданий и сооружений.

В докладе приведены примеры проведения динамических испытаний конструкций вантового и коммунального мостов через реку Енисей в г. Красноярске, административного здания на резинометаллических опорах в городе Иркутске. Выявлены опасные зоны и слабые места конструкций. Получены оценки сейсмостойкости сооружений.

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКАЯ СЛУЖБА, ВИБРОДИАГНОСТИКА, МОНИТОРИНГ

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ЗДАНИЯ С СИСТЕМОЙ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ПРИ РЕАЛЬНОМ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

ГИЗЯТУЛЛИН И.Р., ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Россия, Москва

БУБИС А.А., ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Россия, Москва

ВАХРИНА Г.Н., ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Россия, Москва

ЧУПАНОВ М.Р., ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Россия, Москва

Ключевые слова: мониторинг, сейсмоизоляция, резинометаллическая опора

В процессе работы по мониторингу за динамическим поведением зданий и сооружений в сейсмоопасных районах, Центром Исследований Сейсмостойкости Сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко была осуществлена установка станций инженерно-сейсмометрических наблюдений в Камчатском крае. За период эксплуатации станций динамического мониторинга было зарегистрировано одно землетрясение магнитудой 7,7 и эпицентром в 200-х километрах от населенного пункта Никольское. В данной работе проведен анализ динамического поведения железобетонного здания с системой сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор в результате реального сейсмического воздействия интенсивностью 4-5 баллов по шкале MSK-64.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ. НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ, ЭКСПЕРТИЗА И НАДЗОР В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЛИЩНО-ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ И ПРОБЛЕМЫ АКТУАЛИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ НОРМ

ХАКИМОВ Ш.А., АО “ToshuyjoyLIT”, Ташкент, Республика Узбекистан

Ключевые слова: современные конструктивные системы, сейсмостойкое строительство, актуализация сейсмических норм

Действующие нормы проектирования в сейсмических районах за последние 25-30 лет мало изменились. Однако существенные изменения претерпела строительная палитра конструктивных систем жилищно-гражданских зданий, применяемых в строительстве на сейсмоопасных территориях. Ранее применяемые конструктивные системы, на проектирование которых распространялись требования норм, проходили экспериментальную проверку их несущей способности при динамических (типа сейсмических) нагрузках, а многие из них попадали в зону землетрясений расчетной интенсивности. И каждый раз после инженерного анализа последствий землетрясений нормы подвергались корректировке как в расчётных, так и конструктивных отношениях. В настоящее время экспериментальные работы по оценке сейсмостойкости новых конструктивных систем на территории стран СНГ практически не проводятся, пожалуй, за исключением Казахстана, где КазНИИСА с использованием вибромашины типа В-3, устанавливаемой на крыше, проводят испытания на натурных зданиях с целью оценки сейсмостойкости новых конструктивных систем. Хотя у этой методики натурных испытаний есть сторонники и противники, тем не менее это единственный сохранившийся способ на постсоветском пространстве, который может дать ответы по оценке сейсмостойкости новых систем. Если рассматривать новые конструктивные типы жилых зданий, то вырисовывается такая картина: применяемые 25-30 лет тому назад конструктивные системы в настоящее время практически не находят применения. Их место заняли неисследованные системы, на проектирование которых действующие сейсмические нормы не имеют полноценных ни расчётных, ни конструктивных рекомендаций. К таким системам относятся: безригельные системы, системы с так называемыми скрытыми ригелями, здания с гибкими первыми этажами, каркасно-стеновые конструкции с различным процентом соотношения стен и колонн, рамно-связевые системы, в которых вместо диафрагм используются короткие пилоны, Т-образные колонны, псевдокомплексные кирпичные здания до 7-9 этажей под видом каркасных систем, крупнопанельные здания с разряжёнными шпонками и составным перекрытием из многопустотных железобетонных плит безопалубочного виброформования (без шпонок на продольных гранях и арматурных выпусков по торцам), монолитные плоскостеновые железобетонные дома с единственной в продольном направлении несущей стеной, конструктивные системы, армированные композитной арматурой с нулевым удлинением после разрыва, многоэтажные дома из гипсокартона системы KNAUF, усиленного гнутыми тонколистовыми стальными профилями и т.д. Для указанных конструктивных систем в действующих сейсмических нормах стран СНГ, как правило, отсутствуют рекомендации по назначению значений коэффициентов редукции, этажности, упругопластических характеристик, а также конструктивные

мероприятия, назначаемые без расчёта и др. Таким образом, для перечисленных новых конструктивных систем необходимо найти место в перечне конструктивных систем сейсмических норм, каким-то образом (расчётным или экспериментальным) ранжировать их по степени уязвимости и повреждаемости, определить, так называемый, уровень их природной сейсмостойкости по отношению к известным конструктивным системам. Эти новые конструктивные системы необходимо наделить значениями коэффициента редукции, учитывающего допускаемые повреждения конструкций. При невозможности установления корректных значений коэффициентов редукции по отношению к новым конструктивным системам, их должны проектировать на основании специальных технических условий (СТУ). Значительное внимание при актуализации сейсмических норм следует уделить вопросам конструирования и мероприятиям, назначаемым из конструктивных соображений. В докладе приводятся критический анализ сейсмостойкости новых конструктивных систем, а также рекомендации по корректировке расчётно-конструктивных положений действующих сейсмических норм.

КОНСТРУКЦИИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИИ, НОУ-ХАУ И ТОРГОВАЯ МАРКА – МОЙ ОПЫТ

ПЕТРАШКОВИЧ З, Sistem DC90, Центр сейсмического инжиниринга, Belgrade, Serbia

Ключевые слова: ноу-хау, мораль, интеллектуальная собственность, архитектурное наследие, устройства, безопасность объектов, землетрясение

Внедрение идей индивидуального инноватора идет по пути развития производственной технологии и ее размещения на рынке при активном участии в этом процессе самого инноватора. Он становится предпринимателем, который должен осваивать новые для него области знаний, которые являются гарантией его присутствия на рынке. Незначительному числу инноваторов посчастливиться продать свое детище посредством регистрации патента или ноу-хау и посвятить себя творческому созиданию, где он максимально проявляет свою компетентность и креативность. Продолжается процесс создания новых инноваций. Оба варианта имеют право на существование, если гарантируют стабильное развитие. В этом докладе хочу рассказать о своем опыте новаторства. Ключевые слова: трансфер технологии, ноу-хау, торговая марка, рынок, коммерческая тайна, стабильное развитие. Ключевые слова: ноу-хау, мораль, интеллектуальная собственность, архитектурное наследие, устройства, безопасность объектов, землетрясение.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СЕЙСМОСТОЙКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ; ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.
ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ВОПРОСЫ СТРАХОВАНИЯ И ГАРАНТИРОВАНИЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМООПАСНЫХ РАЙОНАХ

КРИВЦОВ Ю.В., ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, АО “НИЦ “Строительство”, Москва, Россия

Ключевые слова: огнезащита, сейсмостойкость, пожарная сеймика, пожарная безопасность

В статье «Обеспечение пожарной безопасности объектов капитального строительства в сейсмоопасных районах» отражены основные направления развития обеспечения пожарной безопасности строительных конструкций при строительстве объектов в районах с сейсмичностью более 6 баллов. Показано, что обеспечение пожарной безопасности зданий и сооружений в сейсмоопасных районах, напрямую зависит от свойств применяемых для обеспечения требуемых пределов огнестойкости огнезащитных составов. Теоретические исследования Научно-экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко позволили разработать линейку огнезащитных составов, способных обеспечить требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций после приложения к ним сейсмических нагрузок, которые прошли огневые и сейсмические испытания и внедрены в серийное производство на одном из предприятий ведущего российского холдинга НПО «Ассоциация КрилаК» Ключевые слова: огнезащита, сейсмостойкость, пожарная сеймика, пожарная безопасность. Текст: Обязательное нормирование таких характеристик пожарной опасности строительных конструкций и материалов, как пределы огнестойкости и классы пожарной опасности, их подтверждение в аккредитованных испытательных лабораториях для дальнейшего применения в строительстве – это внедрённая и отработанная практика, используемая при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Основные её положения чётко изложены в Федеральном законе от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Одновременно с этим, объекты строительства в зонах с сейсмичностью 6 и более баллов должны быть спроектированы с учётом сейсмостойкости зданий и сооружений, которая должна быть подтверждена путём проведения соответствующих испытаний строительных конструкций, узлов сопряжения или фрагментов зданий в аккредитованных лабораториях. Требования по сейсмической безопасности изложены в Своде правил СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах». Научное экспертное бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, понимая важность проблемы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, в том числе и после сейсмических воздействий, поставило цель разработать линейку огнезащитных составов, способных обеспечить требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций после приложения к ним сейсмических нагрузок. Основным аспектом технического задания на разработку огнезащитных составов для стальных конструкций были: - безусловное обеспечение основных рабочих характеристик составов, таких как

огнезащитная эффективность (ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащитные для стальных конструкций. Метод определения огнезащитной эффективности»); - повышенные прочностные и адгезионные характеристики огнезащитных покрытий, позволяющие сохранить целостность и структурную неизменяемость после сейсмических воздействий; - максимальное сохранение огнезащитной эффективности покрытий, прошедших сейсмические испытания в составе строительных конструкций при различных температурных режимах испытаний (стандартный температурный режим, углеводородный и целлюлозный температурные режимы). Разработанные институтом рецептуры были внедрены в серийное производство на одном из предприятий ведущего российского холдинга НПО «Ассоциация КрилаК», осуществляющего комплексный подход к решению проблем пожарной безопасности. Выпускаемые продукты: огнезащитная краска «Джокер М» и конструктивный огнезащитный состав «МонокотТМ КрилаК» прошли процедуру обязательного подтверждения соответствия (обязательная сертификация), прошли сейсмические испытания. Дополнительно для огнезащитных покрытий на основе данных составов институтом были проведены оценки огнезащитной эффективности после сейсмических воздействий интенсивностью 9 баллов. По результатам испытаний снижение огнезащитной эффективности покрытий на основе огнезащитных составов «Джокер М» и «МонокотТМ КрилаК» выявлено не было. Экспериментальные данные, полученные при проведении этих и других подобных испытаний послужили основой для разработки институтом Стандарта организации по методам испытаний на соответствие требованиям пожарной безопасности строительных конструкций со средствами огнезащиты и систем противопожарной защиты, применяемых в районах с сейсмичностью более 6 баллов.

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И МОСТОВ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И МОСТОВ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

АПСЕМЕТОВ М.Ч., Кыргызский Государственный Университет Строительства, Транспорта и Архитектуры, Бишкек, Кыргызстан

Ключевые слова: Здани, мосты, сейсмостойкость, сейсмозащита, сейсмоизоляция, скользящий пояс, опорные части

ПРИМЕНЕНИЕ САПР, РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ)

РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НОВОГО ПАССАЖИРСКОГО ТЕРМИНАЛА МЕЖДУНАРОДНОГО АЭРОПОРТА «СИМФЕРОПОЛЬ» ИМ. И.К. АЙВАЗОВСКОГО

ПАНАСЕНКО Ю.В., ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, АО “НИЦ “Строительство”, Москва, Россия
СИМБИРКИН В.Н., ООО “ЕВРОСОФТ”, Москва, Россия

Ключевые слова: МКЭ, сейсмостойкость, МРЗ, нелинейность, STARK ES

В докладе представлены некоторые особенности проверочного расчета строительных конструкций нового здания аэровокзального комплекса международного аэропорта «Симферополь» имени И.К. Айвазовского», введенного в эксплуатацию 16 апреля 2018 г.

Сооружение пассажирского терминала аэропорта «Симферополь» представляет собой четырехэтажное здание с размерами в плане, равными 126м x 252м, и наибольшей высотой 35,4 м.

Конструктивная схема здания образована внутренним железобетонным каркасом и металлическими конструкциями покрытия. Главный фасад и фасад со стороны летного поля представляют собой криволинейный витраж с остеклением, в верхней части фасады имеют заполнение непрозрачными металлическими кассетами. Кровля здания, так же, как и основные фасады, имеет криволинейную форму.

Конструкция здания разделена на несколько блоков деформационными (в т.ч. антисейсмическими) швами. В металлоконструкциях покрытия деформационные швы выполнены только в продольном направлении. В поперечном направлении покрытие выполнено неразрезным, без деления на деформационные швы.

Проверочный расчет несущих строительных конструкций здания выполнен в российском программном комплексе STARK ES (разработчик – ООО «ЕВРОСОФТ, Москва). Общий вид расчетной модели здания показан на рисунке 1.

Согласно действующим строительным нормам [1], при проектировании в сейсмических районах широкого класса зданий и сооружений (в том числе, аэровокзальных комплексов) требуется произвести нелинейный динамический анализ напряженно-деформированного состояния их конструкций при сейсмическом воздействии уровня МРЗ. Расчет следует выполнять, «как правило, во временной области с применением инструментальных или синтезированных акселерограмм сейсмического движения грунта» [1]. Применяемые для расчета акселерограммы были подготовлены при помощи программы «Одиссей». Расчет был проведен с учетом возможности развития в элементах конструкций «неупругих деформаций и локальных хрупких разрушений» [1].

Алгоритм нелинейного динамического расчета, реализованный в программном комплексе STARK ES, подробно описан в статье [2]. Решение поставленной задачи было получено с использованием метода разложения динамической реакции конструкции по формам ее собственных колебаний. При решении за-

дачи определения необходимых собственных форм был произведен учет вклада в динамическую реакцию отброшенных и ненайденных форм собственных колебаний.

На основании результатов проверочного расчета был представлен ряд рекомендаций по уточнению расчетного напряженно-деформированного состояния несущих металлических конструкций покрытия здания терминала, что в конечном итоге позволило обеспечить требуемую сейсмостойкость объекта в соответствии с [1].

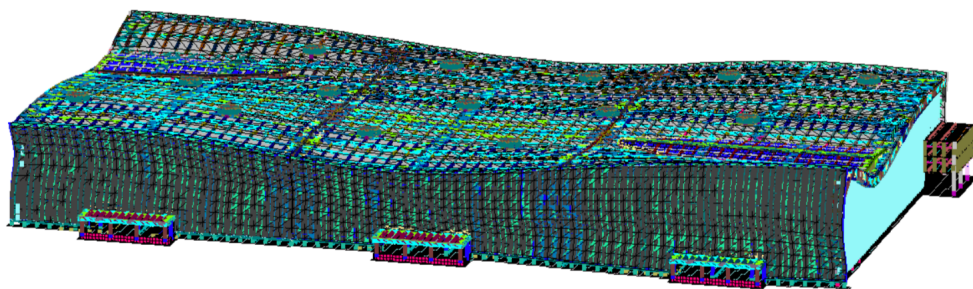


Рисунок 1. Конечно-элементная модель здания терминала

Библиография

1. СП 14.1330.2014. Строительство в сейсмических районах. СНиП II-7-81*. – М.: Минстрой России, 2014. – 125 с.
2. Симбиркин В.Н., Панасенко Ю.В. Упрощенный нелинейный динамический расчет сооружений при сейсмических воздействиях// Строительная механика и расчет сооружений. – 2017. – No 5 (274). – С. 32-36.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ - РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ, РЕЗУЛЬТАТЫ

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СО СТОХАСТИЧЕСКИМИ И ОРГАНИЗОВАННЫМИ ТРЕЩИНАМИ

МИТАСОВ В. М., Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия

СТАЦЕНКО Н. В., Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия

Ключевые слова: Железобетонные конструкции, стохастические и организованные трещины, динамика, колебания, физический эксперимент

Работа посвящена вопросу трещинообразования в железобетонных балочных конструкциях без предварительного напряжения. На основании энергетической теории сопротивления железобетона, в рамках которой ранее была решена задача образования стохастической трещины, приведены результаты экспериментальных исследований о ее поведении в процессе затухания колебаний. Выдвинуты гипотезы “о почти мгновенном образовании первой трещины, о динамическом характере продвижения трещины и об особенностях стабилизации колебаний конструкции с трещиной”.

Для исключения или существенного снижения динамики образования стохастической трещины предложена организация нормальных трещин в ходе изготовления конструкций из железобетона и проведены физические эксперименты с железобетонными балками и пустотными плитами с заранее организованными трещинами. В процессе эксперимента измерения проводили с использованием бесконтактной системы анализа деформированного состояния VIC-3D, лазерного вибromетра (Remote Sensing Vibrometer) RSV-150, высокоскоростной видеокамеры PHOTRON FASTCAM SA 2 со скоростью съемки 4000 кадров в секунду, измерительно-вычислительного комплекса MIC-300. Подтвержден динамический характер образования стохастической трещины, организация трещин при изготовлении конструкций положительно сказалась на параметрах второй группы предельных состояний, фактически выполняет роль внутреннего регулятора НДС.