

## НОВОСТИ

## 4 NEWS

КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ,  
СОВЕЩАНИЯCONFERENCES, SYMPOSIUMS,  
MEETINGS**СМИРНОВА Л.Н.**16 ЕВРОПЕЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ  
СТРОИТЕЛЬСТВУ**SMIRNOVA L.**16TH EUROPEAN CONFERENCE ON EARTHQUAKE  
ENGINEERINGII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

9

13

THE II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE ON SEISMIC RESISTANT CONSTRUCTIONТЕОРЕТИЧЕСКИЕ  
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯTHEORETICAL  
AND EXPERIMENTAL STUDIES**ТЯПИН А.Г., ТОПОРКОВ А.С.**МАКСИМАЛЬНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УСИЛИЯ ПОД ПОДОШВОЙ:  
РАЗНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ НА СДВИГ И  
ПОТЕНЦИАЛА ОТРЫВА ПО ПОДОШВЕ ФУНДАМЕНТА

15

**TYAPIN A., TOPOROV A.**MAXIMAL INTEGRAL FORCES UNDER THE BASE: DIFFERENT  
ESTIMATES OF SHEAR STABILITY AND POTENTIAL UPLIFT**СМИРНОВА Л.Н., УЗДИН А.М., ПРОКОПОВИЧ С.В.**УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ  
КОНСТРУКЦИЙ

24

**SMIRNOVA L., UZDIN A., PROKOPOVICH S.**THE REFINEMENT OF THE MODEL OF SEISMIC INPUT  
FOR THE STATISTICAL MODELING OF STRUCTURESГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
СЕЙСМОБЕЗОПАСНОСТИURBAN PROBLEMS  
OF SEISMIC SAFETY**ОРДЫНСКАЯ А.П., БЕРЖИНСКИЙ Ю.А., БЕРЖИНСКАЯ Л.П.,  
ФИНКЕЛЬШТЕЙН Е.А.**К ОЦЕНКЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ 9-ЭТАЖНЫХ БЛОК-СЕКЦИЙ  
СЕРИИ 111 ПРИ СПИТАКСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ 1988 ГОДА

31

**ORDYNSKAYA A., BERZHINSKII IY., BERZHINSKAIA L.,  
FINKELSTEIN E.**TO THE ESTIMATION OF THE 9-STOREY BLOCK SECTIONS  
OF THE SERIES 111 SEISMIC RESISTANCE FOR THE 1988 SPITAK  
EARTHQUAKE**ЛАПИН В.А., ЕРЖАНОВ С.Е., ДАУГАВЕТ В.П.**ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ ПО ДАННЫМ  
ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

38

**YERZHANOV S., LAPIN V., DAUGAVET V.**CHANGE RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS  
OF HIGH-RISE BUILDING ACCORDING TO DATA FROM  
ENGINEERING SEISMOMETRIC STATIONS

## ПУБЛИКАЦИИ ПРОШЛЫХ ЛЕТ

## PUBLICATIONS OF PREVIOUS YEARS

**КИОДЖИ СЮЭХИРО**ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ.  
ЛЕКЦИЯ 1

45

**KIODJI SIUEHIRO**ENGINEERING SEISMOLOGY.  
LECTURE 1

17 апреля 2018



**Михаил Мень: необходимо неукоснительное соблюдение строительных норм в части безопасности объектов**

Региональные контролирующие органы должны выявлять и пресекать несоблюдение требований нормативно-технических документов, обеспечивающих безопасность зданий и сооружений. Об этом 17 апреля заявил глава Минстроя России Михаил Мень на совместном заседании Комитетов Совета Федерации по обороне и безопасности, по федеративному устройству, региональной политике, местному самоуправлению и делам Севера, по экономической политике.

Как сообщил министр, в настоящее время безопасность зданий на всех этапах их жизненного цикла, от инженерных изысканий и проектирования до эксплуатации и сноса, обеспечивается путем соблюдения требований 384 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и требований стандартов и сводов правил. Регулирование вопросов безопасности на объектах с массовым пребыванием людей, в том числе в торгово-развлекательных центрах, обеспечивается целым рядом сводов правил (всего фонд нормативных технических документов РФ содержит 314 сводов правил и также 1080 стандартов).

«В сводах правил четко регламентированы требования к путям эвакуации, к строительным материалам, применяемым при отделке, к устройству систем вентиляции, аварийного освещения, к размещению детских игровых зон – не выше второго этажа и не далее 20 м от эвакуационного выхода, к доступности для маломобильных групп населения. Контролирующие органы в регионах обязаны обеспечить неукоснительное соблюдение всех строительных норм», – рассказал Михаил Мень.

По его мнению, «слабым звеном», влияющим на безопасность объектов, является именно контроль соблюдения требований нормативно-технических документов. В настоящее время контрольными функциями наделены Ростехнадзор с его территориальными управлениями и региональные службы строительного надзора, осуществляющие контроль на этапе строительства.

«Со своей стороны, в связи со случившейся трагедией в Кемерово, мы направили главам регионов письмо с требованием провести комплекс мероприятий по вы-

явлению фактов нарушения требований, установленных нормативно-техническими документами, при эксплуатации торгово-развлекательных комплексов и других зданий с массовым пребыванием людей», – сообщил глава Минстроя России.

Он также рассказал, что безопасность объектов зависит от качества проведения экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий, в том числе и негосударственными экспертными организациями. Минстрой России разработал законопроект, который принят Госдумой в первом чтении, предусматривающий распространение действующего института саморегулирования в строительстве на организации, осуществляющие проведение негосударственной экспертизы проектной документации или результатов инженерных изысканий. В соответствии с законопроектом, СРО должны будут утверждать стандарты, обеспечивающие унификацию требований к проведению негосударственной экспертизы. В проекте закона предусматривается и уточнение требований к экспертам. Принятие этого законопроекта позволит повысить качество проведения экспертизы, что в свою очередь позволит повысить безопасность зданий и сооружений.

<http://www.minstroyrf.ru/press/mikhail-men-neobkhodimo-neukosnitelnoe-soblyudenie-stroitelnykh-norm-v-chasti-bezopasnosti-obektov/>

9 мая, ТАДЖИКИСТАН



Землетрясение магнитудой шесть баллов произошло в Таджикистане. Об этом сообщило РИА «Новости» со ссылкой на Географическую службу Академии наук.

«Эпицентр землетрясения был расположен в районе Ишкашим Горно-Бдахшанской области Таджикистана, вблизи афганской границы, что в 295 километрах юго-восточнее Душанбе. Магнитуда толчков в эпицентре составила 6 баллов», – сообщил собеседник агентства.

Первые толчки местные жители почувствовали в 15:47 по местному времени (13:47 по Москве). В столице Таджикистана, городе Душанбе, землетрясение также ощущалось. Его специалисты оценили в 4-5 баллов по 12-балльной шкале.

<https://360tv.ru/news/mir/zemletrjasenie-proizoshlo-v-tadzhikistane/>

## 25 мая, АЛМА-АТА



Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры (АО «КазНИИСА») примет участие в работе Индустриально-Научного Центра «ТУМАР», который будет создан на средства грантового финансирования от Международного банка реконструкции и развития (МБРР).

АО «КазНИИСА» будет заниматься разработкой научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), а также получит статус наблюдательного органа.

Договоренности о сотрудничестве между АО «КазНИИСА» и Институтом архитектуры и строительства Казахского Национального Исследовательского Технического Университета им. К.И. Сатпаева (КазНТУ) были достигнуты в ходе совещания под руководством Председателя комитета по делам строительства и Жилищно-коммунального хозяйства Мархабата Жайымбетова.

Сотрудничество будет осуществляться в рамках грантовой программы «Стимулирование продуктивных инноваций», реализуемой МОН РК в рамках Соглашения о Займе между Республикой Казахстан и МБРР, по компоненту «Консорциумы производственного сектора I».

Центр «ТУМАР» будет заниматься разработкой и внедрением новых строительных материалов, конструктивных решений и инженерных систем, а также разработкой и использованием цифровых технологий для строительной отрасли.

Кроме проведения исследований, деятельность Центра будет направлена на реализацию проектов трансферта технологий, предоставление услуг по сертификации и аккредитации.

«АО «КазНИИСА» имеет богатый опыт в области научно-исследовательских и экспериментальных работ, который принесет несомненную пользу в развитии Индустриально-Научного Центра «ТУМАР». С 2018 года началась работа по реконструкции научно-исследовательской лаборатории АО «КазНИИСА», производится закупка современного оборудования, которое позволит проводить в Казахстане испытания строительных материалов и изделий в соответствии с европейскими стандартами», – пояснил Бегман Кульбаев, генеральный директор АО «КазНИИСА»

В рамках совещания с Председателем комитета по делам строительства и Жилищно-коммунального хозяйства

Мархабатом Жайымбетовым, эксперты АО «КазНИИСА» отчитались об итогах работы по внедрению технологии информационного моделирования в строительную отрасль РК (ТИМСО), а также представили информацию о сравнительных расчетах конструкций на предмет удорожания стоимости строительства, выполненных на основе европейских стандартов в строительстве (еврокоды) и СНИП РК.

<https://kazniisa.kz/index.php/component/k2/item/162-2018-05-25-11-09-45>

## 23-26 мая, ИРКУТСК

В Иркутском СибЭкспоцентре прошла традиционная ежегодная выставка «Байкальская строительная неделя». Выставка проводится при официальной поддержке Правительства Иркутской области, Российского союза строителей, Союза строителей Иркутской области, Торгово-промышленной палаты Восточной Сибири, Иркутской региональной ассоциации работодателей «Партнерство товаропроизводителей и предпринимателей», под патронажем Торгово-промышленной палаты РФ.

В семинаре «Обзор зданий и сооружений с системами сейсмозащиты, возведенных в России, возводимых и проектируемых в настоящее время» принял участие заместитель руководителя ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» А.А. Бубис.

## 28 мая, МОСКВА

### Глава Минстроя России Владимир Якушев открыл XV Всероссийский съезд СРО

Министр строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Владимир Якушев 28 мая открыл XV Всероссийский съезд саморегулируемых организаций, основанных на членстве лиц, осуществляющих строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства.

Приветствуя участников съезда, Министр отметил, что подписанный 7 мая указ Президента, поставил амбициозные задачи перед строительной отраслью. Для их выполнения до 1 октября должна быть подготовлена соответствующая законодательная база.

«Та нормативная база, которую мы подготовим, и по которой будем жить до 2024 года, должна быть максимально продуктивной, эффективной и, самое главное, жизнеспособной», – подчеркнул Владимир Якушев.

Он призвал строительное сообщество работать в режиме постоянного диалога и активней принимать участие в обсуждении нормативных актов, разрабатываемых ведомством.

Напомним, Президент РФ Владимир Путин поручил Правительству при разработке национального проекта в сфере жилья и городской среды исходить из того, что в 2024 году необходимо обеспечить увеличение объема жилищного строительства не менее чем до 120 миллионов квадратных метров в год. В рамках указа глава государства поручил улучшать жилищные условия не менее 5 млн. семей ежегодно и обеспечить ипотеку в 8% для семей со средним достатком.

### 1 июня, КУРИЛЫ

Землетрясение магнитудой 5,5 произошло в субботу у курильского острова Шикотан, передает РИА Новости со ссылкой на Геологическую службу США (USGS).

Толчки зафиксированы в 09.48 по времени UTC (12.48 мск). Эпицентр землетрясения располагался в 107 километрах к востоку от острова Шикотан. Очаг залегал на глубине 10 километров.

<https://www.trend.az/world/2912015.html>

### 4 июня, АЛМА-АТИНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Эпицентр землетрясения расположен в 184 км на восток от Алматы.

Сетью сейсмических станций ГУ «СОМЭ КН МОН РК» 04 июня 2018г. в 08 час 17 мин 56 сек Алматинского времени (04 июня 2018г. в 02 час 17 мин 56 сек по Гринвичу) зарегистрировано землетрясение. Эпицентр землетрясения расположен в 184 км на восток от Алматы на территории Казахстана», – говорится в сообщении. Как сообщили сейсмологи, энергетический класс землетрясения 10.2. Магнитуда  $M_{PV}$  4.8. Координаты эпицентра  $43.09^\circ$  с.ш.  $79.17^\circ$  в.д. Глубина 20 км. Сведения об ощутимости (по шкале MSK-64): поселок Узын-Булак 3 балла.

<http://www.zakon.kz/4921532-seysmologi-zafiksirovali-zemletryasenie.html>

### 7 июня, МОСКВА

#### Подписано соглашение о взаимодействии между ТК 465 «Строительство» и ТК 274 «Пожарная безопасность»

Подписано соглашение о взаимодействии между техническими комитетами по стандартизации ТК 465 «Строительство» и ТК 274 «Пожарная безопасность» в рамках открытия Международного салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность 2018» МЧС России.

По словам замглавы Минстроя России, председателя ТК 465 «Строительство» Хамита Мавлярова, подписанное соглашение позволит усилить конструктивное взаимодействие комитетов и выстроить планы на дальнейшую работу. В рамках соглашения технические комитеты будут осуществлять взаимодействие в формировании долгосрочных программ и планов работ по национальной стандартизации. Также стороны будут проводить совместную разработку проектов национальных и межгосударственных стандартов на обеспечение требований пожарной безопасности в строительстве, а также обмениваться опытом в разработке нормативных документов на основе их гармонизации с международными, региональными и межгосударственными стандартами.

Специалистами ФАУ «ФЦС» – базовой организации ТК 465 «Строительство» подготовлен проект Программы по совместной экспертизе стандартов и сводов правил, обеспечивающих требования пожарной безопасности при проектировании и строительстве.

В подписании соглашения приняли участие ведущие специалисты и эксперты отрасли – ВНИИПО МЧС России, Департамент градостроительной деятельности и архитектуры Минстроя России, ФАУ «ФЦС».

<http://www.minstroyrf.ru/press/podpisano-soglasenie-o-vzaimodeystvii-mezhdu-tk-465-stroitelstvo-i-tk-274-pozharnaya-bezopasnost/>

### 7 июня, ДУШАНБЕ



#### Строители СНГ создали подкомиссию по информационному моделированию

Представители строительной отрасли СНГ создали подкомиссию по развитию нормативно-технической базы в области технологий информационного моделирования в строительстве СНГ. Первое заседание Комиссии пройдет в Казахстане в сентябре 2018 года под председательством Казахского научно-исследовательского и проектного института строительства и архитектуры (АО «КазНИИСА»).

Договоренность была достигнута в ходе третьего заседания Базовой организации по проблемам технического регулирования Межправительственного совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ. В мероприятии, которое прошло в Душанбе с 7-9 июня 2018 года, приняли участие специалисты строительной отрасли из России, Казахстана, Кыргызстана, Узбекистана и Таджикистана.

Александр Шахнович, Управляющий директор по развитию и цифровизации Казахского научно-исследовательского и проектного института строительства и архитектуры (АО «КазНИИСА») выступил с докладом «Ключевые аспекты межгосударственного взаимодействия в области информационного моделирования в строительстве».

«В 2017 году эксперты КазНИИСА разработали Концепцию внедрения информационного моделирования в строительную отрасль Казахстана, а в апреле этого года наши эксперты предложили создать единый межгосударственный цифровой словарь, который описывает взаимосвязи терминов между собой для последующей правильной оцифровки нормативно-технических документов, в том числе, по технологии информационного моделирования. Уверен, что заседание подкомиссии по развитию нормативно-технической базы в области технологий информационного моделирования в строительстве СНГ, которое запланировано на сентябрь 2018 года, позволит расширить и укрепить сотрудничество в развитии

новых технологий в строительстве стран СНГ», – считает Бегман Кульбаев, генеральный директор АО «КазНИИСА».

Особое внимание на заседании Базовой организации было уделено вопросу гармонизации и развития норм по сейсмостойкому строительству, проведению совместных экспериментально-теоретических исследований.

Поскольку Казахстан является признанным экспертом в области сейсмостойкого строительства на территории СНГ, доклад Миркена Абаканова, доктора технических наук, Советника генерального директора АО «КазНИИСА» по техническим вопросам, по вопросам гармонизации и развитию норм по сейсмостойкому строительству государств – участников СНГ был заслушан с особым интересом.

В свою очередь, Ералы Шокбаров, Управляющий директор по производству АО «КазНИИСА» выступил с предложением создать Базовую организацию по сейсмостойкому строительству на базе АО «КазНИИСА».

В связи с актуальностью данной проблемы и необходимостью расширенного рассмотрения вопросов по данной теме представители строительной отрасли СНГ решили провести отдельное заседание по вопросам сейсмостойкого строительства.

<https://kazniisa.kz/index.php/component/k2/item/165-2018-06-11-08-52-46>

### **Российские и казахские эксперты одобрили план развития нормативно-технической базы в области BIM**

План работы Подкомиссии по развитию нормативно-технической базы в области технологии информационного моделирования в строительстве на 2018 год утвержден на третьем заседании Базовой организации государств-участников СНГ по проблемам технического регулирования в строительном комплексе. Мероприятие прошло 8-9 июня в г. Душанбе.

В заседании приняли участие 50 представителей национальных органов исполнительной власти в сфере строительства и подведомственных им организаций Таджикистана, Казахстана, Киргизии и России. Эксперты Российской Федерации и Республики Казахстан представили участникам единый подход к развитию нормативно-технической базы в области BIM.

Планом работы предусмотрена разработка системы классификации строительной информации, словаря строительной терминологии для целей классификации, словаря BIM-терминологии, проекты которых представлены специалистами Федерального центра нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве.

В ходе обсуждения участниками заседания принято решение дополнить его совместными исследованиями в направлении семантического описания набора наиболее часто употребляемых терминов в строительстве и разработки межгосударственных стандартов в области BIM на основе национальных, действующих в России и Казахстане.

Напомним, Базовая организация была создана на базе подведомственного Минстрою России ФАУ «Федераль-

ный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» («ФЦС») для решения вопросов формирования общей, полноценной, профессиональной среды в сфере технического нормирования, отвечающей национальным интересам каждого государства и обеспечивающей надежность и безопасность строительных объектов, доступность экономического сотрудничества в сфере строительства. Необходимость в такой структуре связана с тем, что за последние годы в государствах-участниках СНГ наметились существенные расхождения в подходах к строительному нормированию, которые способны в будущем создать неоправданные барьеры в экономическом сотрудничестве.

<http://www.minstroyrf.ru/press/rossiyskie-i-kazakhskie-eksperty-odobrili-plan-razvitiya-normativno-tekhnicheskoy-bazy-v-oblasti-bim/>

### **18 июня, ЯПОНИЯ**



Число пострадавших при землетрясении в районе городов Осака и Киото в Японии превысило 200 человек, сообщает канал NHK со ссылкой на местные власти. По данным канала, в Осаке около 700 человек были эвакуированы в пункты временного размещения. Как сообщает канал Channel NewsAsia, в метеорологической службе Японии предупредили о возможности сильных повторных толчков. Как ранее сообщило Метеорологическое агентство Японии, землетрясение магнитудой 5,9 произошло около 08:00 по местному времени (02:00 по московскому времени) в японской префектуре Осака в понедельник. Позднее магнитуда землетрясения была повышена агентством до 6,1. На данный момент известно о троих погибших в результате землетрясения - это девятилетняя девочка и двое мужчин. По сообщениям властей, АЭС в зоне землетрясения не пострадали. Вместе с тем, СМИ информируют о том, что из предосторожности приостановлено движение пассажирских поездов в Осаке, около 170 тыс. домов в Осаке и соседней префектуре Хёго остались без электроэнергии.

<http://www.interfax.ru/world/617327>


24 июня, ТАИЛАНД



В Таиланде наблюдается необычное природное явление, от берегов отошла вода не менее чем на два ки-

лометра. Многие местные жители стали свидетелями странной аномалии, ее сняли на видео. Морская береговая линия обнажилась. Необычное природное явление крайне удивило местное население. Ничего подобного ранее в регионе не наблюдалось. Отошедшая вода оставила не покрытым дно океана, многие таиландцы бродят по нему и собирают погибающих моллюсков. Данный природный микро-катаклизм у определенной части жителей вызвал ощущение страха. Ученые утверждают, что вода может отходить от берегов, но незначительно. Обычно такое явление наблюдается после донных землетрясений. Сначала линия прибоя оголяется, а затем вода возвращается в виде волны цунами. Но в тот день ничего подобного не происходило, океанская вода просто отошла от берега.


<http://actualnews.org/exclusive/244245-v-tailande-voda-otoshla-ot-beregana-dva-kilometra.html>



**SAFESUST 2**

- SURECON Workshop -

*A roadmap for a SUSTainable integrated RETrofit of CONcrete buildings under accidental loads*



**Joint Research Centre**  
Ispra (VA) - Italy

**October 23 - 24, 2018**

**SYNOPSIS**

Retrofit of multi-storey concrete buildings is a challenge across Europe that encompasses structural, energy, and social dimensions. This workshop is a technical meeting aimed at discussing the need for a new way of conceiving building retrofit that looks at structural safety and environmental/thermal performances. Particular attention is reserved to the resistance against accidental loads of the existing residential blocks in Europe, with a focus on the concrete Large Panel System (LPS), in the perspective of an integrated sustainable retrofit. The approach will be multi-disciplinary, bringing together experts of structural engineering, energy performance, economic values and life time thinking with the purpose to define a Roadmap for the retrofit of LPS across Europe. The workshop is articulated in four plenary sessions devoted to **Structures, Energy, Sustainability and Case Studies**. Each session will be organized by the **Keynote lecturer** and the **Rapporteur**. A limited number of presentations, selected on the basis of the extended abstract submitted by the participants, will be orally exposed after each keynote lecture. At the end of the last session the synthesis of the overall work (Keynote lectures, oral presentations and abstracts of all participants) will be duty of the rapporteurs as a starting point for the roundtable discussion. A set of proceedings will be published in a JRC Conference and Workshop report.

**VENUE** The Workshop will be hosted by the **Joint Research Centre** in Ispra which is a small town located in Northern Italy, in the province of Varese in the Lombardy region on the shore of Lake Maggiore. Ispra is about 60 km far from Milan and it is very close to Malpensa Airport. The acceptance of the participants will be decided by the Scientific Committee on the basis of the extended abstracts. There will be no participation fees and the Joint Research Centre will take care of the transportation of the participants from/to the airport and to the meeting place. Moreover it will provide the meals for the duration of the workshop and will assist for the accommodation in nearby hotels.

**MAIN DATES** Extended abstract submission by: **16 July 2018**  
Abstract acceptance by: **30 July 2018**

**TENTATIVE PROGRAMME**

**23<sup>rd</sup> October Morning** ——— **STRUCTURES** Session  
Keynote Lecture: **prof. Dan Dubina**  
Selected oral presentations  
Session Rapporteur: **prof. Raffaele Landolfo**

————— **ENERGY** Session  
Keynote Lecture: **dr. Chris Jofeh**  
Selected oral presentations  
Session Rapporteur: **prof. Laura Bellia**

**23<sup>rd</sup> October Afternoon** ——— **SUSTAINABILITY** Session  
Keynote Lecture: **prof. Andy Gouldson**  
Selected oral presentations  
Session Rapporteur: **prof. Helena Gervasio**

**24<sup>th</sup> October Morning** ——— **CASE STUDIES** Session  
Keynote Lecture: **dr. Stuart Matthews**  
Selected oral presentations  
Session Rapporteur: **prof. Paolo Riva**

Synthesis by rapporteurs  
Roundtable discussion

————— **SCIENTIFIC COMMITTEE** ———

**dr. Paolo Negro** - European Commission - Joint Research Centre  
**dr. Ornella Iuorio** - University of Leeds  
**prof. Dan Dubina** - 'Politehnica' University of Timisoara  
**prof. Raffaele Landolfo** - University of Naples 'Federico II'  
**dr. Chris Jofeh** - Arup Associate (UK)  
**prof. Laura Bellia** - University of Naples 'Federico II'  
**prof. Andy Gouldson** - University of Leeds  
**prof. Helena Gervasio** - University of Coimbra  
**dr. Stuart Matthews** - BRE Associate (UK)  
**prof. Paolo Riva** - University of Bergamo

ORGANIZING COMMITTEE



Info contacts: [surecon@leeds.ac.uk](mailto:surecon@leeds.ac.uk)



**Л. Н. СМЕРНОВА**

кандидат технических наук, ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство»

УДК 624, 624.042.7

## 16 ЕВРОПЕЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

*В статье приведена информация о 16-ой Европейской конференции по сейсмостойкому строительству и Генеральной ассамблее Европейской ассоциации по сейсмостойкому строительству, которые прошли в г. Салоники (Греция) с 18 по 21 июня 2018 г.*

**Ключевые слова:** генеральная ассамблея, европейская конференция, сейсмостойкое строительство.

**18**-21 июня 2018 года в ярком и дружелюбном, известном своей красотой, теплым гостеприимством и почти 2300-летней историей городе Салоники (Греция) состоялась 16-ая Европейская конференция по сейсмостойкому строительству (16-th European Conference on Earthquake Engineering, 16 ECEE).

Конференция проводилась при поддержке Европейской Ассоциации по сейсмостойкому строительству (European Association of Earthquake Engineering, EAE), Греческой Ассоциации по сейсмостойкому строительству (The Hellenic Society of Earthquake Engineering) и Университета Аристотеля в Салониках (Aristotle University of Thessaloniki).

Годом ранее организаторы поставили своей целью провести хорошо продуманное мероприятие на уровне самых высоких научных и организационных стандартов. В результате прошедшая конференция собрала в стенах Концертного зала г. Салоники в дни своей работы более 1500 участников из 67 стран мира. Наиболее многочисленные делегации специалистов и ученых в области сейсмостойкого строительства прибыли из Италии (202 участника), Греции (173 участника), Японии (123 участника), Великобритании (120 участников), Турции (72 участника). Инженеры-строители, геологи и сейсмологи, геотехники, молодые ученые и опытные исследователи представили научному сообществу и обсудили более 1300 научных работ, отражающих прогресс, достигнутый за последние несколько лет в области сейсмостойкого строительства не только в Европе, но и в мире. Также научное сообще-

ство поставило нерешенные на сегодняшний день вопросы, и предложило свои идеи их решения в недалеком будущем.

Почти 92% участников конференции составили иностранные представители. Следует отметить, что, несмотря на то, что конференции присвоен статус европейской, в ее работе приняли участие ученые практически из всех сейсмически опасных регионов планеты.

Примечателен и радует тот факт, что почти пятую часть докладчиков (328 участников) составили молодые ученые и исследователи.

Программа всех четырех дней работы конференции была насыщена и научно информативна. Прошло 64 заседания регулярных секций и 23 заседания специальных секций. В течение этого времени вниманию специалистов было представлено около 2000 презентаций, было сделано 889 устных докладов и 411 стендовых докладов по 24 научным темам:

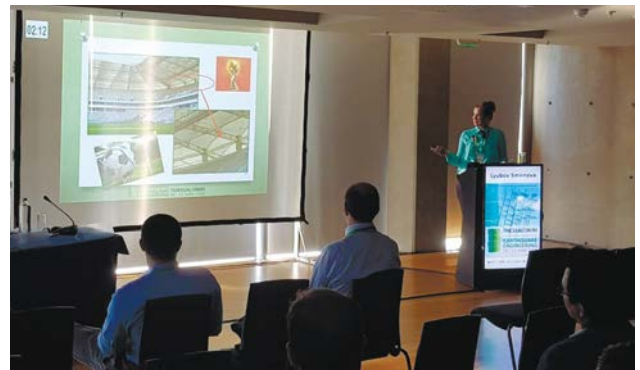
- Сейсмическая опасность, инженерная сейсмология и сильные землетрясения (Seismic Hazard, Engineering Seismology and Strong Ground Motion);
- Динамика грунтов (Soil Dynamics);
- Влияние условий строительной площадки и исследования микроразнонирования (Site Effects and Microzonation Studies);
- Геотехнические вопросы сейсмостойкого строительства (Geotechnical Earthquake Engineering);
- Взаимодействие системы основание – фундамент – сооружение (Soil-Foundation-Structure Interaction);
- Проектирование конструкций с заданными параметрами предельных состояний (Performance-Based Design of Structures);
- Лабораторные, натурные испытания и мониторинг состояния конструкций (Laboratory, In-Situ Testing and Structural Health Monitoring of Structures);
- Крупные объекты в сейсмостойком строительстве (Large Scale Facilities for Earthquake Engineering purposes);
- Проектирование и анализ сейсмостойких железобетонных конструкций.

## June 18<sup>th</sup> to 21<sup>th</sup> 2018, Thessaloniki – Greece



- тонных зданий (Seismic Design and Analysis of Reinforced Concrete Buildings);
- Проектирование и анализ сейсмостойких металлических конструкций (Seismic Design and Analysis of Steel Structures);
- Проектирование и анализ сейсмостойких каменных зданий (Seismic Design and Analysis of Masonry Buildings);
- Проектирование и анализ мостов (Seismic Design and Analysis of Bridges);
- Проектирование и анализ специальных сооружений (Seismic Design and Analysis of Special Structures);
- Реконструкция и усиление конструкций с целью повышения их сейсмостойкости (Seismic Retrofit and Strengthening of Structures);
- Цунами и оценка риска для сооружений и инфраструктуры (Tsunamis and Risk Assessment of Structures and Infrastructure);
- Сейсмостойкость и реконструкция исторических памятников (Seismic Performance and Retrofit of Historical Monuments);
- Активные и пассивные системы сейсмозащиты (Active and Passive Structural Control Systems);
- Сейсмостойкость объектов систем жизнеобеспечения (Lifeline Earthquake Engineering);
- Оценка рисков ответственных зданий, объектов инфраструктуры, инженерных систем и промышленных объектов (Risk Assessment of Critical Buildings, Infrastructures, Utility Systems and Industries Facilities);
- Экономические и социальные модели оценки и снижения последствий землетрясений (Economic and Societal Models for Earthquake Loss Assessment and Mitigation);
- Политика и методологии в области гражданской защиты и снижение риска возникновения землетрясений (Civil Protection and Earthquake Risk Mitigation Policies and Methodologies);
- Еврокод 8 и нормативные документы в области сейсмостойкого строительства (Eurocode 8 and Seismic Design Codes);
- Уроки недавних землетрясений (Lessons from Recent Earthquakes);
- Новое генерирование, проектирование конструкций и конструктивных систем с заданными параметрами предельных состояний и проектирование, основанное на учете упругой деформации (New Generation, Performance and Resilience Based Design of Structures and Systems). Также организаторами были проведены:
  - специальная сессия, посвященная землетрясению, произошедшему в г. Салоники в 1978 г.,
  - 5 пленарных докладов:
    - **«Analysis in seismic provisions for buildings – past, present and future»** («Анализ сейсмостойкости зданий – прошлое, настоящее и будущее») профессор П.Фаджфар (Peter FAJFAR), инженерно-геодезический факультет, Университет Любляны, Словения (Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana, Slovenia);
    - **«Implications of Site Specific Response Analysis»** («Влияние свойств площадки строительства на сейсмическую реакцию»), профессор А. Ансал (Atilla ANSAL), президент Европейской Ассоциации по сейсмостойкому строительству, декан факультета Гражданского строительства Университета Зайеда Турция (President of the EAEE, Chairmen of Civil Engineering Department, Özyeğ University, Turkey);
    - **«A redefinition of seismic input for design and assessment»** («Обработка входных данных о сейсмическом воздействии для проектирования и последующей оценки»), профессор Ж.М. Калви (Gjan Michele CALVI), Центр фундаментостроения, г. Павия, Италия, профессор государственного университе-





та в Северной Каролине, США (IUSS Pavia, Eucentre Foundation, ITALY and North Carolina State University, USA); «From Force- to Displacement-based Seismic Design of Concrete Structures and Beyond» («Переход от силового расчета к расчету, основанному на учете перемещений, при проектировании железобетонных и других видов конструкций») профессор М.Н. Фардис (Michael N. FARDIS), профессор кафедры гражданского строительства Университета г. Патрас, Греция (Department of Civil Engineering, University of Patras, GREECE);

- «**Seismic Assessment of Existing Irregular Masonry Buildings by Nonlinear Static and Dynamic Analysis**» («Оценка существующих несимметричных кирпичных зданий методом нелинейного статического и динамического анализа») профессор С. Ладжомарсино (Sergio LAGOMARSINO), профессор кафедры гражданского строительства, экологической и химической инженерии Университета в г. Генуя, Италия (Department of Civil, Environmental and Chemical Engineering, University of Genoa, ITALY);

- 30 ключевых лекций, прочитанных специально приглашенными лекторами;
- практикумы;
- научные совещания и дискуссии «за круглым столом».

Все мероприятия, организованные в рамках конференции по отдельным темам, представляющим особый интерес для инженеров, были направлены на расширение горизонтов инженерного сообщества и укрепление связей международного сотрудничества.

Разнообразное и красочное расписание мероприятий, доступное для участников во время и после конференции, также предоставило возможность познакомиться с великой культурой и великолепной природной красотой Греции и г. Салоники.

22 июня 2018 г. состоялись две технических экскурсии:

- «**Высокоскоростное шоссе Egnatia Odos**». Это шоссе в Греции, которое протянулось от западного порта Igoumenitsa на Ионическом море до греко-турецкой границы в Кипой (Кіроі) на востоке. Протяженность его в общей сложности составляет 670 км. Шоссе построено в неблагоприятной с точки зрения сейсмотектоники и геологии местности, с часто и резко изменяющимся горным рельефом. В результате часть участков шоссе представлена сложными инженерными решениями, вызванными необходимостью обеспечения сейсмостойкости транспортных сооружений – 76 тоннелей (общей протяженностью 99 км) и 1650 мостов.
- «**Метро г. Салоники**». Строительство метро в Салониках началось в июне 2006 года. Идея подземной железной дороги, построенной в черте города, для г. Салоники была впервые выдвинута Ernest Hebrard, еще в начале 1920-х годов после большого пожара 1917 года. Первая участок проекта состоит из 9,6 км подземной линии (с двумя независимыми однопутными туннелями), включая 13 станций и депо в юго-восточной части линии.

Большая часть линии (7,7 км) была построена с помощью двух тоннелепроходческих механизированных комплексов, а остальная часть линии была построена закрытым и открытым способом проходки. Недавно в ходе выполняемых работ были выявлены уникальные археологические находки, относящиеся к Византийской эпохе, в том числе значительный кусок главной дороги Салоник Decumanus Maximus road длиной 75 м и шириной 5,5 м, вымощенный мрамором и прямоугольными каменными плитами.

На 16-ой Европейской конференции по сейсмостойкому строительству Российская делегация в количестве 10 человек была представлена в основном специалистами из Москвы и Санкт-Петербурга.

Клячко М.А. («АНО «РАДАР») представил доклад на тему «Overview of the National Tsunami Design Code of Russian»

(«Обзор положений российского национального свода правил «Цунами»).

Бубисом А.А., Смирновой Л.Н. и Ведяковым И.И. (РАСС, АО «НИЦ «Строительство») было сделано устное сообщение о внедрении систем сейсмоизоляции в практику строительного производства, начиная с 70-х годов прошлого века и до настоящего времени. Также был подготовлен стендовый доклад о применении специальных систем сейсмозащиты в уникальных и высотных объектах, спортивных сооружениях, производственных зданиях, памятниках культурного наследия, внедренных в строительную практику за последние три года, который вызвал у специалистов значительный интерес.

Актуальность темы сейсмоизоляции в России в настоящее время, в том числе и в преддверии 16-ой Международной конференции по сейсмоизоляции, также была затронута в докладах специалистов ООО ЦКТИ «Вибросейсм» М.В. Вайндраха и В.В. Костарева «3D Seismic Base Isolation for Responsible Structures. Optimization and Testing» («3D (пространственная) система сейсмоизоляции для ответственных сооружений. Подбор оптимальных параметров системы и испытания»).

Стендовый доклад о возможности применения углеволокон и сеток из него для повышения сейсмостойкости каменных зданий («The use Carbon Fiber and Carbon Mesh to increase the Seismic Resistance of Masonry Buildings») представил вниманию международной общественности А.В. Грановский (ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»).

С докладом, посвященным точности определения параметров поверхностных разрывов, или о том, как геологи могут удовлетворить требования проектировщиков («Accuracy of Surface Rupture Parameters Determination: How Geologists Can Satisfy Designers Requirements»), выступил А.Л. Стром (ЦСГНЭО – филиал АО «Институт Гидропроект»).

Одним из организаторов всех 16 прошедших европейских конференций по сейсмостойкому строительству, включая конференцию в Салониках, выступает Европейская Ассоциация по сейсмостойкому строительству. ЕАЕЕ была основана 1 октября 1964 года в городе Скопье (Македония) С.В. Медведевым, С. Бубновым и N.N. Ambraseys.

Ассоциация создавалась для следующих целей:

- содействие региональному сотрудничеству между учеными и инженерами, а также продвижение научно-исследовательского фронта в области сейсмостойкого строительства;
- содействие, поддержка и активное участие в организации научно-образовательной деятельности в Европе в области сейсмостойкого строительства;
- активное участие во всех аспектах снижения негативных последствий землетрясений в Европе и создания модели для других национальных, региональных и междуна-

родных организаций, которой они могли бы следовать в продвижении мер по снижению разрушительных последствий землетрясений.

20 июня 2018 г. проходила Генеральная Ассамблея ЕАЕЕ. В Ассамблее приняли участие специалисты АО «НИЦ «Строительство» и члены Российской Ассоциации по сейсмостойкому строительству и защите от природных и техногенных воздействий (РАСС) на правах делегатов национальных, корпоративных и индивидуальных членов ЕАЕЕ.

Генеральная Ассамблея проводилась в соответствии с утвержденной повесткой дня, в соответствии с которой:

- Проведены выборы Председателя, заместителя председателя и секретаря Генеральной Ассамблеи;
- Заслушан доклад об организации 16-ой Европейской конференции по сейсмостойкому строительству;
- Заслушан и одобрен путем голосования отчет центрального представительства ЕАЕЕ за 2014-2018 годы;
- Заслушан и одобрен путем голосования отчет ревизионной комиссии за 2014-2018 годы;
- Проведены выборы Исполнительного Комитета на 2018-2022 годы;
- Проведены выборы ревизионной комиссии на 2018-2022 годы;
- Проведены выборы почетных членов ЕАЕЕ.

Процедура выборов президиума, исполнительного комитета и ревизионной комиссии ЕАЕЕ проводилась в соответствии с уставными документами ЕАЕЕ (Status of the European Association for Earthquake Engineering).

Новым президентом ЕАЕЕ был назначен профессор К. Пилиакис (Kyriazis PITILAKIS) – Греция, должность вице-президента ближайшие 4 года будет занимать профессор А. Ансал (Atilla ANSAL) – Турция. Секретарем ЕАЕЕ остался профессор А. Каппос (Andreas KAPPOS) – Великобритания, Греция.

Также в работе конференции с запоминающимися докладами приняли участие коллеги из ближнего зарубежья – Ш.А. Хакимов (Узбекистан), У.Т. Бегалиев (Кыргызстан), представившие на суд международного научного сообщества результаты интересных технических решений сейсмостойких сооружений.

Также среди результатов конференции следует отметить установление членами нашей делегации новых деловых контактов с учеными из других стран (Турция, Израиль, Италия, Швейцария, Перу).

Незабываемая атмосфера научных познаний в режиме non-stop на протяжении всех четырех дней и приятные воспоминания о чудесном городе Салоники, расположенном в акватории Эгейского моря, многовековая история и такой особый греческий колорит навсегда останутся в сердцах всех без исключения участников конференции.

**SMIRNOVA L., candidate of technical sciences, JSC Research Center of Construction**

## 16TH EUROPEAN CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING

### Abstract

The article provides information about the 16th European conference on earthquake engineering and the General Assembly of the European Association for earthquake engineer-

ing, which took place in Thessaloniki (Greece) from 18 to 21 June 2018.

**Keywords:** General Assembly, European conference, earthquake engineering.

## II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ, 24-30 июня 2018 г



24-30 июня 2018 г. в городах Бишкек и Чолпон-Ата Республики Кыргызстан состоялась II Международная научно-практическая конференция по сейсмостойкому строительству. Организаторы конференции – Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Международный университет инновационных технологий, ОАО «Промпроект», Государственный институт сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования Госстроя РК, Международная ассоциация экспертов по сейсмостойкому строительству.

В конференции приняли участие специалисты Республики Казахстан (АО «КазНИИСА»), Российской Федерации (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Институт Физики Земли им. О.Ю. Шмидта, Петербургский государственный университет путей сообщений Императора Александра I, АО «Атомэнергопроект», ООО «Лира-Софт», ООО «РАДАР»), Республики Узбекистан (АО «ToshjoyLITI», Институт механики и сейсмостойкости сооружений имени М. Уразбаева АН РУз), Республики Азербайджан (Азербайджанский НИИ строительства и архитектуры), Республики Таджикистан (Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ). Кыргызская Республика была представлена практически всеми специализированными организациями в области сейсмостойкого строительства и сейсмологии. Особенно следует отметить участие группы специалистов Всемирного банка – Carina Fonseca Ferreira, Eduardo Cansado Carvalho, David Mar, Adamantia Athanasopoulou.

Значительный круг вопросов касался разработки строительных норм по сейсмостойкому строительству и инженерной сейсмологии. Рассматривались расчетные положения свода правил Республики Казахстан, российские нормативные документы нового поколения в области сейсмического районирования, новая карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики, новый межгосударственный стандарт «Землетрясения. Шкала макросейсмическая», особенности новой редакции СП 14.13330 Российской Федерации, предложения и дополнения в нормах Республики Кыргызстан по сейсмоизоляции зданий и мостов, новая редакция СНиП КР 20-02:2009 «Сейсмостойкое строительство» с учетом требований европейских норм, пакет нормативно-технических документов Кыргызской Республики по сейсмостойкому строительству, включая нормативный документ по проектированию и застройке в зоне влияния Ысык-Атинского разлома с учетом дополнительных исследований.

Специалисты Всемирного банка сделали доклады по международным нормам по сейсмостойкому строитель-

ству, вопросам проектирования и усиления зданий и сооружений. В частности рассматривались вопросы масштабных инвестиций в школьную инфраструктуру Кыргызской Республики, Европейские нормы по оценке сейсмостойкости, проектированию и усилению зданий и сооружений, аналогичные нормы в США, а также проблемы актуализации строительных норм и адаптации Еврокодов.

Интересную дискуссию вызвал доклад по применению ПК Лиры 9.6 и ПК Лиры 10.8 к расчету здания с железобетонным каркасом. Отмечены расхождения при расчетах по двум указанным программным комплексам.

Большой интерес как всегда вызвали вопросы взаимодействия тяжелого высотного здания с основанием. Отмечен эффект увеличения вертикальных нагрузок ввиду взаимодействия основания с сооружением.

Как всегда интерес вызывали доклады о применении средств сейсмоизоляции в строительстве. В докладе д.т.н., проф. Белаш Т.А. (Санкт-Петербург) представлен обзор о применении систем сейсмоизоляции в различных странах мира. Изложены концептуальные подходы для сейсмостойкого строительства сейсмоизолированных зданий и сооружений. Ярким было выступление представителей фирмы FIP, сделавших доклад о применении маятниковых сейсмоизоляторов. Для Италии с типичными для нее мелкофокусными землетрясениями применение сейсмоизоляции представляется очень эффективным. Любопытным был доклад о возможности применения резинометаллических сейсмоизоляторов из утилизированных покрышек от автомобилей и тракторов. Предложены несколько вариантов таких сейсмоизоляторов, на некоторых из них были получены авторские свидетельства. Такие сейсмоизолирующие системы весьма дешевы и могли бы найти применение в сельских районах, где широко применяются местные материалы.

Следует отметить, что отдельное пленарное заседание было отдано представителям АО «КазНИИСА», сделавшим

доклады по методам усиления несущих конструкций зданий существующей застройки. Рассматривались вопросы усиления элементов конструкций композиционными материалами, а также способы усиления школьных и дошкольных учреждений.

Отдельное заседание было посвящено памяти академика Т.Ж. Жунусова. Модератором заседания был его старый друг – академик Хакимов Ш.А. Доклад назывался «Школа сейсмостойкого строительства академика Жунусова Т.Ж.– состояние и перспектива развития».

На секции «Современные методы теоретических и экспериментальных исследований в сейсмостойком строительстве» интерес вызвали несколько докладов.

Для специалистов АО «КазНИИСА» был любопытен доклад об испытании модели дома с железобетонным каркасом с заполнением из глиноматериалов на виброплатформе. Грузоподъемность виброплатформы не менее 15 тонн. Регистрация колебаний выполнялась с помощью цифровой приборно-измерительной системы GeoSIG с акселерометром Guralp CMG-5T в двух точках – на виброплатформе и в уровне перекрытия. Зарегистрированные ускорения в уровне перекрытия примерно 2g. Виброплатформа местного изготовления. Это пример разработки и применения сравнительно недорогого испытательного средства.

Внимание привлек доклад о мониторинге состояния Капшагайской ГЭС на основе инструментального материала, полученного инженерно-сейсмометрической станцией. Приведены две записи землетрясений, записанных с интервалом в 40 лет. Оказалось, что высокочастотные части спектра практически совпадают.

Рассмотрены всегда актуальные вопросы сейсмической безопасности населения сейсмоопасных районов – основные направления повышения сейсмической безопасности в Таджикистане, вопросы паспортизации жилых зданий и социальных объектов в городе Алматы, проблемы сейсмической безопасности и состояние жилищного строительства в Центральноазиатском регионе, уроки землетрясений и задачи обеспечения сейсмической безопасности в Российской Федерации, последствия катастрофических землетрясений на гидротехнических объектах в Азербайджане и Ира-

не, вопросы оценки сейсмостойкости зданий существующей застройки в Кыргызской Республике.

Все доклады вошли во второй выпуск «Вестника Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству» (ISSN 1694-7797). Всего опубликовано 47 статей.

Конференция была замечательно организована. Следует отметить большой вклад в организацию конференции ректора Международного университета инновационных технологий к.т.н. Бегалиева У., генерального директора ОАО «Промпроект» к.т.н. Абдыбалиева М., а также Сарымсакова Р., Председателя Попечительского Совета и Почетного профессора КГУСТА имени Исанова Н.М.

Имели место чествования награжденных медалью Международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству.

Рассмотрены организационные вопросы по деятельности Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. В Ассоциацию вступил Институт сейсмологии Республики Кыргызстан.

Следует отметить, что все участники конференции выражали мнение о необходимости развивать горизонтальные связи между организациями и специалистами. Выдвигалось предложение о необходимости создания Межгосударственного диссертационного Совета по защите кандидатских и докторских диссертаций.

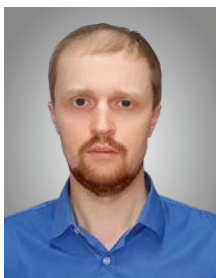
По общему мнению участников, уровень конференции по составу, а также количеству и качеству докладов, был значительно выше аналогичной конференции 2016 года. Оживленный и весьма дружелюбный обмен мнениями в кулуарах конференции следует признать весьма плодотворным. Специалисты заинтересовались возможностью публикации в периодическом научно-техническом журнале «Вестник АО «КазНИИСА».

В заключение следует отметить, что тематика докладов была весьма интересной, программа работы очень обширна, досуг участников прекрасно организован. Организация конференции заслуживает самой высокой оценки.

<https://kazniisa.kz/index.php/component/k2/item/171-opiat-gde-to-kakaiya-to-skuchnaya-konferencia>



От АО «НИЦ «Строительство» с докладами выступили директор ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, доктор технических наук, профессор И.И. Ведяков и заместитель руководителя ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко А.А. Бубис.



**А. Г. ТЯПИН**

доктор технических наук

**А. С. ТОПОРКОВ**

ведущий инженер

АО «Атомэнергoproject», г. Москва

УДК 624.042.7

## МАКСИМАЛЬНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УСИЛИЯ ПОД ПОДОШВОЙ: РАЗНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ НА СДВИГ И ПОТЕНЦИАЛА ОТРЫВА ПО ПОДОШВЕ ФУНДАМЕНТА

В статье обсуждаются вопросы проверки устойчивости фундаментов ответственных сооружений на сдвиг по подошве при сейсмических воздействиях и оценки потенциала отрыва от грунта при качании. Результаты вычислений с использованием шестикомпонентных реализаций интегральных сил под подошвой во времени сравниваются с приближенными подходами, в которых используются только максимальные модули этих сил за время реакции. Проверяется правомерность применения обобщенного правила Ньюмарка (иногда его называют правилом 100-40-40), согласно которому в тот момент, когда одна компонента силы достигает своего максимального модуля, остальные компоненты (статистически не зависящие от первой) достигают примерно 40% своих максимальных модулей. Вторая неявная часть этого же правила состоит в допущении, что путем перебора сочетаний максимумов каждой по очереди компоненты силы и 40% максимумов остальных компонент можно оценить максимальные значения целевой функции. В статье рассмотрено 12 расчетных случаев: четыре варианта воздействий по три грунтовых профиля для каждого. Оказывается, что для сдвига по подошве и целевой функции в виде максимального по времени отношения модуля вектора сдвигающей силы к прижимающей силе приближенный подход с использованием обобщенного правила Ньюмарка дает неплохие результаты. Однако для качания и целевой функции в виде максимальной по времени доли площади подошвы, по которой при полном контакте вертикальные напряжения

оказались растягивающими, ситуация не такая: результаты приближенного подхода оказываются неконсервативными. Из двух допущений, как оказалось, не выполняется второе: максимум целевой функции достигается в момент, не совпадающий с моментами достижения максимумов отдельных компонент сил, и максимальное по времени значение целевой функции заметно больше всех значений в моменты достижения максимумов отдельных компонент. Для восстановления консерватизма приближенного подхода предлагается применять правило Ньюмарка только к качательным моментам, а максимум вертикальной силы при этом учитывать полностью.

**Ключевые слова:** сейсмическая реакция, взаимодействие сооружений с основанием, сдвиг по подошве, потенциал отрыва при качании, обобщенное правило Ньюмарка.

Одним из этапов расчетов ответственных сооружений на сейсмические воздействия является оценка устойчивости фундамента на сдвиг на грунтовом основании. Для этой оценки необходимо знать сдвигающие усилия, а также вертикальное сейсмическое усилие, способное ослабить прижимающую сооружению к основанию вертикальную силу, возникающую от веса сооружения. Максимальные сдвигающие усилия работают в векторном формате, т.е. важно не направление сдвига в

плане, а модуль вектора интегральной сдвигающей силы. Ключевым параметром является отношение модуля сдвигающей силы к прижимающей вертикальной силе.

Второй проводимой проверкой является оценка потенциала отрыва подошвы фундамента от грунта. Полный отрыв практически никогда не встречается при рассматриваемых интенсивностях сейсмического воздействия, зато часто встречается частичный отрыв, порождаемый качанием, а также тем фактом, что грунт практически не работает на растяжение.

Применяемый для расчета комбинированный асимптотический метод (КАМ) [1] позволяет получить реализации во времени всех шести компонент интегральных сил под жесткой фундаментной плитой сооружения. Однако на практике для расчетов традиционно используются только максимальные модули этих сил, вычисляемые вдоль главных осей сооружения. В настоящей статье проверяется точность используемых приближенных подходов, основанных на максимальных по модулю значениях сил, путем сравнения с «эталонными» результатами, основанными на реализациях во времени.

Начнем с проверки на сдвиг по подошве. В качестве подхода номер 1 будем использовать расчет модуля сдвигающей силы, выполненный во времени. Это означает, что по КАМ рассчитаны шестикомпонентные реализации интегральных сил под подошвой сооружения, и по двум горизонтальным компонентам в каждый момент времени вычисляется модуль вектора сдвигающей силы. Затем выбирается максимальный по времени модуль сдвигающей силы. Кроме модуля сдвигающей силы, в каждый момент времени опре-

деляется вертикальная прижимающая сила – она получается вычитанием из веса сооружения (взятого с консервативным коэффициентом 0,9) сейсмической вертикальной силы. Далее в каждый момент времени определяется отношение сдвигающей силы к вертикальной силе. В заключение выбирается максимальное по времени такое отношение. Отметим, что момент наступления максимального отношения сдвиговой силы к прижимающей силе не обязательно совпадает с моментом реализации максимальной сдвиговой силы, поскольку вертикальная сейсмическая сила тоже меняется во времени.

В качестве подхода номер 2 будем использовать подход, также основанный на реализациях во времени. От подхода номер 1 он отличается тем, что в качестве вертикальной прижимающей силы рассматривается разность силы, вызванной весом, и 40% максимальной вертикальной сейсмической силы. Здесь используется имеющее статистический смысл допущение Ньюмарка о том, что в момент, когда одна компонента достигает своего максимального по модулю значения, другая компонента, статистически независимая от первой, достигает примерно 40% своего максимального значения. Таким образом, из реализаций во времени берется только максимальный модуль сдвигающей силы – он не обязательно достигается в тот же момент, когда достигаются максимумы отдельных компонент сдвигающей силы вдоль осей координат. Для вертикальной сейсмической силы используется только максимальный модуль.

В качестве подхода номер 3 рассматривается модификация подхода номер 2, в которой максимальная сдвигающая сила приближенно вычисляется не из реализации во

**Таблица 1** — Максимальное отношение сдвигающей силы к прижимающей силе

	Подход 1	Подход 2	Подход 3а	Подход 3б
1m	0,39068	0,40585	0,34134	<b>0,39725</b>
1s	0,38216	0,38824	0,33065	<b>0,38257</b>
1r	0,38305	0,39801	0,36051	<b>0,39422</b>
2m	0,33633	0,35655	0,31343	<b>0,35674</b>
2s	0,33747	0,35586	0,29173	<b>0,35341</b>
2r	0,33137	0,35179	0,31553	<b>0,35262</b>
3m	0,37258	0,39067	0,32136	<b>0,38476</b>
3s	0,36089	0,37110	0,30778	<b>0,36772</b>
3r	0,36554	0,38505	0,34380	<b>0,38402</b>
4m	0,40339	0,39649	0,39331	<b>0,39582</b>
4s	0,33809	0,34703	0,35450	<b>0,36214</b>
4r	0,46007	0,47031	0,42244	<b>0,45366</b>

## ДОЛЯ РАСТЯНУТОЙ ПЛОЩАДИ

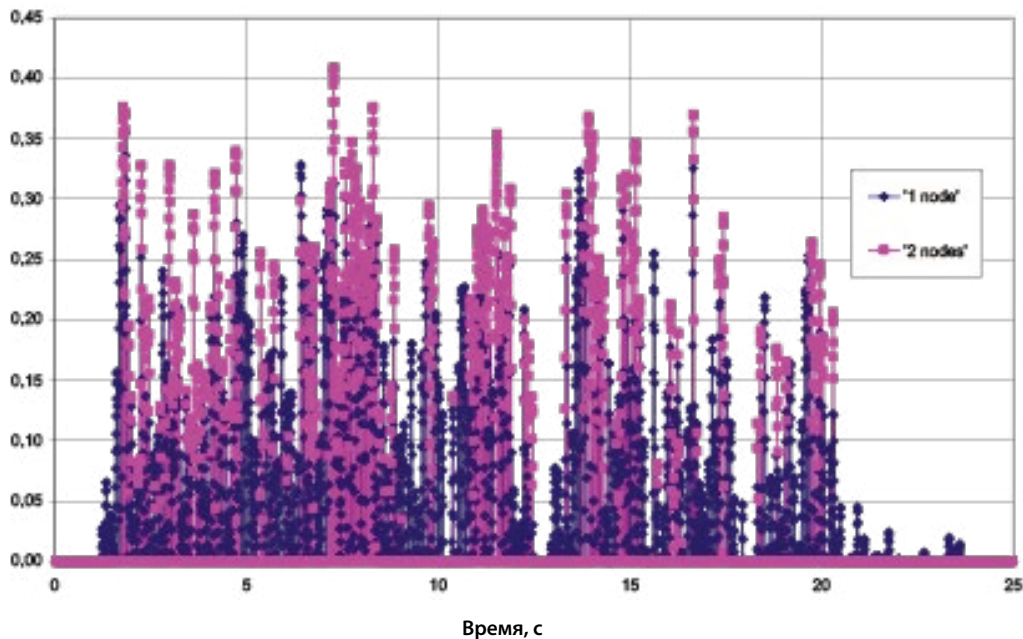


Рисунок 1 — Отношение растянутой площади к общей площади для расчета 1s

времени, а как квадратный корень из суммы квадратов наибольшей (в терминах максимального по времени модуля) из двух горизонтальных компонент силы и 40% второй горизонтальной составляющей. В основе этого подхода снова лежит допущение о том, что в тот момент, когда одна горизонтальная компонента достигает своего максимума, вторая горизонтальная компонента достигает 40% такого максимума. Естественным образом подход 3 можно реализовать как определение двух разных результатов в зависимости от того, к какой из горизонтальных компонент применен коэффициент 1,0. Обозначим через 3а результат, полученный с применением коэффициента 1,0 к компоненте по оси Ох (соответственно к компоненте по оси Оу применен коэффициент 0,4). Альтернативный вариант, когда коэффициент 1,0 применен к компоненте горизонтальной силы вдоль оси Оу, а к компоненте вдоль оси Ох применен коэффициент 0,4, обозначим через 3б. Общий результат подхода 3 определяется выбором наибольшего значения из 3а и 3б.

Принципиальное отличие подхода 3 от подходов 1 и 2 заключается в том, что в подходе 3 используются только максимальные по модулю значения сейсмических интегральных сил под подошвой. С другой стороны, по отношению к «эталонному» подходу 1 подход 3 является приближенным.

Оценим погрешность подходов 2 и 3 по отношению к подходу 1 на примере расчета ответственного сооружения на 12 разных вариантах грунтового основания. Эти 12 вариантов получились варьированием в обе стороны жесткостей четырех основных грунтовых профилей. Соответственно обозначения вариантов включают в себя номера основных профилей (от 1 до 4) и буквенные обозначения их вариаций (m – базовый профиль; s – мягкий профиль, полученный уменьшением всех модулей в полтора раза по сравнению с базовым профилем; r – жесткий профиль, полученный увеличением всех модулей в полтора раза по сравнению с базовым профилем).

Что касается физических характеристик, то четыре базовых профиля различны между собой и охватывают достаточно широкий диапазон свойств реальных оснований. Профиль 2 скальный – жесткий и почти однородный по глубине. Профиль 4 – слоистый с мягкими грунтами в верхней части. Профили 1 и 3 тоже слоистые, но грунты в верхней части не такие мягкие.

Фундаментная плита рассматриваемого сооружения является прямоугольной в плане.

Сейсмические воздействия различаются для четырех основных профилей, но остаются общими для трех вариаций каждого базового профиля. Максимальное горизонтальное ускорение на свободной поверхности грунтового основания составляет порядка 0,2 g. Продолжительность воздействия и реакции составила примерно 32,8 с.

В таблице 1 приведем значения максимального отношения сдвигающей силы к прижимающей силе для указанных двенадцати расчетов. Из двух результатов подхода 3 выделим максимальное значение жирным шрифтом.

Сравнение подхода 2 с подходом 1 показывает, что подход 2 практически всегда консервативен (с весьма небольшим запасом, вполне пригодным для инженерных расчетов). Единственное исключение – вариант основания 4m, но и там неконсерватизм оказывается в пределах 2%. Но подход 2, к сожалению, не избавляет от необходимости анализа всей реализации усилий по времени.

Сравнение выделенных результатов подхода 3 (с выделением максимумов из последних двух столбцов 3а и 3б) с подходом 1 показывает, что в целом подход 3 тоже консервативен по отношению к подходу 1, но степень консерватизма несколько меньше, чем в подходе 2. Двумя неконсервативными исключениями являются по-прежнему вариант основания 4m, а также вариант 4r, однако неконсерватизм все еще остается в пределах 2%. Еще в трех вариантах осно-

вания (2m, 2r и 4s) подход 3 оказался несколько консервативнее подхода 2. В нашем случае из двух столбцов в подходе 3 вариант 3б всюду дал бОльшие значения, чем вариант 3а. Это вызвано особенностями верхнего строения.

В целом, по мнению авторов, проведенный анализ подтверждает (не доказывает, а именно подтверждает, т.к. используются допущения, имеющие статистическое обоснование) применимость инженерного подхода 3 к оценке максимального соотношения сдвигающей силы по подошве к прижимающей силе.

Теперь обратимся к исследованию потенциала отрыва подошвы от грунта при качании. Расчет по КАМ, напомним, проводился в предположении о полном контакте подошвы фундамента с грунтом. Первое приближение состоит в том, чтобы на основе полученных результатов рассчитать, какая часть площади подошвы при этом полном контакте окажется под действием растягивающих напряжений со стороны грунта. Простейшей гипотезой при таком расчете является равномерное распределение по площади напряжений от вертикальной интегральной силы (состоящей из веса с коэффициентом 0,9 и сейсмической вертикальной силы) и линейное по координатам распределение вертикальных напряжений от качающих моментов в главных вертикальных плоскостях. Общее распределение вертикальных напряжений по подошве оказывается линейным по координатам, т.е. граница растянутой зоны является прямой линией.

По аналогии с предыдущим случаем подходом 1 будем называть «эталонное» рассмотрение реализаций по времени и сил, и моментов. Авторы написали простую программу, которая в каждый момент времени по весу, вертикальной сейс-

мической силе и двум качательным моментам определяет «растянутую» площадь в отношении к общей площади подошвы. При этом пришлось различить случаи, когда а) растянутая площадь представляет собой треугольник; б) растянутая площадь представляет собой трапецию; в) сжатая площадь представляет собой треугольник, а растянутая – пятиугольник; г) вся подошва оказывается «растянутой площадью». В варианте а) в зону растяжения попадает один угол плиты, в варианте б) – два угла, в варианте в) – три угла, а в варианте г) все четыре угла оказываются в зоне растяжения.

При исходном воздействии оказалось, что реализуется только вариант а) (результаты будут приведены ниже). Растянутая площадь остается в пределах 7% от общей площади, что намного меньше представляющего практический интерес порога в 30%. Поэтому для целей исследования было решено увеличить в каждый момент времени все сейсмические силы и моменты под подошвой в четыре раза по сравнению с исходными силами. При этом, как показали расчеты, помимо варианта а) в какие-то отрезки времени реализуется и вариант б).

На рис.1 показано отношение растянутой площади к общей площади для расчета на грунтовом профиле 1s. После 25 секунд растянутая зона больше на подошве не появляется. Вариант а) обозначен '1 node'; вариант б) обозначен '2 nodes'.

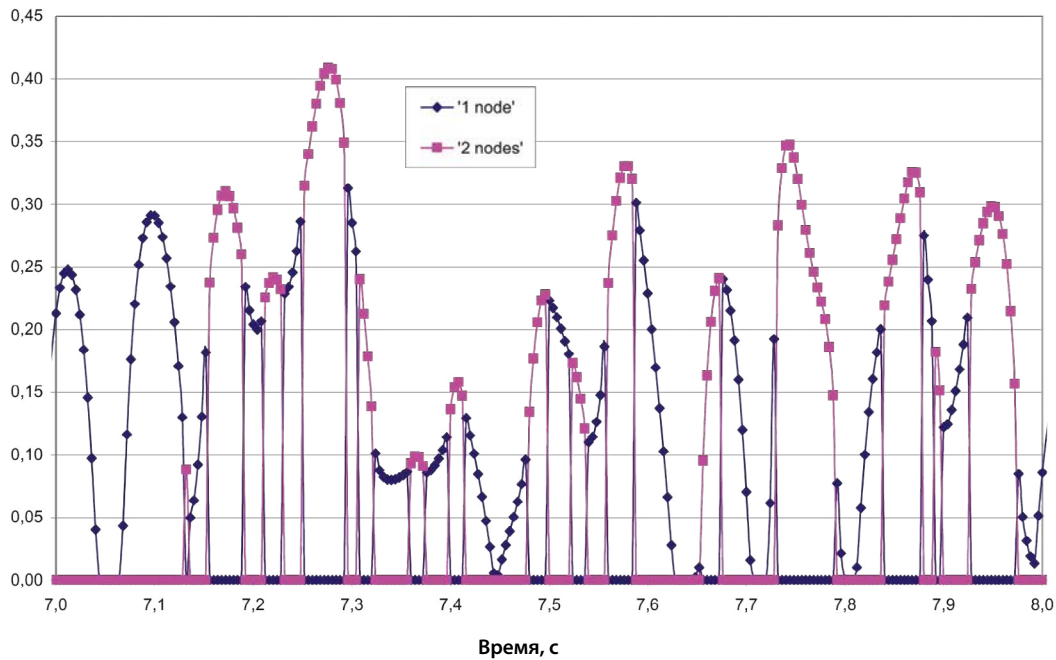
Рисунок 2 – тот же рисунок 1, на котором выделена одна секунда реализации таким образом, чтобы масштаб по времени (шаг 0,004 с) позволил рассмотреть переход варианта а) в вариант б) и обратно. Как видим, в рассматриваемом случае максимальное отношение растянутой площади к общей площади подошвы составило примерно 0,41 и реали-

**Таблица 2** — Максимальное отношение площади с растягивающими напряжениями к общей площади подошвы фундамента при учетверенном воздействии

Основание	Подход 1	Подход 2	Подход 3а	Подход 3б
1m	0,41006	0,38569	<b>0,38569</b>	0,36139
1s	0,40409	0,37682	<b>0,37682</b>	0,34288
1r	0,42242	0,39283	<b>0,39283</b>	0,37018
2m	0,39846	0,37100	<b>0,37100</b>	0,34004
2s	0,37662	0,36112	<b>0,36112</b>	0,32879
2r	0,40173	0,37391	<b>0,37391</b>	0,34252
3m	0,40171	0,37814	<b>0,37814</b>	0,35149
3s	0,39395	0,36842	<b>0,36842</b>	0,33185
3r	0,41696	0,38779	<b>0,38779</b>	0,36249
4m	0,41770	0,38635	0,37990	<b>0,38635</b>
4s	0,38158	0,38504	<b>0,38504</b>	0,36582
4r	0,43629	0,40256	<b>0,40256</b>	0,38756



## ДОЛЯ РАСТЯНУТОЙ ПЛОЩАДИ



**Рисунок 2** — Отношение растянутой площади к общей площади для расчета 1s в выделенный отрезок времени

зовалось в варианте б). Варианты в) и г) в рассматриваемом случае не реализуются. Отметим, что для реализации варианта в) отношение растянутой площади к общей площади по геометрическим соображениям должно быть больше 0,5. Для варианта г) это отношение равно единице.

Будем следовать той же логике, что и в случае со сдвигом по подшове. Подходом 2 назовем модификацию подхода 1 с заменой меняющейся по времени вертикальной сейсмической силы на постоянную растягивающую силу, равную 40% от максимальной растягивающей силы. Качательные сейсмические моменты пока будем брать из реализации по времени.

Подходом 3 назовем модификацию подхода 2, в которой качательные моменты, как и вертикальная сила, представлены только своими максимальными модулями. Снова будем использовать допущение Ньюмарка о 40% и рассматривать два результата. Первый результат получим при максимальном качательном моменте относительно оси Ох, принимаемом с коэффициентом 1,0, а также при максимальном качательном моменте относительно оси Оу, принимаемом с коэффициентом 0,4 (назовем этот подход подходом 3а). Второй результат получим при максимальном качательном моменте относительно оси Оу, принимаемом с коэффициентом 1,0, а также при максимальном качательном моменте относительно оси Ох, принимаемом с коэффициентом 0,4 (назовем этот подход подходом 3б).

В Таблицу 2 сведем результаты всех подходов.

Прежде всего, прокомментируем совпадение результатов подхода 2 и одного из столбцов подхода 3 (почти всюду — 3а, но в одном варианте 4т — 3б). Это совпадение заставило авторов глубже разобраться в происходящем. Для начала отметим, что в подходах 2 и 3 полностью совпадают вертикальные силы — в обоих случаях используется вес (с коэффициентом 0,9) и максимальная по модулю вертикальная сейсмическая сила (с коэффициентом 0,4). Что касается

качательных моментов, то они в подходах 2 и 3 разные. Оказалось, что в подходе 2 максимальное отношение площадей достигается в момент достижения максимума одного из качательных моментов. Таким образом, разница состоит только во втором (как бы «побочном») качательном моменте, который в подходе 3 используется как максимальное значение с коэффициентом 0,4, а в подходе 2 берется из реализации во времени. С точки зрения геометрии, максимум отношения площадей в описанных случаях всегда реализуется по варианту б), т.е. два угла платформы оказываются в растянутой зоне, а другие два — в сжатой. Растянутая зона представляет собой трапецию. Площадь этой трапеции определяется длиной ребра, целиком оказавшегося в растянутой зоне, а также высотой трапеции, определяемой по средней линии. Но при этом оказывается, что при данной высоте площадь трапеции не зависит от угла наклона «косой» границы (пока трапеция остается трапецией, а не переходит в треугольник). И вот тут выясняется, что «побочный» качательный момент вообще не влияет на высоту трапеции — он влияет как раз только на наклон «косой» границы. Таким образом, разница в «побочном» качательном моменте не влияет на площадь растянутой зоны — в этом и состоит причина совпадения результата подхода 2 с одним из вариантов подхода 3 (т.е. результаты расчета растянутой площади совпадают при несовпадении «побочных» качательных моментов). Следствием этого совпадения является одинаковый консерватизм или неконсерватизм подхода 2 и подхода 3 (после выбора максимума из результатов 3а и 3б). Напомним, что этот эффект проявляется, когда растянутая зона представляет собой трапецию, а не треугольник, т.е. для этого необходима определенная интенсивность воздействия.

Как видно из таблицы, подходы 2 и 3 оказались неконсервативными при оценке максимального отношения площадей растянутой зоны. Неконсерватизм носит системати-

**Таблица 3** — Моменты времени и значения максимальных по модулю сил под подошвой в варианте основания 4r при учетверенном воздействии

	Точка по времени	Модуль Fz	Точка по времени	Модуль Mxx	Точка по времени	Модуль Muу
Раздельные максимумы сил	1144	0,67854E6	1985	0,33506E8	1796	0,31855E8
Момент максимума растянутой площади в подходе 2	1985	0,36101E6	1985	0,33506E8	1985	0,15715E8
Проценты максимума модулей сил в подходе 2		53,204%		100%		49,333%
Момент максимума растянутой площади в подходе 1	1821	0,60090E6	1821	0,36005E7	1821	0,26718E8
Проценты максимума модулей сил в подходе 1		88,558%		10,746%		83,874%

**Таблица 4** — Максимальное отношение площади с растягивающими напряжениями к общей площади подошвы фундамента при учетверенном воздействии

Основание	Подход 1	Подход 4	Подход 5a	Подход 5б
1m	0,41006	0,44977	<b>0,44977</b>	0,43908
1s	0,40409	0,44248	<b>0,44248</b>	0,42664
1r	0,42242	0,45243	<b>0,45243</b>	0,44238
2m	0,39846	0,43285	<b>0,43285</b>	0,41674
2s	0,37662	0,42693	<b>0,42693</b>	0,40992
2r	0,40173	0,43626	<b>0,43626</b>	0,42040
3m	0,40171	0,44297	<b>0,44297</b>	0,43049
3s	0,39395	0,43555	<b>0,43555</b>	0,41763
3r	0,41696	0,44900	<b>0,44900</b>	0,43750
4m	0,41770	0,45691	0,45446	<b>0,45691</b>
4s	0,38158	0,45073	<b>0,45073</b>	0,44250
4r	0,43629	0,46514	<b>0,46514</b>	0,45977

**Таблица 5** — Максимальное отношение площади с растягивающими напряжениями к общей площади подошвы фундамента при исходном воздействии

Основание	Подход 1	Подход 4	Подход 5а	Подход 5б
1m	0,13057E-1	0,47489E-1	<b>0,31268E-1</b>	0,12558E-1
1s	0,56852E-2	0,30357E-1	<b>0,15449E-1</b>	0,18029E-2
1r	0,18062E-1	0,62348E-1	<b>0,47348E-1</b>	0,23464E-1
2m	0,17601E-2	0,25900E-1	<b>0,10790E-1</b>	0,99814E-3
2s	0,0	0,11270E-1	<b>0,25779E-2</b>	0,0
2r	0,30870E-2	0,35784E-1	<b>0,13621E-1</b>	0,17648E-2
3m	0,47881E-2	0,33121E-1	<b>0,19056E-1</b>	0,51254E-2
3s	0,43154E-3	0,19730E-1	<b>0,63548E-2</b>	0,0
3r	0,12803E-1	0,51544E-1	<b>0,35929E-1</b>	0,14696E-1
4m	0,10177E-1	0,41454E-1	0,28929E-1	<b>0,35576E-1</b>
4s	0,11946E-2	0,19868E-1	<b>0,31014E-1</b>	0,15428E-1
4r	0,35110E-1	0,82053E-1	<b>0,70447E-1</b>	0,47241E-1

ческий характер. Дополнительное исследование показало природу этого неконсерватизма. Допущение Ньюмарка про 40% в целом не сильно нарушается в том смысле, что в момент достижения одним из качательных моментов своего максимума другой качательный момент, а также вертикальная сейсмическая сила достигают примерно 40% своих максимумов. Кроме того, как мы видели, «побочный» качательный момент даже при отклонении от 40% максимума не влияет на растянутую площадь. Однако проблема в том, что «истинная» максимальная растянутая площадь (в подходе 1) реализуется совсем в другой момент времени, когда соотношение сил другое. Иллюстрация приведена ниже в Таблице 3 на примере варианта основания 4r.

Как видим в Таблице 3, в подходе 1 максимальная растянутая площадь реализовалась в момент времени, когда и растягивающая сейсмическая сила и один из качательных моментов одновременно превышали 80% своих максимумов. Второй качательный момент в это время был небольшим, но, как указывалось выше, в варианте с трапециевидальной растянутой площадью он вообще роли не играет.

Таким образом, подход с применением обобщенного правила Ньюмарка в данном случае не дал удовлетворительных результатов. И дело не в том, что Ньюмарк ошибался в предложенном им правиле 100-40-40. Проблема в самом виде целевой функции, которую мы вычисляем по статистически независимым слагаемым. Если эта функция достаточно гладкая (как, например, в случае применения правила ККСК или при простом суммировании), «истинный» ее максимум не слишком отличается от значений функции в те моменты, когда своих максимумов достигают отдельные

компоненты (а остальные компоненты при этом достигают примерно 40% своих максимумов). По крайней мере, среди различных сочетаний максимальное значение будет достаточно близко к истинному максимуму. Исторически правило Ньюмарка вообще применялось к вычислению максимума модуля только линейной комбинации статистически независимых параметров. Рассмотренный пример показывает, что с обобщением этого правила на другие случаи надо быть очень осторожным. Если вместо линейной комбинации или корня квадратного из суммы квадратов в качестве целевой функции выступает более сложная функция (как это произошло в нашем случае), перебор точек с максимумами отдельных компонент может не дать хорошей оценки максимума этой функции.

Есть ли возможность все-таки получить консервативные оценки растянутой площади с использованием максимальных усилий под подошвой? Попробуем модифицировать подходы 2 и 3, используя в качестве вертикальной сейсмической силы не 40% максимума, как раньше, а все 100%. Такую модификацию подхода 2 будем называть подходом 4, а модификацию подхода 3 – подходом 5. Результаты сведем в таблицу 4. Первый столбец в ней такой же, как в таблице 2, – это «эталонное» решение, полученное в подходе 1.

Как видим, результаты подходов 4 и 5 по отношению к результатам подхода 1 теперь всюду консервативны. Уровень консерватизма не превышает примерно 15%.

Для проверки проведем еще одну серию расчетов при исходном сейсмическом воздействии, отказавшись от его учетверения. В этом случае, как отмечалось выше, растянутая площадь значительно сокращается и всегда остается

треугольной (по геометрическому варианту а). Результаты сведем в таблицу 5, аналогичную по формату таблице 4.

Прежде всего, отметим, что при смене формы растянутой площади с трапеции на треугольник равенство результатов в подходах 4 и 5 пропало. Причины пояснены выше – они чисто геометрические. Отметим также, что подход 5 (как и подход 4) оценивает результаты с большим консерватизмом (по сравнению с эталонным подходом 1). С инженерной точки зрения, такой консерватизм представляется в данном случае допустимым – речь идет об очень маленьких «растянутых» площадях (в пределах 7% общей площади при консервативной оценке 5а; в реальности в пределах 4% в подходе 1), что не должно практически влиять на расчеты конструкций.

В заключение сделаем общее замечание об отрыве подошвы от основания. Отождествлять рассмотренную выше «растянутую» площадь (т.е. часть площади подошвы с растягивающими вертикальными напряжениями, вычисленными в предположении о полном контакте) с площадью отрыва в общем случае нельзя – это лишь грубая оценка площади отрыва в первом приближении. Дело в том, что при реальном отрыве растягивающих напряжений на «растянутой площади» не будет – вместо них будут нулевые вертикальные напряжения. Но это приведет к тому, что равнодействующие сжимающих напряжений, вычисленные отдельно только по «сжатой» площади, больше не будут равны тем интегральным усилиям (вертикальной силе и двум качательным моментам), которые закладывались в расчет. Поэтому при заданных интегральных силах под подошвой напряжения перераспределятся по сравнению с результатами проведенных выше расчетов. Судя по всему, при этом «сжатая» площадь несколько увеличится, так что те оценки «растянутой» площади, которые получены выше, окажутся несколько завышенными. Изменения коснутся и сдвигающих напряжений – ведь при отрыве соответствующая часть площади перестанет работать и на сдвиг.

С ростом интенсивности воздействия отрыв начнет оказывать обратное влияние на колебания верхнего строения,

т.е. и сами интегральные силы под подошвой, которые воспринимались выше как заданные во времени и неизменные, станут другими. Именно поэтому нормы обычно устанавливают предел интенсивности воздействия (оцениваемый по «растянутой» площади), до которого можно использовать допущение о полном контакте при расчете реакции верхнего строения. Обычно этот предел составляет 25-30%.

Другой вариант технического решения – добиваться сохранения подобия полного контакта фундамента с основанием при качании путем, например, анкеровки краевых областей фундаментной плиты в подстилающей скале. Тогда в растянутой области на растяжение будут работать анкера, а в сжатой области – грунт. При этом сами области мало изменятся по сравнению со случаем полного контакта, рассмотренным в проведенных выше расчетах.

Перейдем к выводам. Сравнение инженерных методик, использующих максимальные значения сил под подошвой, с более продвинутыми расчетами, использующими реализации этих сил во времени, показало следующие результаты.

1. При оценке максимального отношения модуля сдвигающей силы к модулю прижимающей силы допустимо использовать инженерную методику с максимальными силами, в которой и вертикальная сила, и «побочная» горизонтальная сила принимаются с коэффициентами 0,4, а «основная» горизонтальная сила принимается с коэффициентом 1,0. При этом перебором вариантов определяется максимальное из двух значений.
2. При оценке максимальной площади, по которой при полном контакте подошвы с грунтом действуют растягивающие напряжения, допустимо применять инженерную методику с максимальными качательными моментами и максимальной вертикальной силой, в которой «побочный» качательный момент принимается с коэффициентом 0,4, а «основной» момент принимается с коэффициентом 1,0. Однако вертикальную силу нельзя принимать с коэффициентом 0,4 – рекомендуется значение 1,0. Снова потребуются выбор максимального из двух результатов.

### Литература

1. Тяпин А.Г. Учет взаимодействия сооружений с основанием при расчетах на

сейсмические воздействия. Руководство по расчетам. М.: Издательство АСВ. 2014. 136 с.

Материалы хранятся по адресу:  
105005, г. Москва, Бакунинская ул., 7, стр.  
(АО «Атомэнергопроект»)  
тел.: (499)267-35-03, e-mail: atyapin@bvsr

TYAPIN A., D. Sc., JSC "Atomenergoproject", Moscow

TOPORKOV A., lead engineer JSC "Atomenergoproject", Moscow

## MAXIMAL INTEGRAL FORCES UNDER THE BASE: DIFFERENT ESTIMATES OF SHEAR STABILITY AND POTENTIAL UPLIFT

### Abstract

The authors discuss different estimates of shear stability and potential uplift during seismic events. They compare the results obtained with 6D time-histories of integral seismic forces under the base to the approximate estimates obtained with maximal

integral forces only. The goal is to estimate the applicability of extended Newmark rule (sometimes called 100-40-40 rule). In fact, this rule is based on two assumptions. First, when each of several statistically independent components reaches its' maximal absolute value, the other components reach about 40% of their maximal absolute values. Second, absolute maximum

of the target function of these components may be estimated after comparing target functions in specific time points mentioned above, when one component reaches its maximum, and all other components reach 40% of their maximums. In the paper twelve cases were studied (four different seismic excitations and three soil profiles for each of them). For base shear the target function is ratio of the absolute value of the shear force vector to the compression force consisting of dead weight and vertical seismic force. It turned out that the approximate approach described above gave good results for this target function. For the potential uplift estimates the target function is an area where vertical stresses due to the seismic base rocking turned to be tensile. Here the same 100-40-40 approach

gave non-conservative results. It turned out, that the first assumption mentioned above was more or less applicable, but the second assumption was not valid. Maximal target function was actually reached in the time point different from each of the time points with single maximal components, and maximal target function was considerably greater than each of the target functions in these specific "partial" time points. To restore the conservatism of the approximate estimate one has to apply Newmark rule only to the rocking moments, and seismic vertical force has to be considered in full.

**Keywords:** seismic response, soil-structure interaction, base shear, potential uplift, extended Newmark rule.

## References

1. Tyapin A.G. Uchet vzaimodeistviia sooruzhenii s osnovaniem pri raschetah na seismicheskie vozdeistviia. Rukovodstvo po raschetam [Seismic analysis of structures considering soil-structure interaction. Manual for analysis]. M.: Izdatelstvo ASV. 2014. 136 p. (In Russian)

**Для цитирования:** Тяпин А. Г. Топорков А. С. Максимальные интегральные усилия под подошвой: разные методы оценки устойчивости на сдвиг и потенциала отрыва по подошве фундамента//Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 3. С. 15-23.

**For citation:** Tyapin A. G., Toporkov A. S. Maximal integral forces under the base: different estimates of shear stability and potential uplift // *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2018, no. 3, pp. 15-23. (In Russian).

## КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

**Тяпин А. Г.**  
**СОВРЕМЕННЫЕ НОРМАТИВНЫЕ**  
**ПОДХОДЫ К РАСЧЕТУ ОТВЕТСТВЕННЫХ**  
**СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**  
**М.: Издательство АСВ, 2018. 518 с.**



В издательстве АСВ вышла в свет четвертая монография д. т. н. А.Г. Тяпина, на этот раз посвященная новым тенденциям в американских нормах расчета сооружений ядерных объектов на сейсмические воздействия. В 2017 году опубликована новая редакция стандарта ASCE4-16. Зная ту огромную роль, которую сыграла предыдущая редакция этого стандарта (ASCE4-98), автор полагает, что в ближайшие годы новая редакция также станет индустриальным стандартом по всему миру. С учетом большого количества зарубежных проектов Росатома, отечественным специалистам важно знать, какие новшества появились в новой редакции, чтобы работать с зарубежными заказчиками. Кроме того, ряд уникальных гражданских сооружений уже сопоставим с сооружениями ядерных объектов по своим размерам, жесткостям и массам, поэтому нормы атомной отрасли в части сейсмических расчетов могут, по мнению автора, использоваться и для подобных гражданских объектов.

Сравнительный анализ новых нормативных документов и документов прежнего поколения, проводимый автором в данной монографии, представляет интерес для студентов и аспирантов, готовящихся к работе в этой отрасли, а также для преподавателей строительных ВУЗов. По вопросам заказа монографии можно обращаться в издательство АСВ E-mail: [iasv@iasv.ru](mailto:iasv@iasv.ru), тел. 8(925)084-74-24.



**Л. Н. СМЕРНОВА**

кандидат технических наук, ученый секретарь АО «НИЦ «Строительство»

**А. М. УЗДИН**

доктор технических наук, профессор кафедры «Прочность материалов и конструкций»,  
ФГБОУ ВО Петербургский Государственный Университет Путей Сообщения им. Александра I

**С. В. ПРОКОПОВИЧ**

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

УДК 624.042.7

## УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ КОНСТРУКЦИЙ

В статье описывается статистический метод с учётом импульса скорости и энергетических характеристик эталонного воздействия. Также приводится пример генерации воздействия, который включает в себя импульсную составляющую.

**Ключевые слова:** импульс скорости, интенсивность по Ариасу, сейсмическое воздействие, спектральная плотность.

С середины 50-х годов прошлого века в сейсмостойком строительстве начинают применяться статистические методы анализа, включая статистическое моделирование сейсмических колебаний. В качестве модели воздействия используется подход, предложенный В.В. Болотиним [1] и развитый в России в работах М.П. Салганика [2], Я.М. Айзенберга и его учеников [4,5]. При этом воздействие задается функцией спектральной плотности.

$$S_1(\omega) = \frac{\omega_x}{\pi} \cdot \left[ \frac{\omega^2 + \omega_x^2 + \omega_0^2}{(\omega^2 - \omega_x^2 - \omega_0^2)^2 + 4 \cdot \omega_x^2 \cdot \omega_0^2} \right] \quad (1)$$

$$S_2(\omega) = \frac{2}{\pi} \cdot \left[ \frac{\omega_x^2 \cdot \omega_0^2}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + 4 \cdot \omega_x^2 \cdot \omega^2} \right] \quad (2)$$

$$S_3(\omega) = \frac{2 \cdot \omega_x}{\pi} \cdot \left[ \frac{\omega_x^2 + \omega_0^2}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + 4 \cdot \omega_x^2 \cdot \omega^2} \right] \quad (3)$$

$$S_4(\omega) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\omega_x}{\omega_x^2 + \omega_0^2} \cdot \left[ \frac{\omega_0^4 + 4 \cdot \omega_x^2 \cdot \omega^2}{(\omega^2 - \omega_x^2 - \omega_0^2)^2 + 4 \cdot \omega_x^2 \cdot \omega^2} \right] \quad (4)$$

При статистическом моделировании спектральная плотность задает амплитуды составляющих спектрального воздействия, а сдвиг фаз считается случайным. В результате можно генерировать сколь угодно много воздействий с заданным спектральным составом (спектральной плотностью). Характерные примеры такого моделирования имеются в работах [4-6].

К сожалению, указанный подход к заданию сейсмического воздействия имеет существенный недостаток. Расчетные модели обеспечивают заданный спектральный состав и амплитуду ускорений сейсмического воздействия. Ранее было отмечено [3], что при этом не обеспечиваются реальные смещения, что в свою очередь затрудняет применение таких моделей для сейсмоизолированных сооружений.

В работах [3,11] имеются предложения по учету в рамках описанной модели фактических смещений при землетрясении. Однако, по-нашему мнению, этого недостаточно. В настоящее время во всем мире осуществля-

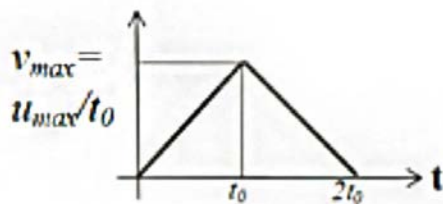


Рисунок 1 — Вид импульса скорости

$$v(t) = \begin{cases} u_{\max} t/t_0^2 \\ \frac{u_{\max}}{t_0} \left(2 - \frac{t}{t_0}\right) \\ 0 \end{cases} \quad (6)$$

В формуле (6) характеристики импульса скорости зависят от значений  $u_{\max}$  и  $t_0$ . Эти два параметра в свою очередь зависят от магнитуды  $M_w$  и гипоцентрального расстояния  $R$ , и по данным [11] имеют следующий вид:

$$t_0 = 10^{(-3.471 + 0.5 \cdot M_w)}, \quad u_{\max} = 10^{(-6.3 + M_w - \log(R))} \quad (7)$$

Вид импульса скорости показан на рис.1

Импульс скорости сдвинут относительно начала воздействия на величину  $lag$ .

Для статистического моделирования импульса скорости в качестве случайных параметров могут рассматриваться три:

- момент включения импульса ( $lag$ ),
- величина импульса ( $V_{\max}$ )
- продолжительность импульса ( $2t_0$ ).

В силу соотношений (7) вместо величин  $V_{\max}$  и  $t_0$  можно рассматривать более физические величины  $M_w$  и  $R$ .

В работе авторов [8] отмечается, что импульс скорости можно выделить в любом воздействии. Авторы провели анализ 70 акселерограмм 9-ти балльных воздействий с выделением в них импульса скорости. Гистограмма величины сдвига показана на рис. 2.

Гистограмма хорошо аппроксимируется экспоненциальным законом распределения:

$$f(x) = \lambda \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot x}) \quad (8)$$

Для имеющихся данных величина  $\lambda$  получается равной  $\lambda = 0.128$ .

На рис. 3 приведены теоретическая и эмпирическая гистограммы распределения величины сдвига импульса от начала воздействия.

Интенсивность по Ариасу в соответствии с (5) записывается в виде

ется переход к многоуровневому проектированию при расчете упругих систем на действие проектных землетрясений (ПЗ). Пиковые ускорения основания (Peak ground acceleration, PGA) действительно определяют поведение конструкции. Однако, при расчете на максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) сейсмостойкость сооружения определяется работой сил пластического деформирования. При этом роль PGA сильно снижается, и определяющими становятся энергетические характеристики воздействия, такие как:

- интенсивность по Ариасу ( $I_A$ );
- абсолютная кумулятивная скорость (CAV);
- плотность сейсмической энергии (SED).

Эти показатели вовсе не учитываются в практике статистического моделирования сейсмического воздействия. Уточнить модель воздействия можно на основе предложений авторов [8].

При этом воздействие  $\ddot{y}_0(t)$  представляется в виде суммы импульса скорости и стационарного случайного воздействия  $\Phi(t)$ , умноженного на заданную огибающую

$$\ddot{y}_0(t) = V(t) + \Phi(t) \quad (5)$$

Стационарное воздействие обеспечивает среднее значение PGA. А за счет импульса скорости  $V(t)$  можно обеспечить энергетические характеристики воздействия, например, интенсивность по Ариасу,  $I_A$ .

Импульс скорости представляется в виде, предложенном итальянскими специалистами [12] и использованном в отечественных работах [8]:

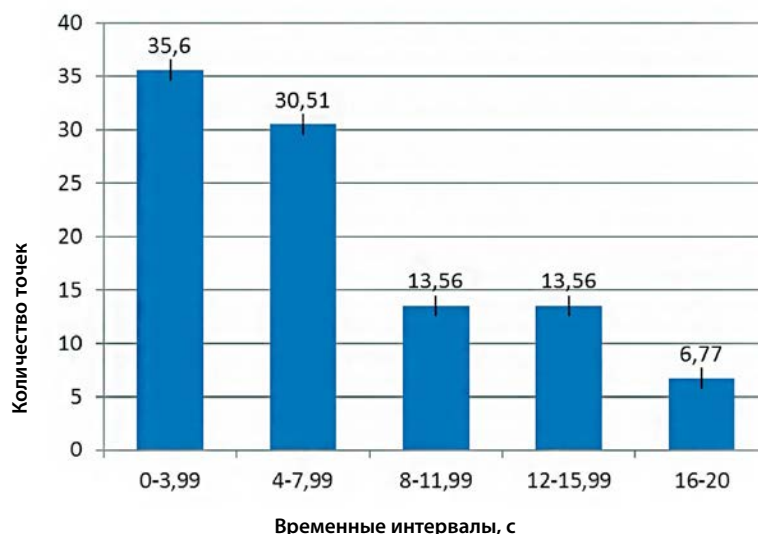
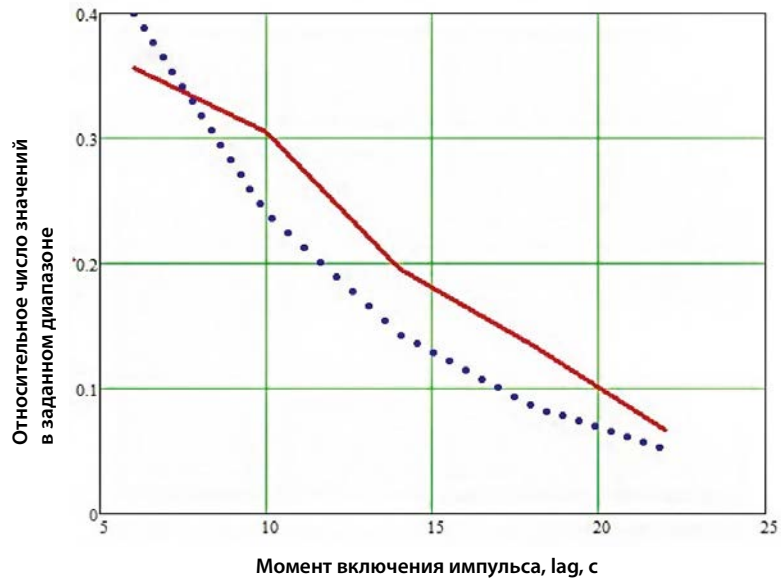


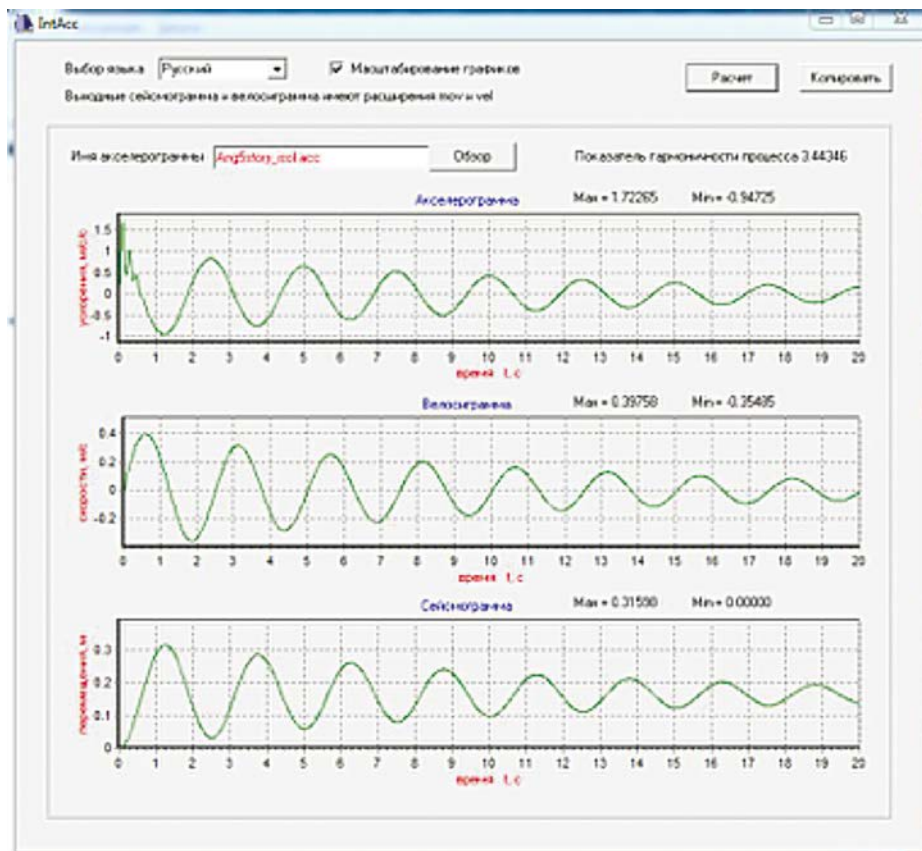
Рисунок 2 — Гистограмма величины сдвига



**Рисунок 3** — Гистограмма момента включения импульса

— эмпирическая кривая

••••• теоретическая кривая с использованием (8)



**Рисунок 4** — Хронограммы сгенерированного воздействия

$$I_A = \int_0^{\tau} (V + \Phi)^2 dt = \int_0^{\tau} (V)^2 dt + 2 \int_0^{\tau} (V \cdot \Phi) dt + \int_0^{\tau} (\Phi)^2 dt = V_{\max}^2 \cdot t_0 + 2 \int_0^{\tau} (V \cdot \Phi) dt + I_0 \quad (9)$$

В соответствии с [10, 11] интенсивность по Ариасу  $I_A$  может считаться случайной величиной, распространенной по закону Вейбулла. Ее также можно выбрать случайным образом. Если пренебречь вторым слагаемым в (9), с учетом того, что в интервале от 0 до  $\tau$  под интегралом функция  $\Phi$  знакопеременная, то можно подобрать такое  $V_{\max}$  (дельта-функция), которое при умножении на  $T_0$  даст величину равную



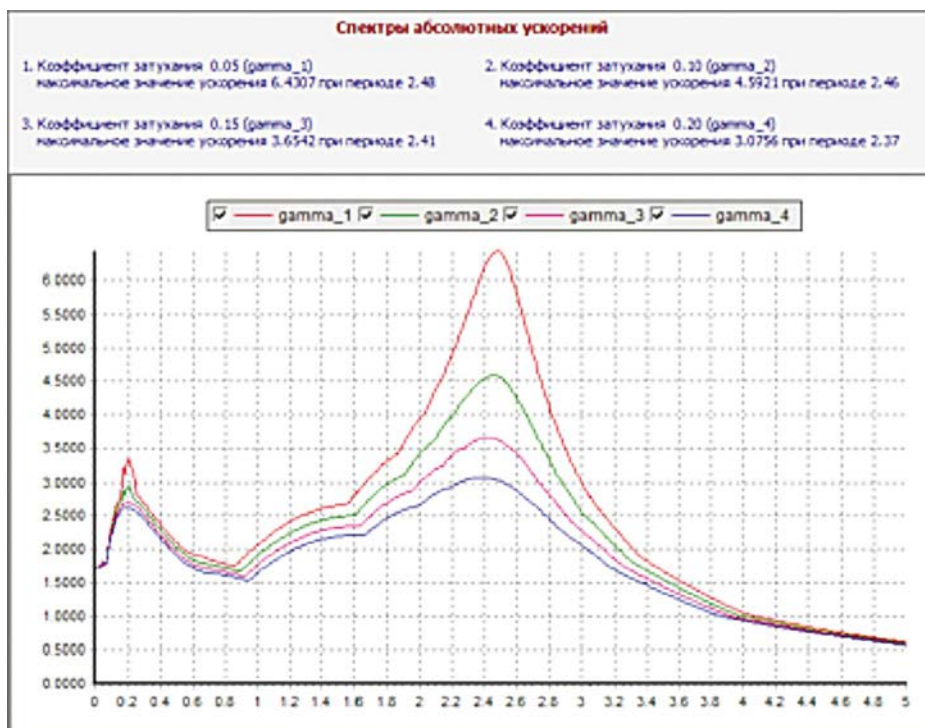


Рисунок 5 — Спектры ускорений

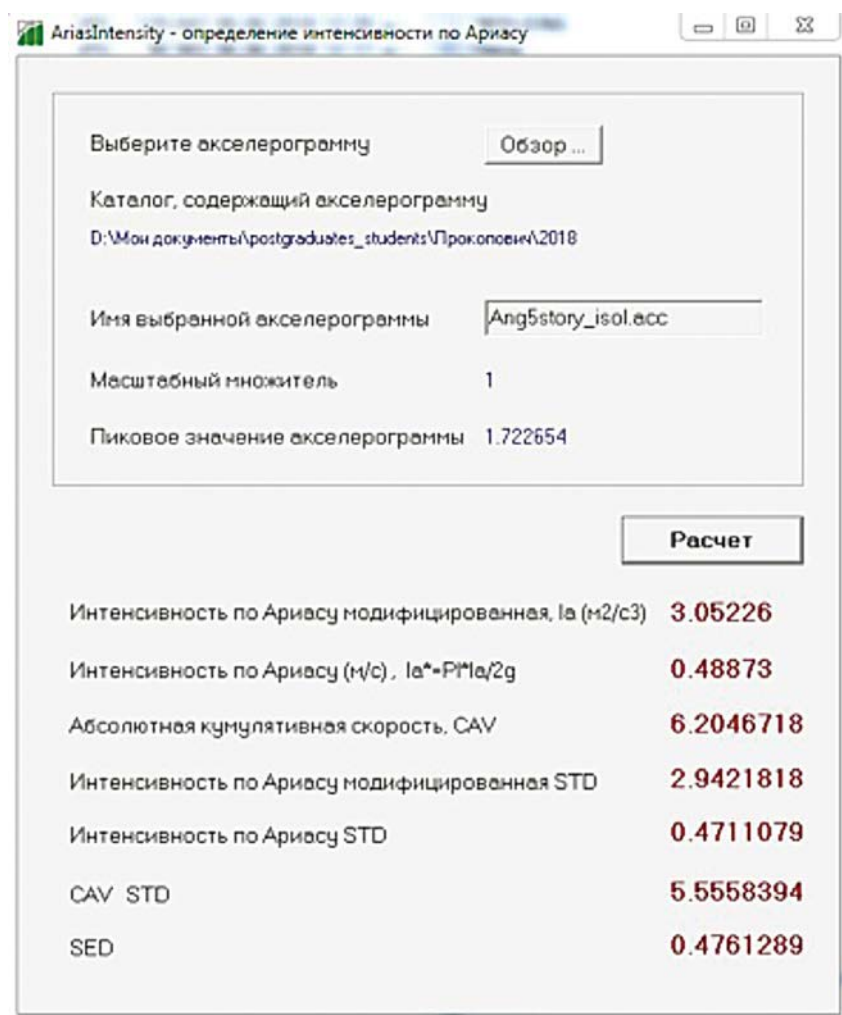
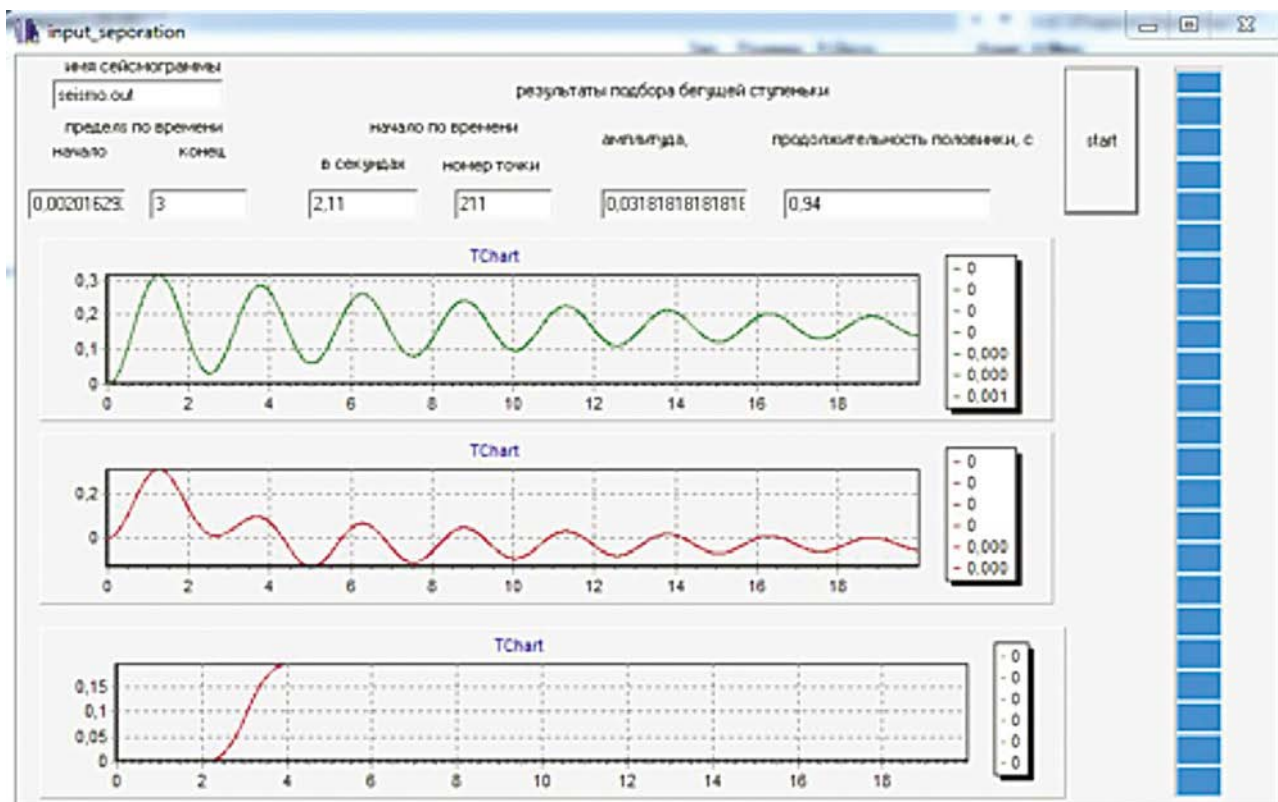


Рисунок 6 — Характеристики сгенерированного сейсмического воздействия



**Рисунок 7** — Представление случайного воздействия (верхний рисунок) в виде суммы колебательного процесса (средний рисунок) и импульса скорости (нижний рисунок)

расчетной интенсивности по Ариасу  $I_{calc}$ .

Если считать, что  $R$  – гипоцентральное расстояние – нормально распределенная величина, известная для рассчитываемого сооружения, то ее также можно выбрать случайным образом. В этом случае продолжительность импульса однозначно определится из формулы для  $I_{calc}$ .

$$t_0 = \frac{I_{calc} - I_0}{V_{max}^2} \quad (10)$$

В результате получается статистическая модель воздействия, каждая реализация которой определяется спектральной плотностью на площадке строительства, ожидаемой величиной гипоцентрального расстояния и двумя дополнительными случайными параметрами  $lag$  и  $I_{calc}$ .

Пример сгенерированного таким образом воздействия приведен на рисунке 4. Акселерограмма сгенерирована для расчета 5-ти этажного сейсмоизолированного здания с преобладающим периодом  $T_{eq} = 2.5$  с. На рисунке показаны хронограммы воздействия (акселерограмма, велосигграмма и сейсмограмма).

На рисунке 5 приведены спектры ускорений для полученного воздействия.

На рис.6 приведены характеристики сгенерированного сейсмического воздействия.

На рис.7 показано разделение воздействия. На нем приведены сейсмограммы воздействия и его составляющих в виде колебательного процесса и подъема основания.

В представленной реализации импульс скорости имеет место на интервале от 2.2 до 4 с и приводит к остаточному смещению около 0.2 м.

**Заключение.**

В соответствии с изложенным в статье предложен метод статистического моделирования сейсмического воздействия в виде суммы случайного колебательного процесса и импульса скорости. Колебательный процесс задается стандартным способом, а импульс скорости определяется тремя случайными параметрами: гипоцентральным расстоянием  $R$ , магнитудой воздействия  $M_w$  и моментом включения импульса  $lag$ . Для величин  $R$  и  $M_w$  авторы используют нормальное распределение, а для оценки сдвига (запаздывания) импульса скорости – экспоненциальное. Параметры экспоненциального распределения подобраны на основе статистической обработки 70 записей сильных землетрясений.

**Литература**

1. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике. М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. 279 с.  
 2. Салганик М.П. О моделировании сейсмических воздействий на строительные соору-

жения // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып.26. М.: Наука, 1967. С.157-153.  
 3. Уздин А.М., Елизаров С.В., Белаш Т.А. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений. Учебное пособие. ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на же-

лезнодорожном транспорте». М., 2012. 500 с.  
 4. Айзенберг Я.М., Залилов К.Ю. Генерирование расчетного ансамбля синтетических акселерограмм и исследование влияния их параметров на сейсмическую реакцию сооружения //Расчет и проектирование зда-

ний для сейсмоопасных районов. М.: Наука, 1988. С.5-14.

5. Абакаров А.Д. Исследование оптимальных параметров системы сейсмозащиты с выключаемыми связями и ограничителем перемещений по критерию надежности на ЭВМ методом Монте-Карло // Расчет и проектирование зданий для сейсмостойких районов. М.: Наука, 1988. С.108-114.

6. Давыдова Г.В., Огнева С.В., Уздин А.М., Федорова М.Ю. Генерация расчетных акселерограмм для оценки сейсмического риска // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2011. №4. С.42-47.

7. Белах Т.А., Уздин А.М. Железнодорожные здания для районов с особыми природно-климатическими условиями и техногенными воздействиями. ГОУ «Учеб-

но-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». М., 2007. 372 с.

8. Uzdin A.M., Dmitrovskaya L.N., Sakharov O.A. Setting the Level of Design Acceleration on the Basis of the Energy Theory Earthquake Engineering. 14-th European Conference on Earthquake Engineering (Ochrid, Macedonia) 30.08.2010-03.09.2010

9. Долгая А.А., Индейкин А.В. Статистический анализ интенсивности по Ариасу и скорости для реальных землетрясений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2002. № 2. С.32-33.

10. Рекомендации по заданию сейсмических воздействий для расчета зданий разной степени ответственности. СПб – Петропавловск-Камчатский: КамЦентр, 1996. 12 с.

11. Белах Т.А., Сахаров О.А., Давыдова Г.В. Модель сейсмического воздействия для статистического моделирования колебаний сейсмоизолированных систем // Строительство. Известия ВУЗов: Научно-теоретический журнал / Министерство общественного и профессионального образования РФ; Ассоциация строительных вузов СНГ. Новосибирск: Новосибирский Гос. архитектурно-строительный университет, 2009. N2. С. 101-107.

12. Faccioli E., Paolucci R., Rey Ju. Displacement spectra for long periods // Earthquake Spectra, Vol.20, No.2, p.347-376.

Материалы хранятся по адресу:  
109428, Москва, ул. 2-я Институтская, 6, стр. 37  
109456, а/я 29, г. Москва,  
Тел./факс: (499) 174-75-82

**SMIRNOVA L., candidate of technical sciences, JSC Research Center of Construction, UZDIN A., doctor of technical Sciences, Professor, Department "Strength of materials and structures", FGBOU to St. Petersburg state University of railway engineering. Alexander I, PROKOPOVICH S., engineer, Department "Strength of materials and structures", FGBOU to St. Petersburg state University of railway engineering. Alexander I**

## THE REFINEMENT OF THE MODEL OF SEISMIC INPUT FOR THE STATISTICAL MODELING OF STRUCTURES

### Abstract

The paper describes a statistical method taking into account the velocity pulse and the energy characteristics of the reference impact. An example of generation

of an impact is also given, which includes the impulse component.

**Keywords:** velocity pulse, Arias intensity, seismic action, spectral density.

### References

1. Bolotin V.V. Statisticheskie metody v stroitel'noy mekhanike [Statistical methods in structural mechanics. M.: Izd-vo literatury po stroitel'stvu, 1965. 279 p. (In Russian).  
2. Salganik, M. P. O modelirovanii seismicheskikh vozddeystvii na stroitel'nye sooruzheniia [On the modeling of seismic effects on building structures] // *Voprosy inzhenernoi seismologii* [Questions of engineering seismology]. Vol.2B. M.: Nauka, 1967, p. 157-153 (In Russian).  
3. Uzdin A. M., Elizarov S. V., Belash T. A. Seismostoikiie konstruksii transportnyh zdaniia i sooruzhenii [Earthquake resistant design of transport buildings and structures]. Uchebnoe posobie. FGOU "Uchebno-metodicheskii tsentr po obrazovaniuu na zheleznodorozhnom transporte". M., 2012. 500 p. (In Russian).  
4. Eisenberg J. M., Zalilov K. Yu. Generirovanie raschetnogo ansambliia sinteticheskikh akselerogramm i issledovanie vliianiia ih parametrov na seismicheskuiu reaktсию sooruzheniia [The Generation of a design ensemble of synthetic

accelerograms and the study of the influence of their parameters on the seismic response of the structure] // *Raschet i proektirovanie zdaniia dlia seismoopasnyh raionov* [Calculation and design of buildings for seismic areas]. M.: Nauka, 1988. P. 5-14. (In Russian).  
5. Abakarov A.D. Issledovanie optimal'nyh parametrov sistemy seismozashchity s vykliuchaiushchimisia sviaziami i ogranichitelem peremeshchenii po kriteriiu nadezhnosti na EVM metodom Monte-Karlo [Study of optimal parameters of seismic protection system with switching links and a limiter of movements by the criterion of reliability on a computer by the Monte Carlo method] // *Raschet i proektirovanie zdaniia dlia seismostoikich raionov* [Calculation and design of buildings for earthquake-resistant areas]. M.: Nauka, 1988. P. 108-114. (In Russian).  
6. Davydova G. V., Oгнева S. V., Uzdin A. M., Fedorov M. Yu. Generatsiia raschetnyh akselerogramm dlia otsenki seismicheskogo riska [Generation of calculated accelerograms for seismic risk assessment]. *Prirodnye i tehnogen-*

*nye riski. Bezopasnost' sooruzhenii* [Natural and man-made risks. Safety of structures]. 2011. № 4. P.42-47. (In Russian).  
7. Belash T.A., Uzdin A.M. Zheleznodorozhnye zdaniia dlia raionov s osobymi prirodno-klimaticheskimi usloviiami i tehnogennymi vozddeistviiami [Railway buildings for areas with special climatic conditions and technogenic input]. GOU "Uchebno-metodicheskii tsentr po obrazovaniuu na zheleznodorozhnom transporte". M., 2007. 372 p. (In Russian).  
8. Uzdin A.M., Dmitrovskaya L.N., Sakharov O.A. Setting the Level of Design Acceleration on the Basis of the Energy Theory Earthquake Engineering. 14-th European Conference on Earthquake Engineering (Ochrid, Macedonia) 30.08.2010-03.09.2010  
9. Dolgaia A.A., Indeikin A.V. Statisticheskii analiz intensivnosti po Ariasu i skorosti dlia real'nyh zemletriasenii [Statistical analysis of arias intensity and velocity for real earthquakes] // *Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety]. 2002. № 2. P. 32-33.

(In Russian).

10. Rekomendatsii po zadaniiu seismicheskikh vozdeistvii dlia rascheta zdanii raznoi stepeni otvetstvennosti [Recommendations on the task of seismic effects for the calculation of buildings of different degrees of responsibility]. St. Petersburg – Petropavlovsk-Kamchat-sky: Kamcentr, 1996. 12 p. (In Russian).

11. Belash T.A., Saharov O.A., Davydova G. V. Model' seismicheskogo vozdeistviia dlia statisticheskogo modelirovaniia kolebaniy seismoizolirovannykh system [Seismic impact Model for statistical modeling of seismic systems oscillations] // *Stroitel'stvo. Izvestiia VUZov: Nauchno-teoreticheskii zhurnal/Ministerstvo obshchestvennogo i*

*professional'nogo obrazovaniia RF; Assotsiatsiia stroitel'nykh VUZov SNG.* Novosibirsk: Novosibirskii Gos. Arhitekturno-stroitel'nyi universitet, 2009. N2. P. 101-107. (In Russian).

12. Faccioli E., Paolucci R., Rey Ju. Displacement spectra for long periods // *Earthquake Spectra*, Vol.20, No.2, p.347-376.

**Для цитирования:** Смирнова Л.Н., Уздин А.М., Прокопович С.В. Уточнение модели сейсмического воздействия для статистического моделирования работы конструкций//Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 3. С. 24-30.

**For citation:** Smirnova L.N., Uzdin A.M., Prokopovich S.V. The refinement of the model of seismic input for the statistical modeling of structures // *Seismostoiokoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2018, no. 3, pp. 24-30. (In Russian).

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ»

### Текст:

1. **Объем статьи** не должен превышать **40 000** знаков.
2. **Количество авторов** статьи – не более 3-х.
3. **Сведения об авторе** должны содержать: ФИО, регалии, место работы и должность, почтовый и электронный адреса, контактный телефон **на русском и английском языках**. Необходима фотография в формате TIF, JPG.
4. **Ключевые слова** к статье\* должны быть **на русском и английском языках**.
5. **Аннотация** к статье должна содержать 100–250 слов **на русском и английском языках**. Аннотация на английском языке не должна полностью повторять текст аннотации на русском языке. Статья должна содержать: введение, цели задачи, методы, результаты, заключение.
6. Обязательно наличие **библиографического списка** с ссылками по тексту на русском (ГОСТ Р7.0.5–2008) и английском языках (или латиницей по правилам Scopus).
7. Обязательное приложение – **рекомендательное письмо** от организации, которую представляет автор, **рецензия** или **экспертное заключение** (для аспирантов или соискателей ученой степени кандидата наук).

### Иллюстрации:

1. **Рисунки** должны быть представлены отдельно в форматах файлов (под PC): **PDF, EPS, AI, CDR**;
2. **Фото** должны быть представлены для публикации в форматах файлов (под PC): **TIFF, JPG**;
3. **Разрешение** файлов – не менее **300 dpi**;
4. **Таблицы, схемы и диаграммы** должны быть встроены в статью и иметь связи (быть доступными для редактирования) с программой, в которой они созданы (**Excel**);
5. Обязательно наличие **подписей к иллюстрациям**, оформленных отдельным списком.
6. **Данные в таблицах** даются полностью **без сокращений**.
7. **Математические формулы и выражения** должны быть записаны в **Microsoft Word** или с помощью редактора **Microsoft Equation 3.0**.
8. **УДК статьи**.

Ждем ваши материалы по адресу:  
**109456, а/я 29, г. Москва**  
 или по e-mail: **info@raee.su**,  
 т/ф.: **(499) 174–70–65**



**А. П. ОРДЫНСКАЯ**

*кандидат геолого-минералогических наук, Институт земной коры СО РАН, Иркутск*

**Ю. А. БЕРЖИНСКИЙ**

*кандидат геолого-минералогических наук, руководитель отдела сейсмостойкого строительства, Институт земной коры СО РАН, Иркутск*

**Л. П. БЕРЖИНСКАЯ**

*кандидат технических наук, Институт земной коры СО РАН, Иркутск*

**Е. А. ФИНКЕЛЬШТЕЙН**

*младший научный сотрудник, Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Иркутск*

УДК 699.841

## К ОЦЕНКЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ 9-ЭТАЖНЫХ БЛОК-СЕКЦИЙ СЕРИИ 111 ПРИ СПИТАКСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ 1988 ГОДА

*Изложены результаты ретроспективного анализа сейсмостойкости 9-этажных блок-секций в г. Гюмри (Ленинакане), подвергшихся воздействию Спитакского землетрясения 08.12.1988 года. Используются результаты вибрационных испытаний опытной блок-секции серии 111. Выполнены расчеты сейсмостойкости блок-секции по методу «pushover analysis», а также прямой динамический расчет модели сложного упруго-пластического деформирования механической системы с двумя степенями свободы. Приведены данные макросейсмического обследования последствий Спитакского землетрясения 1988 года.*

**Ключевые слова:** *интенсивность землетрясения, сейсмостойкость зданий, метод «pushover analysis», прямой динамический расчет, коэффициент пластичности, коэффициент редукации, вибрационные испытания, макросейсмическое обследование, степени повреждения зданий.*

### ВВЕДЕНИЕ

В 2018 году исполняется 30 лет со дня трагических событий в Армении – Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 года. Магнитуда землетрясения составила  $M_S=7.0$ , глубина очага

15-20 км, интенсивность в эпицентре – 10 баллов по шкале MSK-64. Очаг землетрясения вышел на поверхность и возник в пределах зоны, нормированная интенсивность которой составляла 7 баллов: города Спитак, Ванадзор (Кировакан), Степанаван. Район г. Гюмри (Ленинакана) был отнесен по карте сейсмического районирования к 8-балльной зоне. Для различных строительных площадок в пределах этого города расчетная сейсмичность должна была составлять от 7 до 9 баллов в зависимости от грунтовых условий. Для городов в 7-балльной зоне расчетная сейсмичность должна была составлять от 6 до 8 баллов. Согласно Заклчению государственной комиссии [1] фактически интенсивность сотрясений в г. Спитаке составила 9-10 баллов, превысив нормативную на 2 балла, в г. Ванадзоре (Кировакане) и Степанаване интенсивность землетрясения составила 8 баллов, превысив нормативную на 1 балл. В пределах территории г. Гюмри (Ленинакана) интенсивность сейсмического воздействия была несколько выше 8-балльной нормативной и составила 8.5-9 баллов.

Целью настоящей статьи является исследование реакции 9-этажной блок-секции серии 111 на сейсмические воздействия вплоть до разрушения. При оценке несущей способности здания учтены результаты вибрационных ис-

пытаний опытного объекта. Реакция здания на сейсмические воздействия определена по методу нелинейного статического анализа «Nonlinear pushover analysis» и прямого динамического расчета на акселерограммы землетрясения, зарегистрированные в пункте Гукасян. Анализ реакции блок-секций проведен с учетом данных макросейсмического обследования зданий этой серии после Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. [1].

**КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА 9-ЭТАЖНЫХ БЛОК-СЕКЦИЙ СЕРИИ 111**

Серия 111 каркасно-панельных жилых домов предназначалась для строительства в Армянской ССР в районах с сейсмичностью 7-8 баллов [14]. Блок-секции (односекционный жилой дом) были запроектированы высотой 9 и 5 этажей. Размеры в плане 9-этажной блок-секции 18×18 м. Пространственная жесткость блок-секций в продольном направлении обеспечивается рамной конструкцией каркаса, а в поперечном – двумя вертикальными железобетонными диафрагмами жесткости (рамно-связевая система). Сборные железобетонные диафрагмы жесткости не имели надежной связи с прилегающими колоннами, а горизонтальные стыки диафрагм фактически выполнены без шпонок. Для сборных перекрытий применены многпустотные предварительно напряженные плиты из легкого бетона толщиной 220 мм. Заполнением наружных стен служат навесные стеновые панели толщиной 220 мм.

**ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ 9-ЭТАЖНОЙ БЛОК-СЕКЦИИ СЕРИИ 111**

Вибрационные испытания опытной блок-секции были проведены Лабораторией прочностных испытаний ЦНИИЭП жилища под руководством к.т.н. Г.Н. Ашкинадзе в г. Ереване в 1976 году. При вибрационных испытаниях 9-этажной блок-секции серии 111 были достигнуты максимальные перемещения в уровне покрытия при колебаниях:

- в продольном направлении несущих рам  $d = 0.023$  м на частоте  $f = 0.9$  Гц ( $T = 1.11$  с);
- в поперечном направлении  $d = 0.017$  м на частоте  $f = 1.25$  Гц ( $T = 0.80$  с).

Максимальные горизонтальные инерционные нагрузки при испытаниях составили 110 и 83 тс в поперечном и продольном направлениях соответственно (таблица 1). Расчетная величина 8-балльной сейсмической нагрузки

$S_{расч.} = 367$  тс определена в соответствии со СНиП II-A.12-69\* [2] и СНиП II-7-81 [3]. Величина инерционной нагрузки при испытаниях составила: в продольном направлении – 30% от расчетной сейсмической нагрузки, а в поперечном – 23%. Опыт проведения вибрационных испытаний свидетельствует, что при столь низком уровне динамического нагружения в сейсмостойком здании не должны были проявиться какие-либо повреждения.

Однако в процессе испытаний было отмечено, что уже при незначительном повышении интенсивности колебаний резонансная частота здания снизилась с 1.75 Гц до 1.28 Гц, что свидетельствовало о накоплении повреждений в несущих конструкциях [4]. Они были обнаружены визуально. Также было установлено, что проектные решения блок-секции содержат ряд существенных недостатков, строительно-монтажные работы выполнены с дефектами, сейсмостойкость здания – низкая, необходима корректировка проектных решений. Но эти результаты были оспорены, а испытания прерваны по настоянию заказчика, причем по причинам, весьма далеким от научных проблем.

Результаты вибрационных испытаний позволили построить экспериментальную кривую несущей способности для эквивалентной модели блок-секции с одной степенью свободы (рисунок 1а).

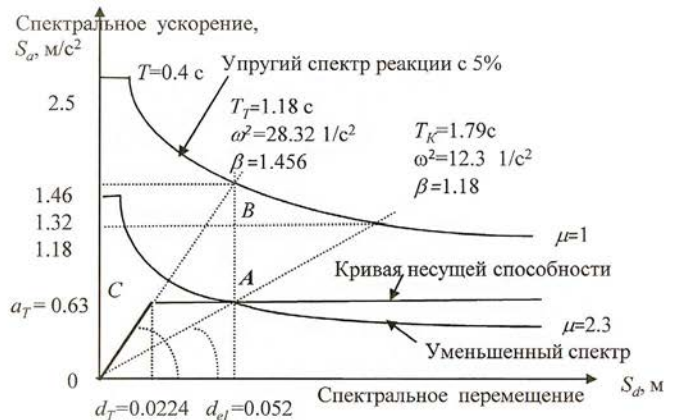
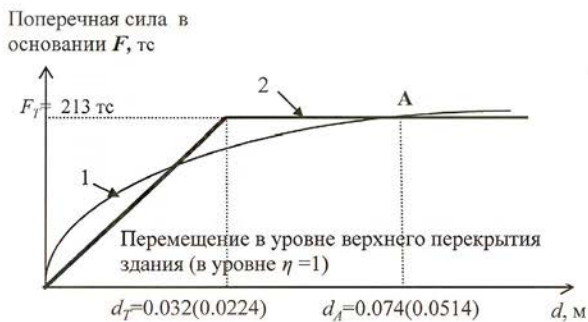
В таблице 2 представлены значения параметров кривой несущей способности здания (продольное направление) в виде диаграммы Прандтля. Параметрами модели, характеризующими возникновение в системе условного предела текучести, являются:

- перерезывающая сила в основании  $F_T = 2130$  кН;
  - соответствующее ей перемещение в уровне верхнего перекрытия  $d_T = 0.032$  м ( $d_T = 0.0224$  м – в уровне  $\eta = 1$ );
  - период колебаний  $T_T = 1.18$  с ( $\omega^2 = 28.1$  1/с<sup>2</sup>), определенный в предположении, что основная форма горизонтальных прогибов будет соответствовать колебаниям по первой форме многомассовой системы с периодом  $T_T = 1.18$  с;
  - обобщенная горизонтальная жесткость  $K_T = F_T/d_T = M_{экр} \cdot \omega^2 = 0.95 \cdot 10^5$  кН/м;
  - ускорение упруго-пластической системы  $a_T = F_T/M_{экр} = 0.63$  м/с<sup>2</sup> при известных пределах текучести  $F_T$  и массе  $M_{экр}$ ;
  - эквивалентная масса  $M_{экр} = 3380$  тонн.
- В качестве максимального нелинейного перемещения

**Таблица 1** — Инструментальные данные вибрационных испытаний 9-этажной блок-секции серии 111 в г. Ереване (1976 г.)

N, исп.	Продольное направление							Поперечное направление				
	Первая форма					Вторая форма		Первая форма			Вторая форма	
	Q, кгс	f <sub>1</sub> , Гц	T <sub>1</sub> , с	δ <sub>1</sub>	ε <sub>1</sub> , %	f <sub>2</sub> , Гц	T <sub>2</sub> , с	Q, кгс	f <sub>1</sub> , Гц	T <sub>1</sub> , с	f <sub>2</sub> , Гц	T <sub>2</sub> , с
1	224	1.20	0.83	0.19	3.0	3.45	0.29	224	1.78	0.56	5.57	0.18
2	1824	1.0	1.0	0.15	2.4	2.56	0.39	1664	1.62	0.62	5.0	0.2
3	3904	0.9	1.11	0.29	4.6			3904	1.25	0.80	5.57	0.18

δ<sub>1</sub> – декремент затухания, ε<sub>1</sub> – параметр затухания в долях от критического



**Рисунок 1** — а) – Экспериментальная зависимость «поперечная сила в основании – перемещение в уровне покрытия (в уровне  $\eta=1$ )»: 1 – экстраполяция экспериментальной зависимости на область больших перемещений; 2 – аппроксимация экспериментальной зависимости идеализированной билинейной диаграммой. б) – Определение нелинейного перемещения 9-этажной блок-секции серии 111 (на примере землетрясения с интенсивностью 7 баллов).

принято значение перемещения  $d_A = 0.074$  (0.0514) м.

По рекомендациям Eurocode 8 нелинейное перемещение  $d_i$  не должно превышать линейное перемещение  $d_{el}$  более чем в три раза [15].

Горизонтальное перемещение одномассовой системы соответствует перемещению многомассовой системы в уровне  $\eta = 1$ . Коэффициент первой формы колебаний в уровне покрытия блок-секции равен  $\eta = 1.43$ . Определение нелинейного перемещения 9-этажной блок-секции серии 111 с коэффициентом пластичности  $\mu = 2.3$  представлено на примере землетрясения с интенсивностью 7 баллов (рисунок 16).

Для оценки способности конструкций к пластическим деформациям при землетрясениях используется коэффициент пластичности  $\mu$  [12]. Коэффициент пластичности равен отношению максимальной деформации  $d_{max}$  неупругой системы к деформации  $d_T$ , соответствующей условному пределу текучести:  $\mu = d_{max}/d_T$ . Согласно [11] зависимость между коэффициентом редукиции  $R_\mu$ , коэффициентом пластичности  $\mu$  и периодом свободных колебаний  $T_n$  имеет следующий вид:

$$R_\mu = \begin{cases} 1 & T_n < T_a \\ \sqrt{2\mu - 1} & T_b < T_n < T_c \\ \mu & T_n > T_c \end{cases} \quad (1)$$

Значения периодов  $T_a$ ,  $T_b$  и  $T_c$  являются границами зон, соответствующих чувствительности динамической системы к ускорениям, скоростям и перемещениям конструкции при землетрясениях.

Результатом нелинейного статического расчета является сейсмическая реакция эквивалентной одномассовой

системы в виде перемещения, которое соответствует перемещению многомассовой системы в уровне  $\eta = 1$ . Для представления предельных состояний конструкции используется пересечение кривой несущей способности (предельной прочности – «pushover analysis») и уменьшенного спектра реакции, характеризующего возникновение неупругих деформаций в конструкции. Точка пересечения соответствует искомому перемещению  $d_{max}$  (рисунок 16).

### ПРЯМОЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ 9-ЭТАЖНОЙ БЛОК-СЕКЦИИ СЕРИИ 111

При прямых динамических расчетах 9-этажной блок-секции на сейсмические воздействия использованы двухкомпонентные горизонтальные акселерограммы основного и повторного (через 20-30 с) толчков, записанные на сейсмостанции Гукасян (рисунок 2).

В качестве расчетной динамической модели РДМ принята модель сложного упруго-пластического деформирования механической системы с двумя степенями свободы, предложенная проф. Ю.Л. Рутманом, с характеристиками, соответствующими диаграмме Прандтля [5]. Прямой динамический расчет выполнен по программе Динамика-МРЗ, разработанной авторами [13]. Программа реализована на языке Си с использованием версии компилятора GCC и состоит из модуля постановки задачи, модуля загрузки данных о сейсмических воздействиях (акселерограмм) и модуля интегрирования системы обыкновенных дифференциальных уравнений. В модуль интегрирования включены стандартные алгоритмы интегрирования систем дифференциальных уравнений DOPRI5 и DOPRI8, реализующие метод Дорманда-Принса из семейства методов Рунге-Кутты соответственно

**Таблица 2** — Параметры кривой несущей способности здания (продольное направление)

$f, 1/c$	$\omega_2, 1/c^2$	$T_T, c$	$\beta (T_T)$	$F_T, кН$	$d_T, м$	$a_T, м/с^2$	$K_T, кН/м$	$M_{экв}, т$
0.85	28.3	1.18	1.46	2130	0.0224	0.63	$0.95 \cdot 10^5$	3380

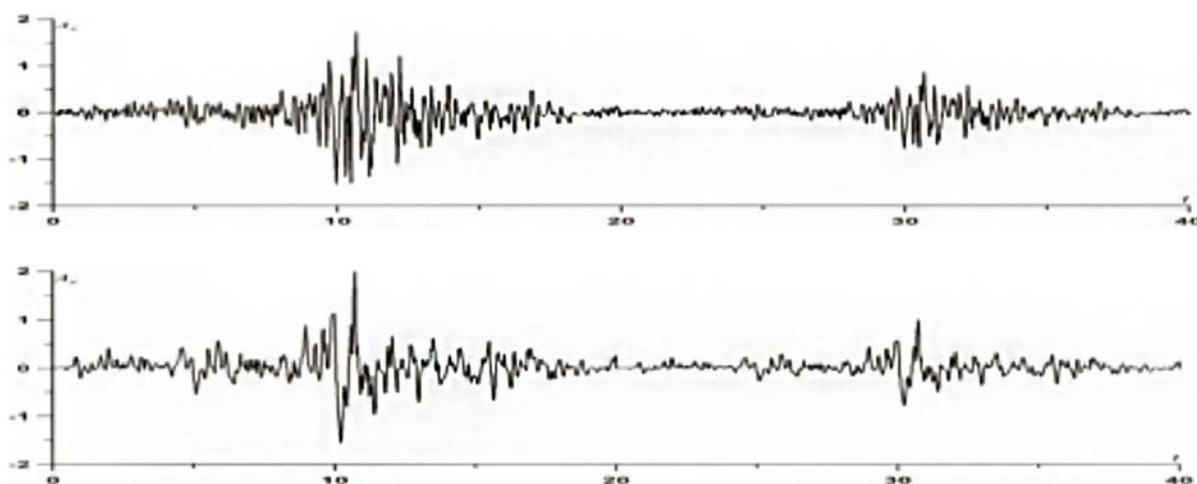


Рисунок 2 — Двухкомпонентные акселерограммы основного и повторного толчков, зарегистрированные на сейсмостанции Гукасян

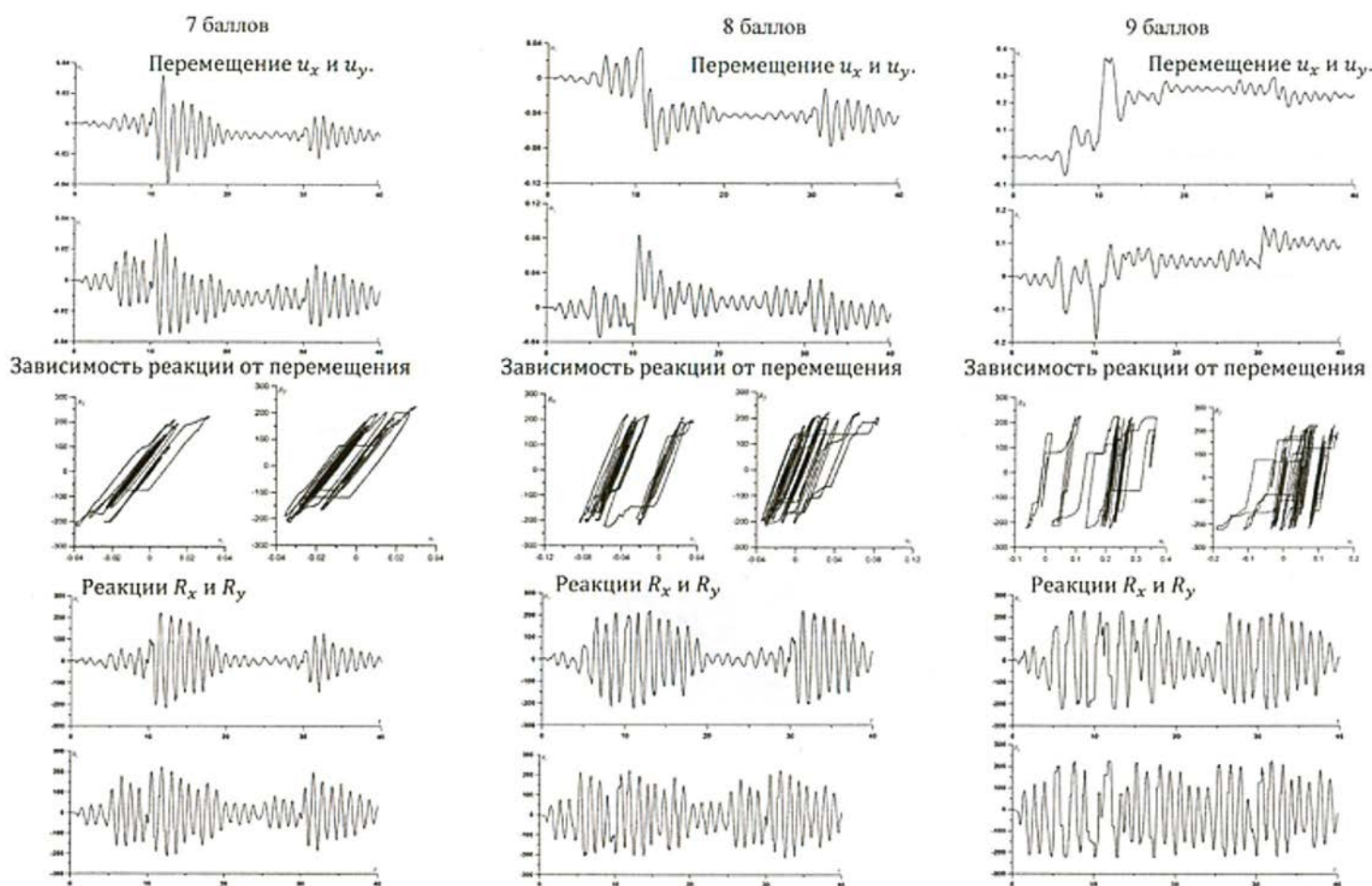


Рисунок 3 — Графики перемещений в м, реакции системы в тс; графики зависимостей реакций от перемещений для 7, 8 и 9 баллов

5-го и 8-го порядков. Результаты работы программы выводятся в виде графиков с использованием программы Golden Software Grapher [8].

Графики результатов динамических расчетов на акселерограммы ст. Гукасян представлены на рисунке 3.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ 9-ЭТАЖНОЙ БЛОК-СЕКЦИИ СЕРИИ 111 ПО МЕТОДУ «PUSHOVER ANALYSIS» И ПО ПРЯМОМУ ДИНАМИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ**



Результаты расчетов 9-этажной блок-секции серии 111 на 7, 8 и 9 баллов по обоим методам представлены в таблице 3. С точки зрения оценки резервов сейсмостойкости блок-секции оба метода показали удовлетворительное согласование.

При 7 баллах коэффициенты пластичности находятся в допустимых пределах 1.7-2.3, повреждения блок-секции соответствуют 1-2 степени. Блок-секции пригодны к эксплуатации после проведения ремонта.

**Таблица 3** — Сравнение результатов анализа серии 111 по методу Pushover analysis и по прямому динамическому расчету

N	Наименование параметров		7 баллов		8 баллов		9 баллов	
			Pushover analysis	Прямой динамический расчет	Pushover analysis	Прямой динамический расчет	Pushover analysis	Прямой динамический расчет
1	Расчетное ускорение основания	$a_g, \text{ м/с}^2$	1.0	1.0	2.0	2.0	4.0	4.0
2	Период колебаний, соответствующий максимальной деформации	$T_K, \text{ с}$	1.79	1.54	2.54	2.29	3.59	4.18
3	Отношение периодов колебаний, $T_T = 1.18 \text{ с}$	$T_K/T_T$	1.52	1.31	2.15	1.94	3.04	3.54
4	Коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий	$K_T$	0.43	0.59	0.22	0.27	0.11	0.08
5	Коэффициент пластичности Коэффициент редукции	$\mu$ $R\mu$	2.3	1.7	4.6	3.8	9.2	12.5
6	Остаточные перемещения	$d_{ост}, \text{ см}$	-	0.8	-	4.2	-	22.6
7	Максимальный межэтажный перекос	$\Delta_{общ}$	0.023	0.017	0.047	0.038	0.093	0.127
8	Максимальный неупругий межэтажный перекос	$\Delta_{неупр}$	0.013	0.007	0.037	0.028	0.083	0.117
9	Оценка степени повреждений серии 111 по соотношению периодов колебаний $T_K/T_T$ по И.Ф. Ципенюку	$T_K/T_T$ $d$	$1.5 < 1.52 < 1.8$ $d = 2$	$1.25 < 1.31 < 1.5$ $d = 1$	$1.8 < 1.52 < 2.4$ $d = 3$	$1.8 < 1.94 < 2.4$ $d = 3$	$3.9 > 2.4$ $d = 4$	$3.54 > 2.4$ $d = 4$
10	Степень повреждения серии 111 по данным макросейсмического обследования в г. Гюмри-Ленинакане (Заключение государственной комиссии [1])		$d = 1-2$ Блок-секции пригодны к эксплуатации после ремонта		$d = 2-3.5$ Блок-секции подлежат восстановлению с усилением конструкций		$d = 3.5-5$ Обрушение блок-секций, не подлежат восстановлению, снос конструкций	

При 8 баллах коэффициенты пластичности приобретаю повышенные значения 3.8-4.6, повреждения блок-секции возрастают до 2-3.5 градации степени. Блок-секции подлежат восстановлению с усилением конструкций.

При 9 баллах коэффициенты пластичности возрастают до недопустимых значений 9.2-12.5, повреждения блок-секции характеризуются 3.5-5 градации степени. Происходит разрушение блок-секции; здание подлежит сносу.

Расчетные значения степеней повреждения совпадают с результатами макросейсмического обследования последствий Спитакского землетрясения [1].

Отметим некоторую особенность в применении обоих методов. При сейсмических воздействиях 7-8 баллов прямой динамический расчет дает результаты на 10-25% ниже по сравнению с нелинейным статическим анализом. При 9 баллах прямой динамический метод показывает результаты на 15-25% выше нелинейного статического анализа.

## ВЫВОДЫ

1. Оценка сейсмостойкости 9-этажной блок-секции серии 111 проведена с применением нелинейного статического метода («pushover analysis») и прямого динамического расчета с использованием инструментальных данных вибрационных испытаний опытного объекта. Расчеты показали удовлетворительное согласование результатов по обоим методам, а также с данными макросейс-

мического обследования последствий землетрясения. В качестве внешнего воздействия использованы двухкомпонентные акселерограммы, зарегистрированные на сейсмостанции Гукасян и масштабированные на 7, 8 и 9 баллов.

2. Результаты расчетов 9-этажной блок-секции серии 111 двумя методами показывают, что ее сейсмостойкость соответствует уровню 7 баллов. Однако расчетные результаты не учитывают влияние на уровень сейсмостойкости блок-секции таких неблагоприятных факторов как ошибки проектных решений и строительные дефекты, что и было установлено при вибрационных испытаниях. Поэтому фактический уровень сейсмостойкости серии 111, проявившийся при Спитакском землетрясении в виде массовых обрушений, оказался ниже 7 баллов.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность нашим коллегам:

Доктору физико-математических наук, профессору Аптикаеву Феликсу Фуадовичу за предоставленные записи инструментальных акселерограмм на ст. Гукасян.

Кандидату технических наук Ашкинадзе Григорию Намовичу за предоставленные материалы по вибрационным испытаниям блок-секции серии 111, проведенным лабораторией прочностных испытаний ЦНИИЭП жилища в г. Ереване в 1976 году.

## Литература

1. Заключение государственной комиссии о качестве проектирования и строительства жилых домов массовых серий и общественных зданий в северных районах Армянской ССР, причинах их разрушения и предложения по совершенствованию практики проектирования и строительства в районах с высокой сейсмичностью. Государственная комиссия создана распоряжением совета Министров СССР от 21 декабря 1988 г. № 2546р. // М. 1989. 116 с.
2. СНиП II-A.12-69\*. Строительство в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1977. 70 с.
3. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП 11-7-81\*. М.: Минрегион России, 2011. 87 с.
4. Железобетонные стены сейсмостойких зданий. Исследования и основы проектирования. Совместное издание СССР-Греция / Под редакцией Г.Н. Ашкинадзе и М.Е. Соколова // М.: Стройиздат, 1988. 501 с.
5. Рутман Ю. Л. Модель сложного упругопластического деформирования механической системы с несколькими степенями свободы // Ю.Л. Рутман // Вестник гражданских инженеров. 2012. № (1) 30. С.117-120.
6. Бирбраер А. Н. Экстремальные воздействия на сооружения / А. Н. Бирбраер, А. Ю. Роледер / С-Пб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. 594 с.
7. Клаф Р., Пензиен Дж. Динамика сооружений. М.: Наука, 1979. 320 с.
8. Earthquake Strong Motion CD-ROM collection contains more than 15,000 digitized and processed accelerograph records dating from 1933 to 1994. National Geophysical Data Center Boulder, Colorado, 80303, USA.
9. Хайпер Э., Нерсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. М.: Мир, 1990. 512 с. 10.
10. P. N. Brown and A. C. Hindmarsh. «Reduced Storage Matrix Methods in Stiff ODE Systems» J. Appl. Math. Comp., 31 (1989), pp.40-91.
11. Немчинов Ю. И., Марьенков Н.Г., Хавкин А.К., Бабик К.Н. Инженерная методика проектирования сейсмостойких конструкций заданной категории пластичности с учетом положений Еврокода 8 // Киев: Минрегион Украины, ГП НИИСК, 2012. 53с.
12. Chopra A.K. Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering. New Jersey. Prentice-Hall, 2006. 794 pp.
13. Бержинский Ю.А., Ордынская А.П., Финкельштейн Е.А., Горнов А.Ю. Численное исследование одномассовой модели упругопластического деформирования конструкций при сейсмических воздействиях // Материалы конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» / Ляпуновские чтения. Иркутск: ИСЭ СО РАН. №2, 2015. С.62-69.
14. Мовсисян Л.А., Папян В.В. Железобетонные конструкции жилых зданий серии 111 для строительства в сейсмических районах Армянской ССР // ВНИИТПИ Сейсмостойкое строительство. Вып.1, 1976. С.3-6.
15. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings: EN 1998-1: 2004 Eurocode 8. /cen / European Committee for Standardization. Brussels.

Материалы хранятся по адресу:  
Институт земной коры СО РАН,  
отдел сейсмостойкого строительства,  
г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128

**ORDYNSKAYA A., PhD in geology and mineralogy,**  
**BERZHINSKII Iu., PhD in geology and mineralogy, Head of seismic resistance section, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk**  
**BERZHINSKAIA L., PhD in techniques, Leading engineer, Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk**  
**FINKELSTEIN E., Junior Researcher, Institute of System Dynamics and Control Theory, Irkutsk**

## TO THE ESTIMATION OF THE 9-STOrey BLOCK SECTIONS OF THE SERIES 111 SEISMIC RESISTANCE FOR THE 1988 SPITAK EARTHQUAKE

### Abstract

The results of a retrospective analysis of seismic resistance of 9-storey block sections in Gyumri (Leninakan), exposed to the Spitak earthquake on 08.12.1988, are presented. The results of vibration testing of the experimental block section of the series 111 are used. The calculations of the seismic stability of the block section using the «pushover analysis» method, as well as the direct dynamic cal-

ulation of the model of complex elastic-plastic deformation of a mechanical system with two degrees of freedom were performed. The data of the macroseismic survey of the consequences of the 1988 Spitak earthquake are presented.

**Keywords:** earthquake intensity, seismic resistance of buildings, «pushover analysis» method, direct dynamic calculation, plasticity coefficient, reduction ratio, vibration tests, macroseismic survey, damage to buildings.

### References

1. *Zaklyuchenie gosudarstvennoi komissii o kachestve proektirovaniia i stroitel'stva zhilyh domov massovyh serii I obshchestvennyh zdaniy v severnykh raionakh Armianskoi SSR, prichina ih razrusheniia i predlozheniia po sovershenstvovaniiu praktiki proektirovaniia i stroitel'stva v raionakh s vysokoi seismichnost'iu. Gosudarstvennaia komissia sozdana rasporyazheniem sovetia Ministrov SSSR ot 21 dekabria 1988, № 2546r. M., 1989. 116 p.* [Conclusion of the state commission on the quality of design and construction of residential houses of mass series and public buildings in the northern regions of the Armenian SSR, the causes of their destruction and proposals for improving the practice of design and construction in areas with high seismicity. The State Commission was established by the decree of the Council of Ministers of the USSR of December 21, 1988, № 2546r.] // M. 1989. 116 p. (In Russian).
2. SNiP II-A.12-69 \*. *Stroitel'stvo v seismicheskikh raionakh* [Construction in seismic regions]. Moscow: Stroizdat, 1977. 70 p. (In Russian).
3. SP 14.13330.2011. *Stroitel'stvo v seismicheskikh raionakh. Aktualizirovannaia redaktsiia SNiP 11-7-81\** [Construction in seismic regions. Updated version of SNiP 11-7-81\*]. Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2011. 87 p. (In Russian).
4. *Zhelezobetonnye steny seismostoikikh zdaniy. Issledovaniia i osnovy proektirovaniia. Sovmestnoe izdanie SSSR-Gretsiia / Pod redaktsiei G.N. Ashkinadze i M.E. Sokolova* [Reinforced concrete walls of earthquake resistant buildings. Research and the basics of design. Joint publication of the USSR-Greece / Edited by G.N. Ashkinadze and M.E. Sokolova] // Moscow: Stroizdat, 1988. 501 p. (In Russian).
5. Rutman Yu. L. *Model slozhnogo uprugoplasticheskogo deformirovaniia mekhanicheskoi sistemy s neskol'kimi stepeniami svobody* [Model of the complex elastoplastic deformation of a mechanical system with several degrees of freedom] / Yu.L. Rutman // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov [Bulletin of Civil Engineers]. 2012. No. (1) 30. P.117-120. (In Russian).
6. Birbraer A. N. *Extremal'nye vozdeistviia na sooruzheniia [Extreme effects on structures]* / A. N. Birbraer, A. Yu. Roleder / S-Pb.: Publishing house of Polytechnic University, 2009. 594 p. (In Russian).
7. Clough R., Penzien J. *Dinamika sooruzhenii* [Dynamics of constructions]. Moscow: Nauka, 1979. 320 p. (In Russian).
8. Earthquake Strong Motion CD-ROM collection contains more than 15,000 digitized and processed accelerograph records dating from 1933 to 1994. National Geophysical Data Center Boulder, Colorado, 80303, USA.
9. Hayrer E., Nersett S., Wanner G. *Reshenie obyknovennykh differentsial'nykh uravnenii. Nezhestkie zadachi* [Solution of ordinary differential equations. Non-rigid tasks]. Moscow: Mir, 1990. 512 p. (In Russian).
10. R. N. Brown and A. C. Hindmarsh, "Reduced Storage Matrix Methods in Stiff ODE Systems" J. Appl. Math. Comp., 31 (1989), pp. 40-91.
11. Nemchinov Yu.I., Marienkov NG, Khavkin AK, Babik K.N. *Inzhenernaia metodika proektirovaniia seismostoikikh konstruksii zadannoi kategorii plastichnosti s uchetom polozenii Evrokoda 8* [The engineering method of designing seismic resistant constructions of a given category of plasticity, taking into account the provisions of the Eurocode 8] // Kiev: Ministry of Regional Development of Ukraine, GP NIISK, 2012. 53p.
12. Chopra A.K. *Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering* - New Jersey. Prentice-Hall, 2006. 794pp.
13. Berzhinsky Yu.A., Ordynskaya AP, Finkelstein EA, Gornov A.Yu. *Chislennoe issledovanie odnomassovoi modeli uprugoplasticheskogo deformirovaniia konstruksii pri seismicheskikh vozdeistviiah* // Materialy konferentsii «Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii/Liapunovskie chteniia [Numerical study of a single-mass model of elastoplastic deformation of structures under seismic actions // Proceedings of the conference "Information and Mathematical Technologies in Science and Management"/ Lyapunov Readings]. Irkutsk: ISE SB RAS. No. 2, 2015. P.62-69. (In Russian).
14. Movsesyan LA, Papyan V.V. *Zhelezobetonnye konstruksii zhilyh zdaniy serii 111 dlia stroitel'stva v seismicheskikh raionakh Armianskoi SSR//VNIINTPI Seismostoikoe stroitel'stvo* [Ferrocement constructions of residential buildings of series 111 for construction in seismic regions of the Armenian SSR // VNIINTPI Seismic resistant construction]. Issue 1, 1976. C.3-6. (In Russian).
15. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings: EN 1998-1: 2004 Eurocode 8. /cen /European Committee for Standardization. Brussels.

**Для цитирования:** Ордынская А.П., Бержинский Ю.А., Бержинская Л.П., Финкельштейн Е.А. К оценке сейсмостойкости 9-этажных блок-секций серии 111 при Спитакском землетрясении 1988 года//Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 3. С. 31-37.

**For citation:** Ordynskaya A.P., Berzhinskii Yu.A., Berzhinskaia L.P., Finkelstein E.A. To the estimation of the 9-storey block sections of the series 111 seismic resistance for the 1988 Spitak earthquake // *Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2018, no. 3, pp. 31-37. (In Russian).



**В. А. ЛАПИН**

кандидат технических наук, директор Центра, член-корреспондент МИА и НИИ РК

**С. Е. ЕРЖАНОВ**

кандидат технических наук, советник генерального директора, член-корреспондент МИА и НИИ РК

**В. П. ДАУГАВЕТ**

заведующий сектором

---

АО «КазНИИСА», г. Алматы

---

УДК 550.30:699.841

## ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ ПО ДАННЫМ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Проведен анализ инструментальных записей станций инженерно-сейсмометрической службы на зданиях для оценки изменения динамических характеристик 25-этажного здания гостиницы «Казахстан» в г. Алматы. Здание расположено вблизи тектонического разлома. При двух землетрясениях были получены представительные инструментальные данные на сейсмической станции № 16 («Высотная гостиница»), оснащенной цифровой приборно-измерительной системой. Здание двадцатипятиэтажное с ядром жесткости, построенное в 1976 году. С использованием акселерометров ADXL и регистратора РСМ-32 получены качественные инструментальные записи ускорений в подвале, на этажах и кровле здания, а также построены спектральные кривые  $\beta$ . Отмечаются особенности динамики указанного здания при землетрясениях. При воздействии удаленного землетрясения выявлены периоды колебания здания по основной и второй формам колебаний. Проведены сопоставления динамических характеристик дома по измерениям 1977 и 2018 годов. Установлено существенное увеличение величины периода колебания по первой форме на 25-48% по сравнению с измерениями 1976-1977 годов за 40-летний период эксплуатации.

**Ключевые слова:** высотные здания, динамические характеристики, акселерограмма, спектральные кривые.

Достаточно малоизученным является вопрос оценки изменения динамических характеристик зданий за длительный период эксплуатации или расчетный срок службы сооружения. Известно, что за многолетний период эксплуатации здания изменение динамических характеристик может быть очень существенным. Это связано с тем, что возможно изменение уровня грунтовых вод, многократное замачивание подвальной части здания, уплотнение грунта основания под значительной статической нагрузкой, накопление повреждения в несущих конструкциях здания в условиях многократного воздействия слабых, но ощутимых землетрясений, изменением жесткостных характеристик ввиду многочисленных перепланировок помещений.

Проблема особенно существенна для высотных зданий, обладающих значительной массой. В сейсмоопасных районах Республики Казахстан и в г. Алматы построено около сотни домов высотой от 18 до 38 этажей. Поэтому вопрос изменения динамических характеристик таких домов является для указанных территорий и города весьма актуальным.

Для исследования указанного вопроса было выбрано высотное здание гостиницы «Казахстан». Здание расположено вблизи тектонического разлома.

Гостиница «Казахстан», первое 25-этажное высотное здание в 9-ти балльной зоне сейсмичности бывшего СССР, было построено в 1976 году в г. Алма-Ате (ныне Алматы). На сегодняшний день здание эксплуатируется уже 42 года. Многократно менялись собственники здания. Имели место многочисленные перепланировки жилых этажей здания.

Проект гостиницы был разработан институтом «Казгорстройпроект» при участии научной части института «КазпромстройНИИпроект». Этажность здания была установлена по предложениям академика Т. Ж. Жунусова.

Здание гостиницы имеет высоту 105,7 м и представляет собой ствол эллипсовидной формы в плане размерами в осях 12x44 м.

Толщина ствола по всей высоте здания постоянна и равна 500 мм. В радиальном направлении от ствола отходят железобетонные диафрагмы, монолитно связанные со стволом и обладающие переменной по высоте здания толщиной 250x500 мм. Эти диафрагмы на свободном конце имеют раздвоенное (V-образное) сечение для восприятия железобетонном краевых напряжений и удобства крепления наружных панелей из пенопласта, обрамленных металлическим каркасом. Междэтажные перекрытия выполнены из монолитного и частично сборно-монолитного железобетона с приведенной толщиной 150 мм. Пространственная система: ствол-диафрагма-перекрытия заделана в сплошную фундаментную плиту из монолитного железобетона размерами 60,0x40,0x2,8 м, заглублена на 10 м от поверхности земли. Железобетонный ствол бетонировался с применением скользящей опалубки, поднимаемой гидродомкратами. Радиальные диафрагмы и частично перекрытия бетонировались в переставной опалубке, которая имела размеры на комнату и устанавливалась с отставанием от скользящей опалубки на два этажа [1-3].

Фундаментная плита размером 60,0x40,0x2,8 м заглублена на 10 м от поверхности земли.

Размерам здания соответствует расчетная схема в виде упругого стержня, обладающего постоянными по длине сдвиговыми и изгибными жесткостями. Вес после сбора нагрузок равен  $Q=52240$  т (рисунок 1).

Основанием зданию служат однородные плотные грунты – валуногалечник с песчаными прослойками. Нормативное сопротивление грунта составляет  $R_n=6,0$  кгс/см<sup>2</sup>.

Сейсмическая станция №16 «Высотная гостиница» инженерно-сейсмометрической службы АО «КазНИИАС» была установлена в 1977 году. Станция модернизирована в 2009 году. Установлен цифровой регистратор РСМ-32 с акселерометрами ADXL-500. На 6-м этаже установлены высокочувствительные датчики ADXL-1000.

Для анализа динамического поведения здания рассмотрены два типа сейсмических событий (землетрясений). Следует отметить, что данные землетрясения достаточно немного разнесены во времени. Это позволяет исключить влияние всяких посторонних факторов на оценку динамических характеристик здания.

### МЕСТНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

Согласно оперативным данным Центра данных Института

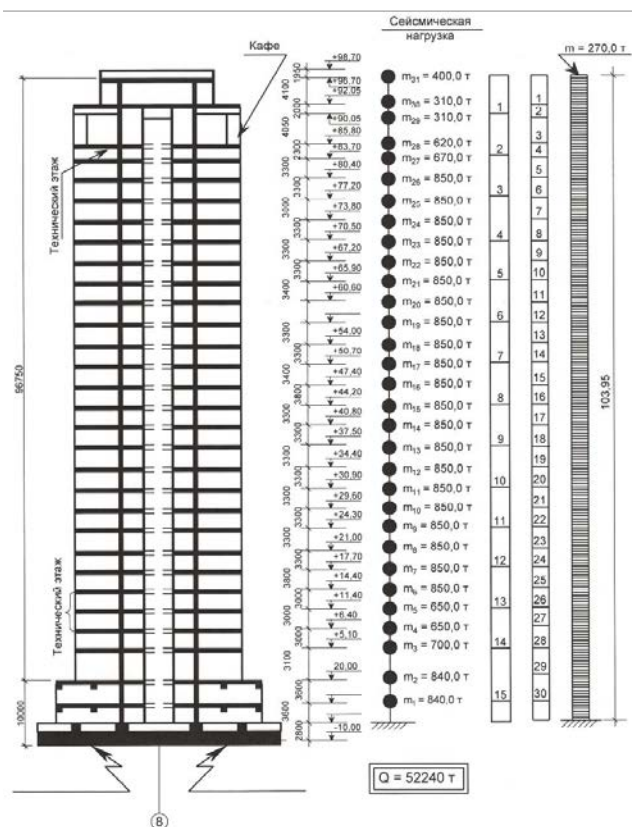


Рисунок 1 — Расчетная схема

геофизических исследований (ИГИ) 02 февраля 2018 года в 15 часов 20 минут по времени Астаны (в 09 часов 20 минут по Гринвичу) в городе Алматы произошло землетрясение. Координаты эпицентра: 43.15 градуса северной широты, 76.88 градусов восточной долготы. Магнитуда  $m_b=3,6$ . Энергетический класс  $K=7,5$ . Землетрясение ощущалось в г. Алматы с интенсивностью 3-4 балла. Очаг землетрясения находился в Наурызбайском районе города, т.е. непосредственно на территории города. Глубина очага незначительная. Это типичное местное землетрясение на городской территории, которые в последние полгода происходят ежемесячно и в принципе наблюдались ранее [6-8]. По базе инструментальных данных это 98 землетрясение.

### УДАЛЕННОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ

Согласно оперативным данным Центра данных РГП ИГИ 9 августа 2017 года в 05 часов 27 минут по времени Астаны (8 августа в 23 часа 27 минут по Гринвичу) в приграничном районе Китая (Синьцзян-Уйгурский автономный район), в 100 км от п. Достык, в 360 км от г. Талдыкорган в 480 км от г. Алматы произошло землетрясение. Координаты эпицентра: 44.44 градуса северной широты, 82.92 градуса восточной долготы. Магнитуда  $M_w=6,3$ . Землетрясение ощущалось в г. Алматы, в г. Талдыкоргане – 4 балла.

Глубина очага землетрясения по разным данным 15-30 км.

Удаленное землетрясение – самое сильное зарегистрированное землетрясение в Алматы в 2017 году. По базе инструментальных данных это 96 землетрясение.

Оба землетрясения были записаны почти всеми станция инженерно-сейсмометрической службы АО «КазНИИАС».

**Таблица 1** — Максимальные величины ускорений и параметров акселерограмм местного землетрясения

№	Компонента	Ускорение, см/с <sup>2</sup>	Эффективная длительность, с	Спектральный коэффициент	Период максимума спектра, с
1	98-16-26x-OX 24-этаж	10,50	0,56	2,82	0,20
2	98-16-26y-OY 24-этаж	11,73	0,13	2,21	0,10
3	98-16-26z-OZ 24-этаж	10,41	2,32	3,81	0,17
4	98-16-21x-OX 21-этаж	8,50	0,54	4,66	0,17
5	98-16-21y-OY 21-этаж	12,47	0,13	2,96	0,10
6	98-16-18x-OX 18-этаж	11,32	0,34	2,99	0,20
7	98-16-18y-OY 18-этаж	9,22	0,31	3,06	0,10
8	98-16-6x-OX 6-этаж	0,33	0,21	4,07	0,10
9	98-16-6y-OY 6-этаж	0,33	0,92	4,02	0,20
10	98-16-2x-OX 2-этаж	0,28	1,05	3,61	0,20
11	98-16-2y-OY 2-этаж	0,36	0,04	2,50	0,09
12	98-16-хpod-OX подвал	0,24	0,12	2,48	0,13
13	98-16-урod-OY подвал	0,02	52,56	2,78	0,10

Инструментальные записи землетрясения оказались весьма интересными. Во всех точках регистрации получены акселерограммы в двух осях на горизонтальной плоскости. Шаг дискретизации акселерограмм 0,0064 с.

В таблицах 1 и 2 приведены максимальные величины ускорений по каждой из компонент инструментальных записей. Спектральные кривые определялись интегрированием дифференциального уравнения классического одномассового осциллятора с использованием решателей системы компьютерной математики SCILAB. Метод решения автоматически выбирается между нежёстким методом прогноза-исправления Адамса (predictor-corrector Adams method) и жёстким методом обратной дифференциальной формулой (ОДФ) (Backward Differentiation Formula (BDF) method). Изначально применяется нежёсткий метод, и затем динамически проверяются данные для того, чтобы решить какой метод использовать.

Декремент колебания при определении спектральных кривых принят равным 5% от критического значения.

**МЕСТНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ**

Анализ таблицы 1 показывает незначительную эффективную длительность воздействия. Длительность колебания с

величиной более половины амплитуды составляет не более 1 секунды (кроме 2-х точек регистрации). Следовательно, воздействие местного землетрясения носит характер кратковременного импульса. Сколько-нибудь значительные резонансные явления не успевают появиться. Период максимума спектра из таблицы 1 не характеризует собственных динамических характеристик здания.

Наибольшие величины ускорения с 18 по 24 этаж – 9-12,5 см/с<sup>2</sup>. В уровне подвала по оси OX ускорение на порядок выше, чем по оси OY.

Максимальные значения максимума спектра находятся в высокочастотной области – преобладающий период колебания 0,1-0,2 сек (рис.2). Для достаточно гибкого здания воздействия такого типа опасности не представляют.

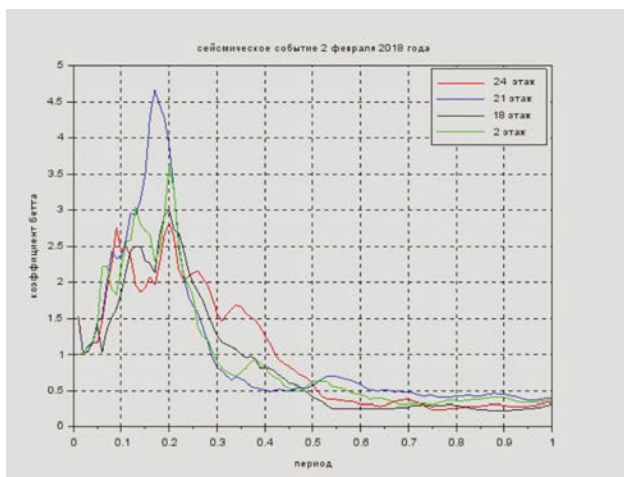
**УДАЛЕННОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ**

В таблице 2 в уровнях от 18 до 24 этажа ускорения по ортогональным осям отличаются достаточно мало – 7-10%. Ускорения в уровне 24-го этажа в 2 раза выше, чем при воздействии местного землетрясения.

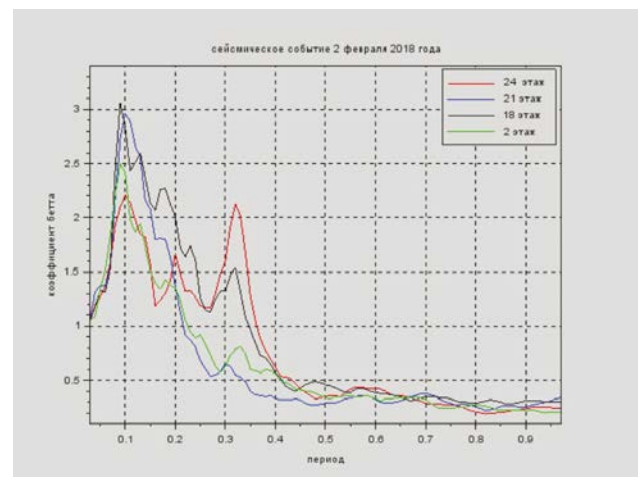
Следует отметить, что при малых значениях ускорения в уровне подвала и 2-го этажа, ускорения в уровне 21, 25

**Таблица 2** — Максимальные величины ускорений и параметров акселерограмм удаленного землетрясения

№	Компонента	Ускорение, см/с <sup>2</sup>	Эффективная длительность, с	Спектральный коэффициент	Период максимума спектра, с
1	96-16-и3-ОХ 24-этаж	25,20	25,20	5,30(4,02)	1,45(0,39)
2	96-16-и4-ОУ 24-этаж	23,62	50,43	4,64(4,59)	1,09(0,32)
3	96-16-и5-ОХ 21-этаж	14,23	54,37	7,03	1,45
4	96-16-и6-ОУ 21-этаж	12,48	57,47	7,17	1,09
5	96-16-и7-ОХ 18-этаж	15,20	28,93	5,44(4,04)	1,45(0,38)
6	96-16-и8-ОУ 18-этаж	13,41	89,81	5,48(4,01)	1,09(0,32)
7	96-16-и11-ОХ 2-этаж	0,244	29,38	5,85	0,39
8	96-16-и12-ОУ 2-этаж	0,239	34,16	4,54	0,32
9	96-16-и13-ОХ подвал	0,192	50,55	4,85	0,40
10	96-16-и14-ОУ подвал	0,032	117,69	2,89	0,32
11	96-16-и15-ОХ 6-этаж	0,341	32,07	5,23(2,36)	0,32(1,11)
12	96-16-и16-ОУ 6-этаж	0,352	27,16	6,29(1,18)	0,39(1,09)



(по оси ОХ)



(по оси ОУ)

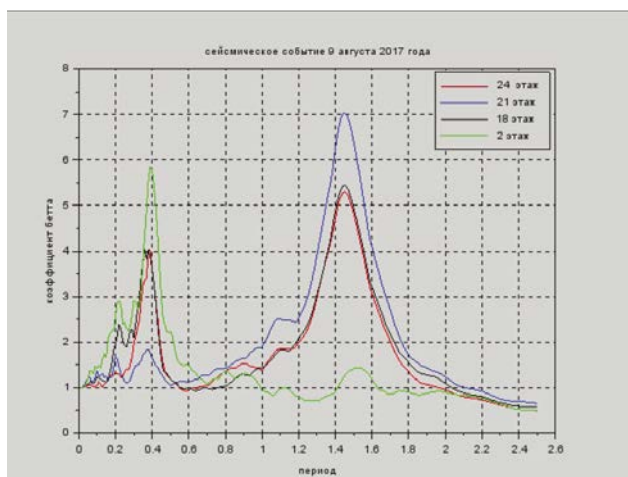
**Рисунок 2** — Спектральные кривые сейсмического события 02.02.2018

этажей увеличиваются на 3 порядка. Имеет место возрастание амплитуд колебания к верхней части здания. Колебания здания имеют характер резонансных.

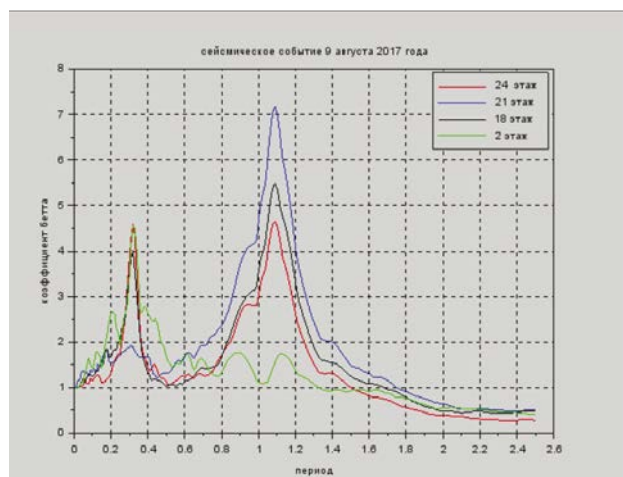
Эффективная длительность акселерограмм по высоте здания превышает аналогичные характеристики при мест-

ном землетрясении в 50-100 раз. Этим объясняется значительный эффект воздействия на людей, проживающих в верхних этажах высотных домов.

По амплитудам ускорений интенсивность сотрясения грунта в районе сейсмостанции примерно четырехбалльная.



(по оси OX)



(по оси OY)

**Рисунок 3** — Спектральные кривые сейсмического события 09.08.2017

На рис.3 представлены спектральные кривые для обеих горизонтальных осей в уровнях точек регистрации из таблицы 2.

В уровнях подвала, 2-го этажа в обоих направлениях преобладают высокочастотные колебания. Начиная с 6-го этажа спектральные кривые в основном двугорбые, вложенные друг в друга. Причем указанная закономерность носит устойчивый характер. Характеристика периода колебаний является собственной характеристикой динамической модели здания периодом колебания. По сути, имеют место резонансные явления.

Если для местного землетрясения колебания носят неравномерный импульсивный характер с малой эффективной длительностью, то для удаленного землетрясения имеют место выраженные резонансные явления (рис.2-3) позволяющие выявить динамические характеристики здания. Период максимума спектра для удаленного землетрясения можно отождествить с периодом колебания по основному тону здания.

Величины преобладающих периодов по двум осям различаются. По оси OX период колебаний по основному тону примерно 1,45 сек, по оси OY – 1,1 сек.

Ранее после возведения здания гостиницы в 1977 году были проведены динамические испытания – резонансные вибрационной машиной инерционного действия В-3 и ударом подвешенного груза.

Вибрационным испытаниям предшествовала запись свободных колебания здания, вызванных ударом подвешенного груза. Резонансные испытания проводились в восемь этапов, при которых инерционные нагрузки прикладывались нарастающими ступенями.

По данным из работы [4] при испытаниях в 1977 году:

- Расчетное значение периода свободных колебаний по первому основному тону по поперечной оси составляет 1,55 сек, по второму – 0,25 сек. Расчетные характеристики принимались по схеме на рис.1.
- Период свободных колебаний, вызванных ударом подвешенного груза, составляет 1,1 сек в поперечном направлении и 0,74 сек – в продольном.
- Резонансная частота по данным вибрационных испытаний приводит к периоду колебаний 1,05-1,11 сек.

Следует отметить, что значительное расхождение между расчетными и фактическими периодами колебаний, особенно по первой форме, объясняется тем, что к моменту испытания масса сооружения была намного меньше расчетной в связи с отсутствием полезных нагрузок, веса оборудования, элементов отделочных и защитных слоев, полов и др.

Таким образом, различия по периоду свободных колебаний по результатам 1977 года и 2017 года составляет 25% в поперечном направлении и 48% – в продольном. Можно констатировать изменение периода колебаний здания гостиницы «Казахстан» за 40 лет эксплуатации. Точнее системы «здание-грунт», из-за, например, уплотнения грунта под фундаментной плитой здания.

Интересно также то, что величина периода колебания по основному тону в 2018 году приблизилась к его расчетному значению. Различие сейчас менее 10%.

Таким образом, подбирая инструментальные записи имевших место землетрясений, можно проследить изменение периода колебаний в течение срока службы здания. Напомним, что результаты получены при воздействии удаленного землетрясения на территории Китая. Результаты работы могут быть использованы для прогнозирования поведения здания 25-этажной гостиницы «Казахстан», расположенной вблизи тектонических разломов, при ожидаемых землетрясениях.

Следует также отметить прозорливость нашего учителя академика Жунусова Толеубая Жунусовича, под руководством которого в 1977 году были выполнены достаточно исчерпывающие исследования динамических характеристик 25-этажного здания. Авторы данной статьи являются его учениками.

## ВЫВОДЫ

1. За срок службы здания (42 года) имеет место изменение динамических характеристик (периода колебаний) на 25-48% по сравнению с измерениями 1976-1977 годов.
2. Периоды 1,45 сек и 0,40 сек являются периодами колебаний по первой и второй формам колебаний здания в поперечном направлении. В продольном направлении по оси OY период свободных колебаний 1,1 сек.



3. Максимальные величины ускорений в уровне подвала и 21-25 этажей здания отличаются на 2 порядка при воздействии удаленного землетрясения.
4. Сейсмическое событие (землетрясение в Китае – Синьцзян Уйгурский автономный район) 9 августа 2017 года на территории г. Алматы в районе сейсмостанции № 16 «Высотная гостиница» представляет собой землетрясение интенсивностью не менее 3-4-х баллов.
5. Сейсмостанция №16 «Высотная гостиница» находится в

работоспособном состоянии. Цифровой регистратор РСМ-32 с датчиками ADXL является эффективной приборно-измерительной системой. В будущем акселерометры ADXL-500 целесообразно заменить на более чувствительные ADXL-1000, ADXL-2000 или AT 1105, AT 1105.1.

**Исследования выполнялись с использованием средств гранта AP 05130702 Министерства образования и науки Республики Казахстан.**

## Литература

1. Жунусов Т.Ж. *Землетрясение и сейсмостойкое строительство*. Алматы, Издательство «Лем». 2008. 74 с.
2. Жунусов Т.Ж. *Основы сейсмостойкости сооружений*. Алматы, «Рауан». 1990. 270 с.
3. Жунусов Т.Ж., Краснянский В.Р., Матвиец Н.Л., Музыка С.Ф., Ротгауз Б.А. *Особенности проектирования и строительства высотной гостиницы в Алма-Ате* // В сб. «Совершенствование метода расчета и конструирования зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах». Кишинев. 1976. С.115-126.
4. Жунусов Т.Ж., Ашимбаев М.У., Амиржанова Р.К., Буцацкий Е.Г., Ротгауз Б.А. *Динамические испытания высотной гостиницы в Алма-*

*Ате* // В сб.: *Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций*. Вып. 9(19), 1977. С. 20-31.

5. Ержанов С.Е., Лапин В.А., Даугавет В.П. *Анализ инструментальных записей местного землетрясения в г. Алматы* // В сб. *материалов Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительства: инновации, модернизация и энергоэффективность»*, посвященной 60-летию профессора Амирлана Айдарбековича. Алматы, 2017. С.17-22.

6. Ержанов С.Е., Лапин В.А., Даугавет В.П., Девятых А.А. *Исследование инструментальных записей местного землетрясения в г. Алматы* // *Вестник АО «КазНИИСА*. Алматы, 2017. №8(72). С.15-21.

7. Лапин В.А., Ержанов С.Е., Даугавет В.П., Девятых А.А. *Исследование инструментальных записей местного землетрясения 02.02.2018 года в городе Алматы* // *Вестник АО «КазНИИСА*. Алматы, 2018. №2(73). С.15-21.

8. Михайлова Н.Н., Соколова И.Н., Великанов А.Е., Соколов А.Н. *Землетрясения на территории города Алматы* // В сб. «*Вестник Национального ядерного центра Республики Казахстан*», вып.3. 2015. С.87-93.

9. Гальперина Р.М., Нерсесов И.Л., Гальперин Е.И. *Сейсмический режим города Алма-Аты за 1972-1982 годы*. М.: Наука. 1985. 248 с.

Материалы хранятся по адресу:  
050046, Республика Казахстан, г.Алматы,  
ул.Солодовникова, 21 (АО «КазНИИСА»);  
Тел.8 (727) 3926896,  
e-mail: lapin\_1956@list.ru

**YERZHANOV S., Ph.D. in Engineering Science, Managing Director of KazNIISA JSC, Corresponding Member of the IEA and NEA (Almaty, Kazakhstan)**

**LAPIN V., Ph.D. in Engineering Science, Scientific Secretary of KazNIISA JSC, Corresponding Member of the IEA (Almaty, Kazakhstan)**

**DAUGAVET V., Sector Leader of the Engineering Seismometric Service of KazNIISA JSC (Almaty, Kazakhstan)**

## CHANGE RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF HIGH-RISE BUILDING ACCORDING TO DATA FROM ENGINEERING SEISMOMETRIC STATIONS

### Abstract

Analysis of instrumental records made by stations of Engineering and Seismometric Service on buildings has been performed to assess changes in dynamic characteristics of the 25-storeyed building of the "Kazakhstan" hotel in Almaty. The building is located near tectonic fault. During two earthquakes, representative instrumental data were obtained at the seismic station No. 16 ("High-rise hotel") equipped with digital instrumentation system. The building is twenty-five storied with a stiffening core, was built in 1976. Using ADXL accelerometers and RSM-8 recorder, qualitative instrumental records of accelerations were received in the base-

ment, on the floors and on the roof of the building, and spectral curves  $\beta$  were also built. The features of the dynamics of this building during the earthquake are noted. Under the impact of remote earthquake, building oscillation periods were revealed on the first and second oscillation modes. Dynamic characteristics of the house were compared according to the measurements of 1977 and 2018. Significant increase in the magnitude of oscillation period on the first mode by 25-48% as compared with the measurements of 1976-1977 over the 40-year period of operation was established.

**Keywords:** high-rise buildings, dynamic characteristics, accelerogram, spectral curves.

### References

1. Zhunusov T.Zh. *Zemletriasenie i seismostoiikoe stroitel'stvo* [Earthquake and Earthquake Engineering]. Almaty: Izdatel'stvo Lem. 2008. 74 p.

(In Russian).

2. Zhunusov T.Zh. *Osnovy seismostoiikosty sooruzhenii* [Fundamentals of seismic stability of structures]. Almaty: Rauan. 1990. 270 p. (In

Russian).

3. Zhunusov T.Zh., Krasnyansky V.R., Matviyets N.L., Muzyka S.F., Rotgauz V.A. *Osobennosti proektirovaniia i stroitel'stva vysotnoi gostinitsy*

*v Alma-Ata // V sb. «Sovershenstvovanie metoda rascheta i konstruirovaniia zdaniia i sooruzhenii, vozvodimyyh v seismicheskikh raionah»* [Peculiarities of design and construction of high-rise hotel in Alma-Ata // In the collected book "Improvement of method for calculation and design of buildings and structures being erected in seismic regions"]. Kishinev. 1976. P.115-126. (In Russian).

4. Zhunusov T.Zh., Ashimbayev M.U., Amirzhanova R.K., Buchatsky E.G., Rotgauz V.A. *Dinamicheskie ispytaniia vysoknoi gostinitsy v Alma-Ata // V sb.: Issledovaniia seismostoikosti sooruzhenii i konstruksii* [Dynamic tests of high-rise hotel in Alma-Ata // In the collected book: Earthquake engineering research of constructions and structures]. Vyp. 9(19), 1977. P. 20-31. (In Russian).

5. Yerzhanov S.Y., Lapin V.A., Daugavet V.P. *Analiz instrumentalnykh zapisei mestnogo*

*zemletriaseniia v g. Almaty // V sb. materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktual'nye problem i perspektivy razvitiia stroitel'stva: innovatsii, modernizatsiia i energoeffektivnost'», posviashchennoi 60-letiiu professora Amirlana Aidarbekovicha* [Analysis of instrumental records of local earthquake in Almaty // In the digest of the International Scientific and Practical Conference "Topical issues and prospects for the development of construction: innovations, modernization and energy efficiency" devoted to the 60th anniversary of Professor Amirlan Aidarbekovich]. Almaty, 2017. P.17-22. (In Russian).

6. Yerzhanov S.Y., Lapin V.A., Daugavet V.P., Devyatikh A.A. *Issledovanie instrumental'nykh zapisei mestnogo zemletriaseniia v g. Almaty* [Study of instrumental records of local earthquake in Almaty] // Vestnik AO KazNIIISA. Almaty, 2017. №8 (72). P.15-21. (In Russian).

7. Lapin V.A., Yerzhanov S.Y., Daugavet V.P., Devyatikh A.A. *Issledovanie instrumental'nykh zapisei mestnogo zemletriaseniia 02.02.2018 v gorode Almaty* [Study of instrumental records of local earthquake on 02.02.2018 in Almaty] // Vestnik AO KazNIIISA. Almaty, 2018. №2(73). P.15-21. (In Russian).

8. Mikhailova N.N., Sokolova I.N., Velikanov A.E., Sokolov A.N. *Zemletriaseniia na territorii goroda Almaty* [Earthquakes on the territory of the city of Almaty] // V sbornike «Vestnik Natsional'nogo iadernogo tsentra Respubliki Khazakhstan» [Bulletin of the National nuclear center of the RK], Ed. 3, 2015. P. 87-93. (In Russian).

9. Galperina R.M., Nersesov I.L., Galperin E.I. *Seismicheskii rezhim goroda Almaty za 1972-1982 gody* [Seismic setting in the city of Almaty for the years 1972-1982]. M.: Nauka. 1985. 248 p. (In Russian).

**Для цитирования:** Лапин В.А., Ержанов С.Е., Даугавет В.П. Исследования изменения динамических характеристик высотного здания по данным инженерно-сейсмометрических станций // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 3. С. 38-44.

**For citation:** Lapin V.A., Yerzhanov S.Y., Daugavet V.P. Change research of dynamic characteristics of high-rise building according to data from engineering seismometric stations // *Seismostoiokoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2018, no. 3, pp. 38-44. (In Russian).

## КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

### П.Д. Одесский, И.И. Ведяков СТАЛЬ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЯХ Монография. М.: Металлургиздат, 2018. 906 с.



Вышла из печати книга Одесского П.Д., Ведякова И.И. «Сталь в строительных металлических конструкциях». Монография. М.: Металлургиздат, 2018. 906 с.

Интенсивное развитие стальных конструкций обусловлено тем, что они с наибольшей полнотой удовлетворяют требованиям современного строительства: индустриализации, сокращению объемов работ на строительной площадке, снижению стоимости возведения.

Создание и освоение материалов нового поколения, а также разработка соответствующих стандартов и строительных норм с непосредственным участием автора явились основной причиной написания данной монографии.

В работе рассматриваются прокат и трубы обычной, повышенной и высокой прочности с пределом текучести 200-700Н/мм<sup>2</sup>, как новейшие, так и применяемые с конца XIX в. до наших дней, поскольку здания из таких материалов находятся в эксплуатации и в настоящее время. Внимание уделено и другим материалам, применяемым в строительных металлоконструкциях: тонколистовым сталям,

профилям из них, среднеуглеродистым улучшенным сталям (высокопрочные болты, поковки, отливки), нержавеющей стали. Рассматриваются структурные состояния сталей, общие зависимости механических свойств от микроструктуры, получения сталей с оптимальными структурами в промышленных условиях.

Книга рассчитана на специалистов и инженерно-технических работников предприятий – потребителей проката, а также исследовательских и проектных организаций, связанных с производством и применением проката повышенной прочности, может быть полезна инженерам-конструкторам и проектировщикам, студентам и аспирантам металлургических и строительных вузов.



КИОДЖИ СЮЭХИРО, Профессор.

«Инженерная сейсмология»

Издательство «Экономическая жизнь»

1935 г.

#### ОТ РЕДАКЦИИ

*В 1935 году в издательстве «Экономическая жизнь» вышла в свет книга японского ученого, профессора Киоджи Сюэхиро «Инженерная сейсмология». В предисловии к русскому переводу профессор В.О. Цшохер и инженер В.А. Быховский писали: «Появление книги в русском переводе должно рассматриваться как явление чрезвычайной важности в области изучения сейсмических сил и можно только пожалеть, что она не выпущена раньше».*

*Сегодня эта замечательная книга стала библиографической редкостью. В стремлении исправить это положение редакция журнала приняла решение опубликовать на страницах журнала три лекции (три части книги), и переиздать этот выдающийся труд отдельным изданием.*

## ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ. ЛЕКЦИЯ 1

### СОДЕРЖАНИЕ

В этой лекции рассматриваются исследования, предпринятые Научно-исследовательским сейсмологическим институтом в связи с землетрясением в 1923 г. (Куанто), в 1927 г. (Танго) и 1930 г. (Северный Иду).

Изучение землетрясения в Куанто (Kwanto) привело к заключению, что хотя поднятия и опускания земной коры до некоторой степени являются результатом медленных постепенных изменений, все же большинство таких поднятий и опусканий происходят внезапно во время землетрясений. Предстоит произвести еще много исследований, прежде чем ученые смогут предсказать землетрясения в таком виде, чтобы это могло быть использовано инженерами.

Исследования, произведенные после землетрясения в Танго (Tango), обнаружили, что земная кора состоит из ряда отдельных массивов сбросового характера. Движе-

ние земной коры фактически закончилось через четыре года после землетрясения. Непосредственно после землетрясения в двух местах вблизи области эпицентра были установлены тилтграфы Ишимото (Ishimoto tiltgraph). Изучение полученных записей выяснило, что большинство сильных последующих толчков (aftershocks) было связано с изменением направления колебаний земной коры, однако до сих пор еще нельзя установить, было ли вызвано колебание метеорологическими причинами или подземными изменениями.

Во время землетрясений в Северном Иду (Idu) 26 ноября 1930 г. в середине полуострова Иду образовался сброс, протяжением в 30 км, имеющий направление с севера на юг. Смещения в 100 см были обнаружены на поверхности, и почти год спустя ежедневные смещения в 0,001 мм наблюдались в железнодорожном тоннеле Тан-

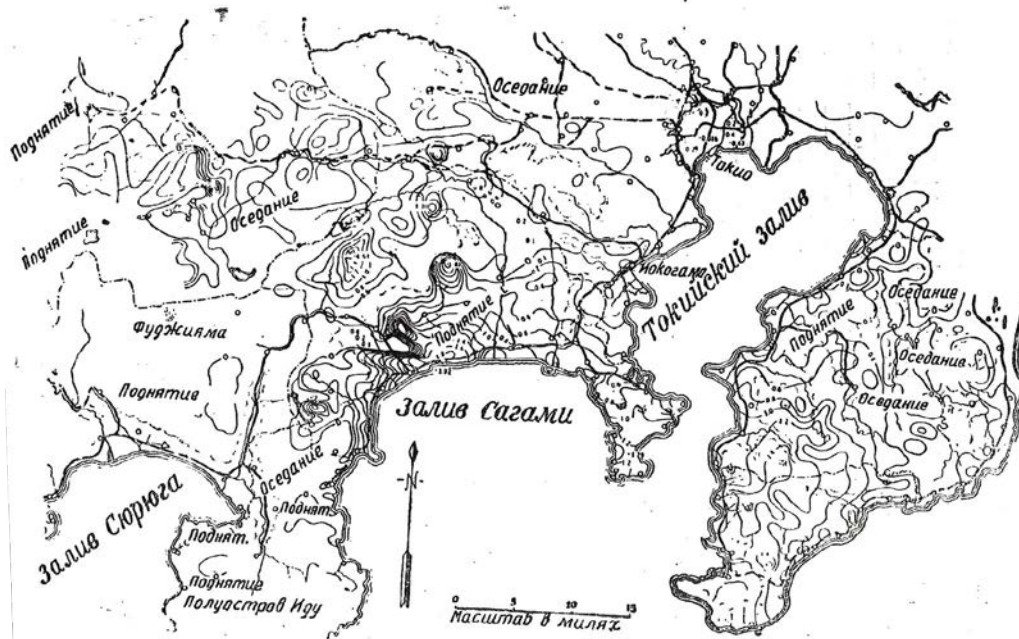


Рисунок 1 — Вертикальное смещение грунта в районе разрушения при землетрясении в Куанто

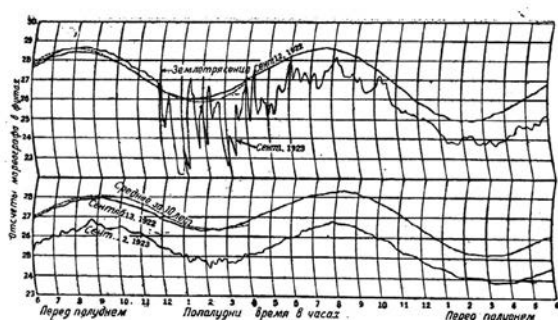


Рисунок 2 — Запись мареографа в Иокосука

на. Было сделано много попыток установить связь между землетрясениями и метеорологическими явлениями и движениями земной коры.

### ВВЕДЕНИЕ

Прежде всего я должен отметить тот факт, что я не геофизик и не геолог (эти ученые более других авторитетны в вопросах, касающихся землетрясений), а только сейсмолог, интересующийся изучением инженерной стороны сейсмологии.

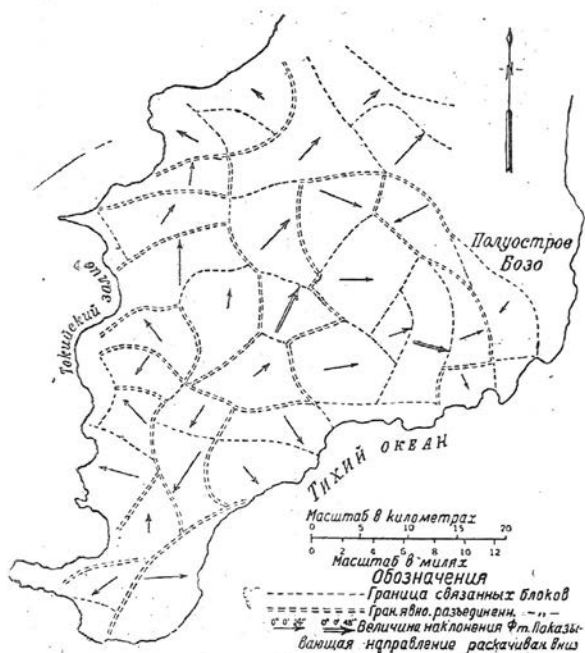
Основные принципы сейсмологии и все общие исследования явлений землетрясений даны в «Сейсмологии» проф. Д. Милна (Prof. J. Milne), в книге «Наша подвижная земля» проф. Р. Дейли (Prof. R. A. Daly), в «Руководстве по геофизике» проф. Б. Гутенберга (Prof. V. Gutenberg) и в других руководствах. Поэтому я, не затрагивая общих вопросов, остановлю свое внимание только на тех специальных проблемах, которые интересуют инженеров и которые до сих пор еще не рассматривались ни в каком руководстве. Кроме того в столь короткой лекции, как настоящая, невозможно во всей подробности описать это весьма сложное явление, так что я вынужден отметить лишь некоторые самые главные его особенности.

Обращу ваше внимание на тот факт, что моя родина, Япония, обыкновенно рассматривается как одна из наиболее сейсмических стран в мире. Покойный проф. Милн, известный английский сейсмолог, говорил в шутку, что землетрясения у нас бывают к завтраку, обеду, ужину и ко сну. Излишне говорить, что это только шутка и что она далека от истины. В самом деле, сейсмичность Японии несколько преувеличена отчасти потому, что все еще продолжают последующие толчки после землетрясения 1923 г., а отчасти потому, что всякое сильное землетрясение немедленно становится известным всему миру, так как Япония так плотно населена, что каждое сильное землетрясение причиняет большие или меньшие разрушения, в какой бы части страны оно ни происходило.

Америка находится в совершенно ином положении. Например, в 1915 г. в Северной Неваде произошло ужасное землетрясение, оставившее исключительный сброс на западном склоне хребта Сонома (Sonoma Range), имевшем вертикальное смещение около 6,10 м. Однако, насколько мне известно, серьезно повреждена была только одна ферма вблизи сброса, другие же сооружения не могли быть повреждены, так как их вообще там не было. В Японии мы и мечтать не можем о подобном исходе землетрясения. Я однако не отрицаю того, что на моей родине землетрясения часты, и по этой причине мы делаем все, что в наших силах, чтобы постичь и покорить себе это явление. Однако я с сожалением констатирую, что наши старания до сих пор были недостаточно плодотворны.

Основы современной сейсмологии в Японии были заложены группой американских и английских ученых, приехавших в Японию около пятидесяти лет тому назад. В 1880 г. эти иностранные ученые основали японское сейсмологическое общество и энергично изучали сейсмологические проблемы. Среди этих людей должны быть специально упомянуты имена Милна, Кнотта (C. G. Knott), Ивинга (J. A. Ewing) и Менденхолла (T. C. Mendenhall). Проф. Ивингу удалось получить





**Рисунок 4** — План полуострова Босо, разделенного на массивы, раскачивающиеся независимо друг от друга



**Рисунок 5** — Горизонтальные смещения

нии всего периода времени между сентябрем 1923 г. и мартом 1927 г. Вертикальное смещение определено сравнением полученных результатов с данными подобной же работы, произведенной в период между 1888 и 1903 гг.

Земная кора, образующая Японские острова, даже в обычное время исключительно неустойчива, так что обнаруживаемые поднятия и опускания являются несомненно результатом как постоянных, постепенных, так и внезапных изменений. Большинство изменений произошло внезапно во время землетрясения, что отчетливо доказано не только графическими записями действия морских приливов и отливов, а также мареограммами, полученными в Йокосука (Yokosuka) (рис. 2), – порту, расположенном в районе наиболее сильных толчков, но и наблюдением над недавним под-

нятием берегов, расположенных в районе разрушения. Из мареограммы, полученной в Абюратубо (Aburatubo), – деревушке, лежащей недалеко от Йокосука, приблизительно за месяц до землетрясения было установлено, что почва по отношению к уровню моря стала медленно подниматься. До момента землетрясения поднятие достигло примерно 2 см. Некоторые считали, что эти поднятия были предвестником землетрясения, и что такие движения земной коры могут служить средством для предсказания землетрясений.

Между тем, на основании тщательного изучения этого явления в нашем институте, проф. Терада (Prof. Terada) пришел к заключению, что досейсмические поднятия относительно уровня моря могут быть вызваны и метеорологическими причинами. Это означало бы, что причина изменения уровня моря зависела от изменений барометрического давления. В это время центры тайфунов, следовавших один за другим над Тихим океаном, прошли южнее Японских островов. Приняв во внимание указанный факт, проф. Терада пришел к заключению, что земная кора не была нарушена непосредственно перед землетрясением, и мы сделали бы поспешное заключение, если бы приняли, что подобные смещения земной коры являются предтечами и предуглавывают землетрясения. Прежде чем мы получим возможность предсказывать землетрясения, многое еще в этом отношении должно быть изучено.

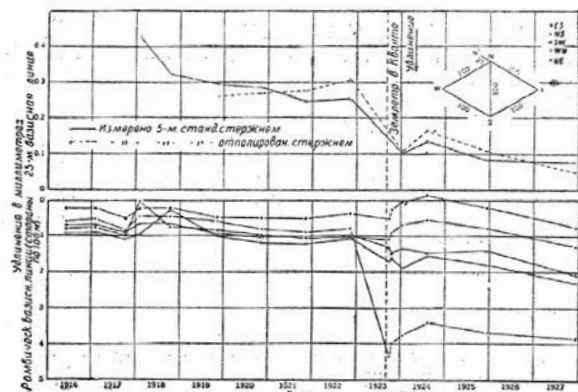
Вторая карта (рис. 3) показывает вертикальные смещения реперов вдоль главных нивелировочных трасс, проходящих в западной половине главного острова Японии. Естественно, что смещение грунта главным образом отмечено в следующих трех областях: область Куанто, полуостров Танго, и полуостров Иду, где недавно произошли сильные землетрясения. Тем не менее будет выяснено, что имеются еще некоторые другие местности, до сих пор еще не затронутые движением, но относительно которых существуют данные о несомненных смещениях земной коры. За развитием этих нарастающих изменений следует тщательно следить.

Вернемся к вопросу о колебаниях земной коры, которые произошли вслед за землетрясением и анализ которых, проведенный в Научно-исследовательском сейсмологическом институте, дал весьма интересные выводы. Я упомяну только один из них, полученный Н. Миабе (N. Miyabe). Анализируя своим оригинальным методом вертикальные смещения, он выяснил, что эти смещения на полуострове Босо (Boso) состояли из смещений массивов, главные особенности которых показаны на рис. 4.; это указывает, что земная кора в этой местности по всей вероятности имеет мозаичную структуру.

Его метод основан на простом тригонометрическом соотношении  $\tan \varnothing - \tan \varnothing_m \cos (\theta - \theta_m) \dots (1)$ , которое верно только тогда, когда любое количество точек на одном и том же массиве движется как части целого (en masse). В этом уравнении  $\varnothing$  означает изменение угла наклона линии, соединяющей пару точек (или относительное изменение высоты  $\varnothing$ , деленной на расстояние);  $\theta$  – означает азимут этой соединяющей линии относительно определенного направления, в то время как  $\varnothing_m$  и  $\theta_m$  и соответственно означают направление и величину изменений угла наклона массива. Уравнением (1) Миабе выделял разные массивы графическим методом.

Он составил график значений  $\tan \varnothing$  различных точек и их отношений к  $\theta$  и сгруппировал точки, расположенные на





**Рисунок 7** — Измерение базисной линии на территории Астрономической обсерватории Токийского университета, показывающие изменения длины (протяжения)

геодезической комиссией, наносились на график, изображенный на рис. 7. Изменения площади геодезического румба вычислены по этим данным, Тсубои (С. Tsuboi) и изображены на рис. 8. Заслуживает особого внимания тот факт, что за особенным сжатием поверхности, имевшем место непосредственно перед землетрясением, тотчас же после толчка последовало чрезвычайное расширение.

Я могу еще добавить, что на одной из наших наблюдательных станций мы подготовили в настоящее время мероприятия для получения непрерывных наблюдений за изменениями вымеренных расстояний. С этой целью кварцевые трубки длиной в 20 м, помещаемые в закрытые траншеи, будут использованы как контрольные стандартные масштабы. Есть надежда, что наблюдения начнутся еще в течение 1932 г.

### 5. Ускорения, вызванные силой тяжести

Ряд разнообразнейших явлений привлекал наше внимание. Однако оказалось, что они не находятся в близкой связи с землетрясением. Я сошлюсь, например, на изменение в оценке времени по стандартным часам Рифлера (Riefler), установленным в обсерватории. Определенные изменения в скорости хода часов до и после землетрясения указывали, что землетрясение изменило величину ускорения силы тяжести в этой местности. Для определения, действительно ли изменение в ходе часов было вызвано изменением величины силы тяжести, Тсубои, сотрудник нашего института, весной 1931 г. произвел в Токио и других местах Измерения силы тяжести вольфрамовым маятником Нагаока (Nagaoka). К нашему разочарованию в трех последовательных пунктах не было обнаружено (по крайней мере, в пределах точности порядка 10 милигал, т. е. 0,01 см/сек<sup>2</sup>) никаких изменений в величине силы тяжести по сравнению с измерениями, произведенными до землетрясения.

Подобные исследования должны были бы производиться немедленно после землетрясения, и я сожалею, что вследствие ограниченности ассигнованных средств мы постоянно упускаем благоприятные возможности для подобного рода исследований. К счастью, или к несчастью, но мы всегда были и несомненно всегда будем снабжены обильным материалом для исследования, но мы все же со-



**Рисунок 8** — Относительные изменения площади геодезических румбов, вычисленные по данным рис. 7

жалеем, что наши усилия по развитию этой отрасли знания относительно недостаточны.

## II. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В ТАНГО

После землетрясения в Танго, в дополнение к обычно производимой работе, заключающейся в сейсмометрических наблюдениях последующих толчков, геологических и географических исследованиях, промерах глубин морского дна и инженерных наблюдениях, были произведены еще следующие работы:

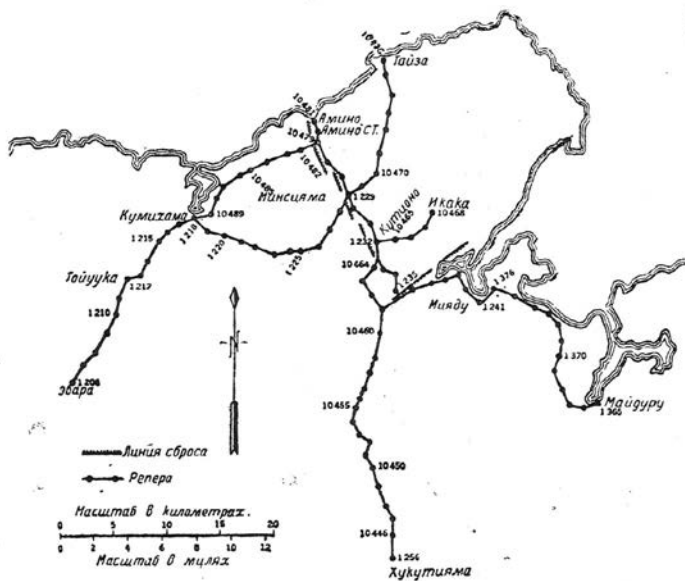
1. Точная нивелировка всего района разрушения повторена пять раз; причем последняя серия съемок была закончена в конце 1930 г.
2. Триангуляционная съемка этого же района была повторена три раза.
3. Непосредственно вслед за землетрясением тилтграфами Ишимото, установленными в двух местах вблизи эпицентра, производились непрерывные наблюдения раскачивания грунта.

### 1. Точная нивелировка

Трассы топографических съемок указаны на рис. 9, на котором определены приблизительные месторасположения линий двух главнейших сбросов или, верней, их уступов. На рис. 10 изображены пять профилей, указывающих на поднятие и оседание, происшедшие в промежутке между последовательными топографическими съемками вдоль одной из трасс. Интересно отметить, что в продолжение первой стадии возврата земной коры к равновесию, обе стороны линий сброса производили движения независимо одна против другой, в дальнейшем же перемещались как одно целое, особенно в направлениях с севера на юг, что указывает на связь трещин сброса, и что в продолжении возврата к равновесию район разрушений некоторое время то поднимался, то опускался, причем эти колебания постепенно затухали. Наблюдения истинной природы колебаний земной коры несколько затрудняются тем, что в профилях криволинейные расстояния заменяются прямыми.

Тсубои изучал характер колебаний проектированием на вертикальную плоскость вертикальных смещений вдоль искривленных трасс и обнаружил, что точно так же, как и при землетрясении в Куанто, земная кора очевидно состо-





**Рисунок 9** — Нивелировки, использованные для изучения действия землетрясения в Танго

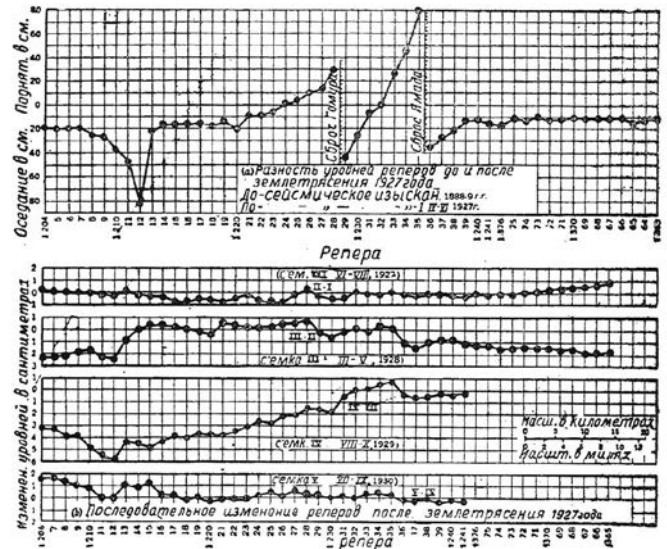
ит из некоторого числа отделенных друг от друга массивов, которые перемещаются самостоятельно и независимо от смежных с ними массивов. Последнее топографическое изыскание кроме того по-видимому указывает на то, что послесейсмические движения земной коры практически можно признать прекратившимися после четырехлетнего непрерывного процесса приспособления к состоянию равновесия.

## 2. Триангуляции

После землетрясения триангуляция также была повторена три раза – в мае-июне, в августе-сентябре и в октябре-ноябре 1927 г. Досейсмические топографические съемки были произведены между 1884 и 1889 гг. На рис. 11 указаны смещения главных триангуляционных пунктов по данным каждой последующей топографической съемки.

Приводимая диаграмма может дать ценный материал для изучения характера землетрясений, но сейчас я воздержусь от рассмотрения этого материала и ограничусь указанием, что основанные на указанных выше топографических изысканиях весьма важные исследования были произведены членами нашего коллектива. Так, например, исследование размещения расширений и вращений (dilatation and rotation) грунта в районе землетрясения было произведено проф. Терада и опубликовано в бюллетенях Научно-исследовательского института землетрясений при Токийском государственном университете.

После землетрясения в Танго впервые были применены тилтграфы Ишимото для наблюдения послесейсмических смещений. В основном этот прибор состоит из горизонтального маятника с подвеской Цэлльнера (Zollner's suspension), сделанного целиком из плавленого кварца, с тем чтобы свести до минимума влияние температурных изменений. Тилтграф Ишимото показывает качания почвы с точностью  $0^{\circ}-0'-0,1$ ». Эти приборы были установлены в двух местах в районе разрушений. Главнейшие последующие толчки очевидно имеют тесную связь с раскачиваниями почвы.



**Рисунок 10** — Профили, показывающие поднятие и оседание, выявленные при съемках вдоль одной из трасс, показанных на рис. 9

Это видно из векторной диаграммы (рис. 12), записанной тилтграфом.

Большинство из сильных последующих толчков находят, как видно, в тесной связи с изменениями в направлении раскачивания почвы. Были ли эти раскачивания почвы вызваны метеорологическими причинами или подземными изменениями – мы не знаем. Но каковы бы ни были эти причины, мы не придерживаемся мнения, что подобные раскачивания почвы позволяют безошибочно предсказывать землетрясения.

Кроме вышеупомянутых были произведены еще разные другие исследования, однако в пределах этой лекции описать их подробно невозможно. В виде примера я упомяну лишь об одной сейсмометрической триангуляции, произведенной Назу (S. Nasu) под руководством проф. Имамура. Он определил месторасположение гипоцентров последующих толчков помощью сейсмографов, установленных в четырех местах в пределах эпицентральной зоны. Найденные этим способом распределения и положения гипоцентров могут быть весьма полезными данными для сейсмологов.

## III. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ИДУ

### 1. Общие сведения

Это землетрясение, хотя и сугубо местное по характеру, было разрушительным, явившись причиной гибели 261 человека и разрушения более 2 000 зданий. По данным проф. Имамура очаг этого землетрясения находится на  $139^{\circ}0'$  восточной долготы и на  $35^{\circ}2'$  северной широты.

Вдоль хорошо известной тектонической линии с севера на юг возник и быстро распространился по всей средней части полуострова Иду огромный сброс, протяжением в 30 км. Местность к востоку от сброса сместилась к северу в отношении местности к западу от сброса. Горизонтальное смещение по измерениям в бассейне Танна (Tanna Basin), где сброс отчетливо выявился, составляло около 100 см. Это явление смещения особенно интересно еще и в том от-

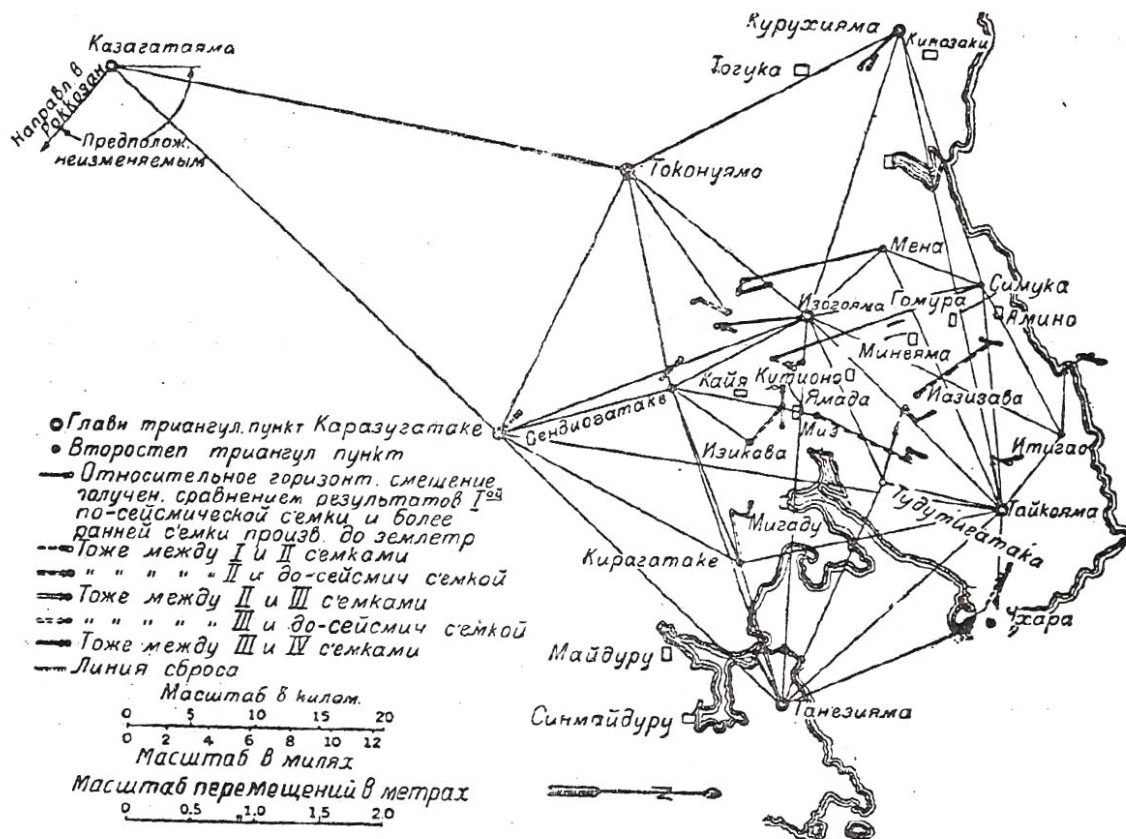


Рисунок 11 — Горизонтальное смещение триангуляционных пунктов, выявленное после землетрясения в районе Танго 7/III – 27 г.

ношении, что оно наблюдалось также в железнодорожном тоннеле Танна, что детальнее будет описано ниже.

**2. Предварительные и последующие толчки**

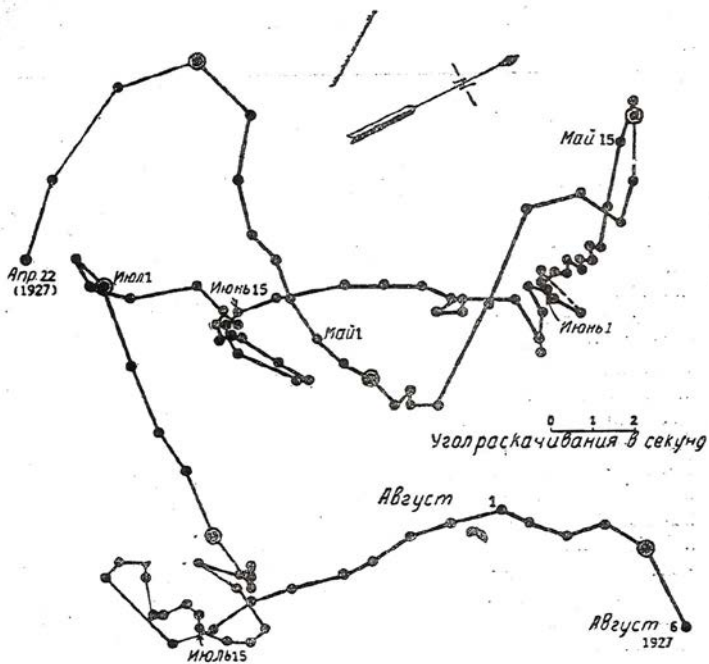
Характерной чертой этого землетрясения было большое число толчков, начавшихся на рассвете 7 ноября и предшествовавших главному землетрясению, достигшему кульминационного положения в разрушительном толчке 26 ноября. По данным Центральной метеорологической обсерватории на ее наблюдательной станции в Мизима (Misima) за день до главного землетрясения записано 789 толчков. Толчки быстрой последовательности или «рои» землетрясения (earthquake «swarms») начали также появляться 13 февраля 1930 г. со дна моря на некотором расстоянии от Ито (Ito) – курорта на западном побережье полуострова Иду, расположенном в 10 км от эпицентра этого разрушительного землетрясения. «Рои» землетрясений могут также рассматриваться как предшествующие толчки. По зарегистрированным данным можно считать, что из числа толчков, происшедших между 14 февраля и 11 апреля, 3 715 имели смещение, превосходящее 1 микрон.

На рис. 13 изображено пространственное расположение гипоцентров при землетрясении в Ито, как это определили Назу и другие с помощью пяти сейсмографов, установленных в пяти пунктах в районе эпицентра. Можно заметить, что фокусы сгущены внутри узкого рогообразного пространства. На основе этого некоторые считают, что сейсмическая активность обязана действию потухшего подводного вулкана.

**3. Раскачивание почвы, обусловленное землетрясениями в Ито**

С целью найти какое-либо соотношение между раскачиваниями почвы землетрясениями в двух пунктах (Ito and Kawana) вблизи области эпицентра были установлены тилтграфы Ишимото. На рис. 14 изображена векторная диаграмма, показывающая направление и интенсивность раскачивания почвы, отмеченных в Ито. Наиболее значительные толчки с указанием дат их возникновения обозначены буквами алфавита.

Можно заметить, что в то время как одна группа толчков была связана с раскачиваниями почвы в направлении к западу, другая группа была связана с раскачиваниями в направлении к югу. В апреле был период затишья, когда явления раскачивания (движения) были едва заметны и этим как бы подтверждались кажущаяся связь между раскачиванием земной коры и землетрясениями. Следует однако отметить, что хотя землетрясение 22 марта (отмеченное на диаграмме буквой К) было весьма разрушительным, ничего похожего на предостережение об его приходе за все время не было замечено. Отчасти вследствие непредвиденных обстоятельств, отчасти по упущению с моей стороны в октябре наблюдения были прерваны. К сожалению, разрушительное землетрясение 26 ноября произошло до того, как мы успели возобновить намеченные ранее наблюдения и этим самым мы были лишены возможности использовать благоприятный случай для наблюдения движений земной коры непосредственно перед и после разрушительного землетрясе-



**Рисунок 12** — Типовая векторная диаграмма, показывающая раскачивания грунта, записанные типографом

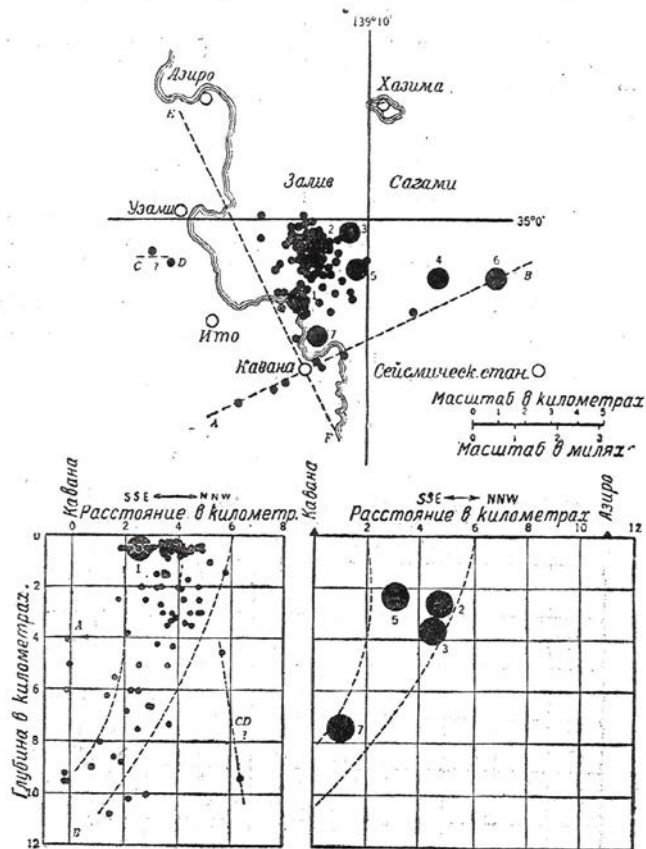
ния, хотя, как мы выяснили впоследствии, мы приобрели бы немного, так как движения земной коры, связанные с главным землетрясением, совсем не были заметны в этом районе.

#### 4. Точная нивелировка и триангуляция

Кроме того оказалось необходимым провести линию точных нивелировок в направлении дороги, близко примыкающей к эпицентральной области землетрясения в Ито, как это показано на рис. 15. Работа была поручена Военно-топографическому департаменту и возобновлялась по этой же дороге в то время, когда толчки еще продолжались. Таким образом вместе со съемками, произведенными топографическим департаментом как до и после землетрясения в Куанто, так и после сильного землетрясения в Иду (26 ноября), точные нивелировки были повторены пять раз вдоль этой дороги. Вертикальные смещения по сравнению с предыдущими данными, установленные после каждой съемки, показаны на рис. 15.

Заслуживает внимания следующее:

- Разрушительное землетрясение происходило в то время, когда производилась наша вторая съемка (отмеченная II). В самом деле, съемка между реперами №№ 9339–9341 производилась в одном направлении 25 ноября, т. е. накануне землетрясения, и в противоположном направлении – на следующий день после землетрясения; однако значительных изменений не было обнаружено.
- В течение краткого промежутка времени в семь месяцев, истекших между первой и второй съемками, прибреж-



**Рисунок 13** — Размещение в пространстве гипоцентров землетрясения в Ито

ные репера, обращенные к эпицентру, из которого возник сейсмический рой, сильно приподнялись.

Кроме того топографический департамент непосредственно вслед за разрушительным землетрясением разбил сеть точных нивелировок вокруг полуострова Иду, северная часть которого пересекает линию сброса. Вертикальные смещения в сравнении с данными предыдущей съемки изображены на рис. 16. Анализ и объяснения этих данных были осуществлены Тсубои и другими работниками Института и опубликованы в бюллетенях.

Летом 1931 г. была произведена триангуляция в двадцати первичных и семнадцати вторичных пунктах полуострова Иду и в окрестностях; результаты будут вскоре опубликованы в бюллетенях Института.

#### 5. Тоннель Танна

На рис. 17 схематично изображен план железнодорожного тоннеля общей длиной около 7 295 м, идущего в основном в восточно-западном направлении. Ко времени землетрясения около 914,4 м оставались еще не пройденными (рис. 17). Плоскости сбросов расположены в меридиональном направлении и они пересекают тоннель перпендикулярно. Из четырех плоскостей сбросов, пересекающих тоннель, три плоскости имели лишь незначительные смещения, так как они дали лишь мелкие трещины в стенке тоннеля или небольшие сдвиги основания. Четвертая же, являющаяся вероятно продолжением главного сброса, показавшегося на поверхности в бассейне Танна, весьма значительна. Ко времени землетрясения тоннельные работы продвинулись

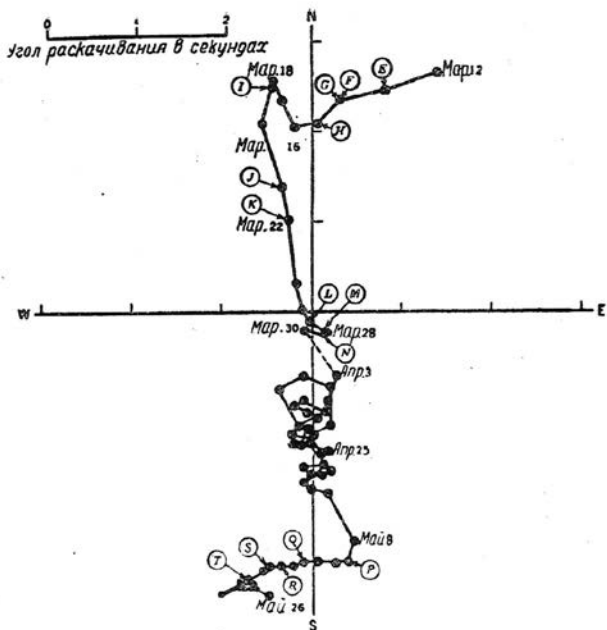


Рисунок 14 — Векторная диаграмма направления и величины раскачивания почвы, наблюдаемых в Ито

на 3 633 м от главного западного входа и наткнулись в этом пункте на илистый слой грунта, насыщенный водой. Наиболее значительная дислокация произошла именно вдоль этого илистого слоя грунта. На одном конце водоотливной штольни показалось нечто в роде «плоскости шлиха» или шлифованной поверхности, вызванной сдвигом плоскости-

сброса, отметив относительное горизонтальное смещение в 2,44 м.

Для измерения относительных смещений между двумя границами плоскости сброса, с каждой стороны были заложены два толстых стальных стержня и относительные смещения измерялись градуированными приборами, установленными между обоими стержнями. Наблюдения, начавшиеся 28 декабря 1930 г. продолжают еще до сих пор (декабрь 1931 г.). Хотя вначале наблюдения были прерваны вследствие замены приборов, общее представление об относительных смещениях может быть получено из рис. 18. Видно, что вначале смещение имело обе составляющих NS и EW. Первая составляющая однако постепенно уменьшалась, так что в настоящее время она не может быть уже обнаружена; вторая же составляющая также постепенно уменьшалась, однако еще и теперь (сентябрь 1931 г.) наблюдаются ежедневные смещения в 0,001 мм.

Деформации тоннеля дважды исследовались инженерами железнодорожного департамента. Результат их работы, сам за себя говорящий, изображен на рис. 17.

Кроме вышеупомянутого прибора в четырех местах тоннеля были установлены тилтграфы Ишимото для постоянных измерений изменений уровня. Изменения уровня по всей длине измерялись Такахаши (Takahashi) интервалами. Так как изменения уровня должны были измеряться в семидесяти двух местах на расстоянии 20 м одно от другого, работа оказалась весьма трудоемкой. Работа производилась при помощи прибора, сконструированного самим Такахаши. Существенной частью прибора является длинная гибкая трубка, наполненная водой и снабженная с обоих концов микроме-

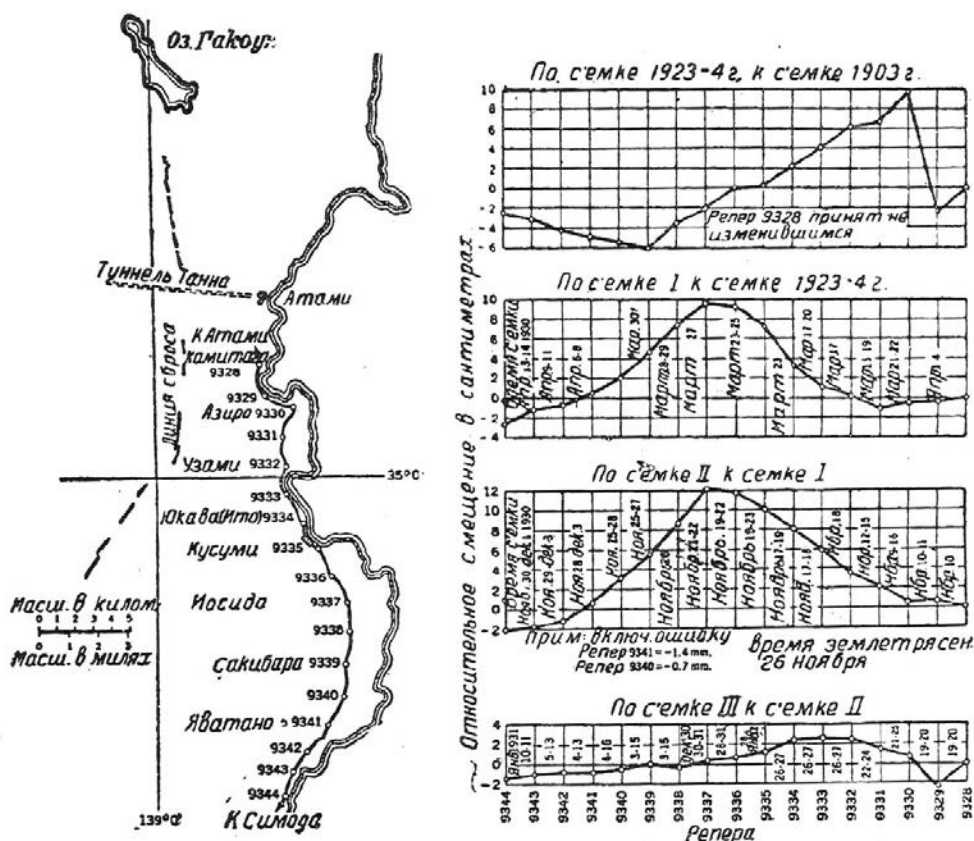


Рисунок 15 — Точная нивелировка вдоль трассы, проходящей вблизи эпицентра землетрясения в Ито

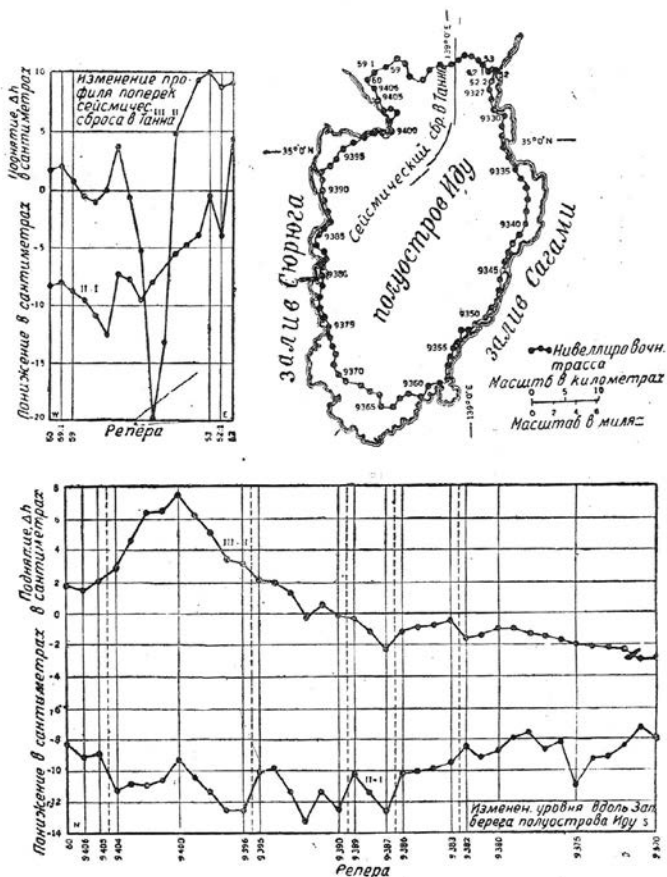


Рисунок 16 — Профили вокруг полуострова Иду, полученные непосредственно после землетрясения в Иду

трическими винтами для измерения высоты свободных поверхностей воды. До сих пор эти съемки были произведены пять раз, и их результаты изображены на рис. 19, который показывает, что изменения уровня со временем становятся все меньше и меньше, что указывает на постепенное оседание выведенной из состояния равновесия земной коры.

### 6. Подземная сейсмометрия

Для сейсмометрической работы кроме сейсмографов, установленных в многочисленных местах внутри и вокруг потерпевшего района, были установлены еще два сейсмографа со специальной целью сравнения сейсмических колебаний на поверхности земли с колебаниями под землей. С этой целью один прибор был установлен внутри самого тоннеля, приблизительно на 152,40 м ниже поверхности земли, а другой – на поверхности земли в бассейне Танна, как раз над тем прибором, который был установлен в тоннеле. Наблюдения, произведенные при помощи этих приборов, дали весьма ценные для геофизиков результаты, но так как они имеют также важное значение для инженеров, я вернусь в дальнейшем к их подробному изложению.

### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мною здесь дан общий обзор геофизических работ, произведенных в связи с исследованиями трех разрушительных землетрясений, частью уже законченных, а частью являющихся еще предметом интенсивной работы. При обсуждении этого вопроса я по необходимости не выходил за пределы исследований разрушительных землетрясений. И даже этого ограниченного вопроса я имел лишь возможность коснуться то здесь, то там. Кто интересуется более подроб-

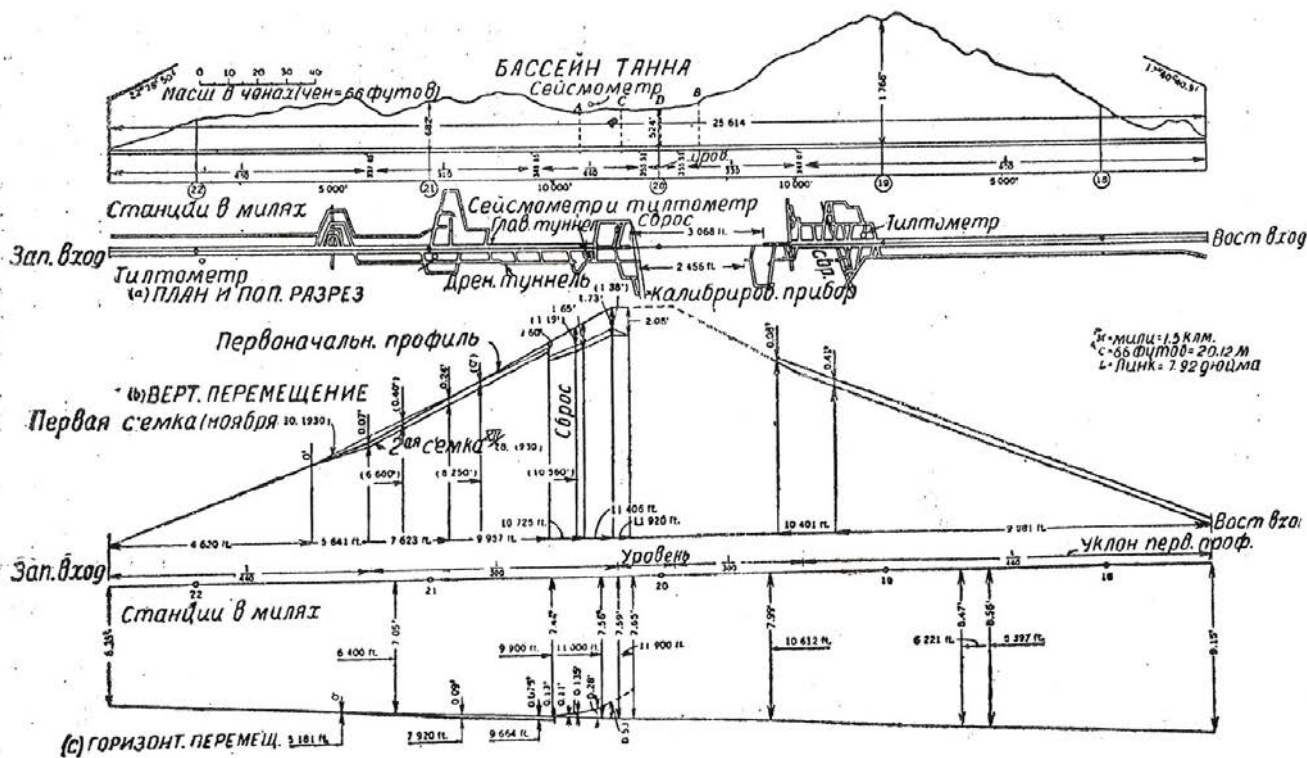


Рисунок 17 — Действие землетрясения в Иду на тоннель Танна

но этим вопросом, может обратиться к подлинным работам, опубликованным в Бюллетенях Института.

Пользуюсь случаем, чтобы разъяснить, что наша деятельность не ограничивается изучением разрушительных землетрясений. Со времени основания Института (1925 г.) произошло два разрушительных землетрясения. Они настолько овладели нашим вниманием, что мы не имели достаточно времени, чтобы заняться основными исследованиями. Тем не менее одновременно мы не оставляли в стороне другие виды исследований, имевших более непосредственное отношение к неотложным проблемам; мы не оставляли в стороне также подготовительной работы к изучению основных проблем. В дополнение к исследованиям, уже упомянутым в связи с большими землетрясениями, как то: сейсмометрия, измерение раскачиваний и т. д., в настоящее время уже начаты или запланированы на ближайшее будущее следующие работы:

- а) сооружение двух подземных камер глубиной в 9,15 и 18,30 м для изучения сейсмических колебаний на этой глубине;
- б) сооружение крытых траншей с размещением в них 20-метровых кварцевых масштабов, для непрерывных наблюдений над изменением поверхностных расстояний;
- в) сооружение постоянной сейсмической станции внутри тоннеля Танна;
- г) непрерывные измерения изменений градиентов потенциала силы тяжести;
- д) непрерывное измерение раскачиваний почвы путем длинных трубочек с водой;
- е) повторные съемки высот реперов на нивелировочной трассе в средней части главного острова, обращенной к Тихому океану;
- ж) отдельные измерения высот некоторых горных вершин;
- з) отдельные точные нивелировки города Токио и его окрестностей и отдельные измерения базисной геодезической линии;
- и) установка экселерографов в разных местах для определения периода ускорения (не периода колебаний), собственного землетрясения в этих местностях;
- к) попутно с работой, указанной в предыдущем п. «и», наблюдение за свойственным данной местности периодом при помощи анализатора сейсмического колебания;
- л) установка в соответствующих местностях усовершенствованных приборов, регистрирующих разрушительные землетрясения;
- м) установка в наиболее подходящих не бытовых зданиях автоматических приборов, регистрирующих сильные землетрясения;
- н) установка в некоторых зданиях деформетров;
- о) сооружение большой вибрационной платформы (shaking-table);
- п) геологическое обследование северной части Иду;
- р) математические исследования;
- с) повторные измерения глубины залива Сагами измерительным прибором Ланжевэна (Langevin).

Весь этот план требует огромных вложений, поэтому у его реализации нет достаточной уверенности.

До сих пор я ссылался главным образом на работы, проведенные нашим Институтом, но это не единственная работа,

проведенная в Японии. Центральной метеорологической обсерваторией и геофизическими институтами разных университетов произведено много важных исследований, однако ни одно из них не уделяет специального внимания инженерной сейсмологии, являющейся главной темой этих лекций.

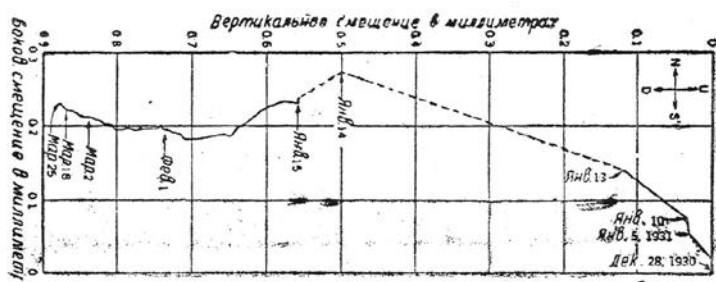
В качестве превосходного очерка прошлого и настоящего сейсмологического исследования в Японии можно рекомендовать работу проф. Терада, озаглавленную «Исторический очерк развития сейсмологии в Японии», опубликованную в «Наука Японии» и розданную членам Третьего пантихоокеанского конгресса, созданного в Токио в 1926 г. В этом очерке в сжатом виде изложена вся сейсмологическая работа, выполненная в Японии со времени ее возникновения, вплоть до 1926 г. Работы, выполняемые нашим Институтом, освещаются два раза в году д-ром Конрад (Dr. V. Conrad) в «Gerlands eitrage zur Geophysik».

### ПРЕДСКАЗАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Предсказание землетрясения естественно является сильным желанием всех проживающих в сейсмических странах и это было предметом гаданий на протяжении всех времен. Даже при современном развитии науки разрушительное землетрясение еще никогда не было предсказано. Несмотря на это, как только кончаются сейсмические колебания мы обычно слышим заявления, что землетрясению предшествовали такие-то и такие-то явления и что, если бы эти явления были своевременно замечены, то предсказание было бы возможно. К сожалению, в этих случаях нам известно весьма немногое о случайной связи досейсмического явления с возникновением землетрясения, а также о том, что возникновение землетрясения было связано с досейсмическим явлением с несомненностью или только с некоторой вероятностью, если только вообще существовала какая-нибудь зависимость между ними.

Даже если бы такое предсказание землетрясения было возможно, то оно должно было бы предусмотреть в точности время возникновения явления, место его и интенсивность, – ни одно из этих трех условий не должно было бы отсутствовать. Предположим, что сейсмолог предусмотрел, что землетрясение будет неизвестной интенсивности, т. е. неизвестно, будут ли разрушены здания или это будет отмечено только чувствительным тромометром и должно произойти в данной местности и в данное время. В результате такое предсказание могло бы послужить лишь источником напрасной тревоги для населения. В Токио, например, нередко ощущаются толчки один или два раза в течение нескольких недель. Для жителей такой области лучше иметь хотя бы неполное предостережение, без какого-либо указания о вероятной интенсивности. Неполное же предостережение, подобное тем, какие иногда даются беспечными сейсмологами, устанавливая местность и вероятную интенсивность, но без какого-либо осведомления о времени возникновения, даже если бы оно было правильное, более чем бесполезно для населения, проживающего в сейсмических странах. В некотором смысле такое предсказание похоже на утверждение, что нам суждено рано или поздно умереть.

Рассмотрим кратко перспективы предсказания землетрясения в свете современной сейсмологии.



**Рисунок 18** — Относительное перемещение стальных прутков противоположных плоскостей сброса в тоннеле Танна

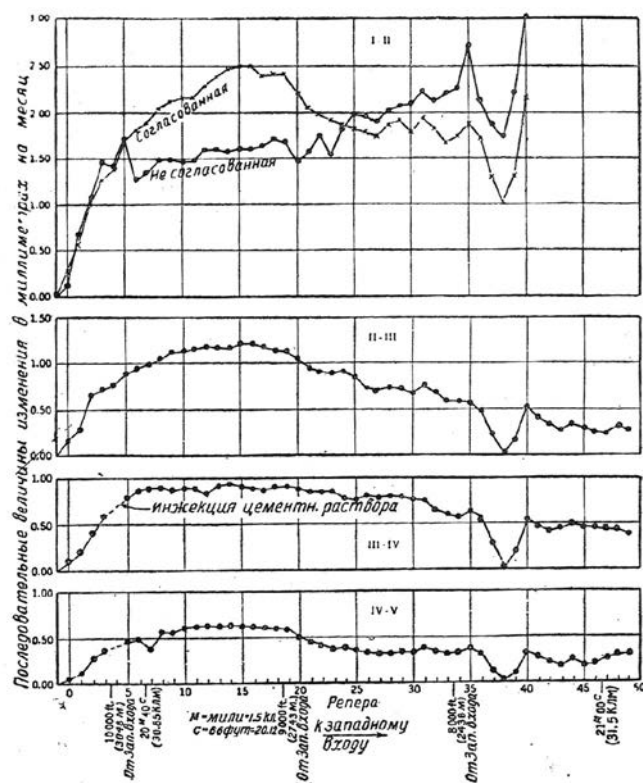
### а) Метеорологическое явление

Возникновение землетрясений несомненно имеет тесную связь с метеорологическими явлениями, как то: барометрическим давлением, изменением его величины, количеством осадков, морскими приливами и отливами и т. д. Действительно их тесная взаимозависимость с землетрясениями статистически подтверждалась многими исследователями, но очевидно метеорологическое явление здесь играет лишь роль «собачки» до выстрела. Как не заряженное ружье не может выстрелить лишь только благодаря спуску «собачки», так и одни метеорологические причины не способны вызвать землетрясение в ненапряженной земной коре или нарушить равновесие квази плотной магмы. Весьма вероятно, что незначительный циклон, пронесшийся над зоной землетрясений незадолго до его возникновения, сыграл роль «собачки», ускорившее разрушительное землетрясение 1923 г.; однако циклоны такой же и еще большей интенсивности проносились и раньше над этой же зоной и не вызывали никакого землетрясения. Больше того, если даже допустить, что данное метеорологическое явление должно безусловно повлечь за собой землетрясение, интенсивность вызванного им землетрясения может и не иметь никакой связи с метеорологическим явлением. Итак оказывается – метеорологические явления не являются существенными для предсказания землетрясений.

### б) Смещение земной коры

Некоторые уверяют, что землетрясение могло бы быть предсказано по смещениям земной коры, например, по раскачиванию почвы, по хроническим поднятиям и опусканиям грунта, по изменению поверхностных расстояний и т. д.; однако до тех пор пока мы не получим больше геофизических данных в этом направлении, чем те, которыми мы располагаем в настоящее время, я не могу придерживаться подобной точки зрения. Общеизвестно, что землетрясения происходят часто там, где замечаются бради-сейсмические (медленные или постепенные) смещения земной коры. Тем не менее мы еще не знаем, на какой стадии данного типа смещения земной коры возникает землетрясение в данной местности, в данное время и данной интенсивности. Разрешить эту проблему равносильно тому, что определить появление одного какого-либо случая из великого множества других случаев, подчиненных статистическому закону, который еще не открыт. Предсказывать с уверенностью появление такого случая почти безнадежно.

Согласно нашим наблюдениям последующие толчки при разрушительных землетрясениях в Танго и в Ито были тесно



**Рисунок 19** — Профили прогрессирующих изменений уровня реперов в тоннеле Танна после землетрясения в Иду

связаны с формой раскачивания почвы. Раскачивания почвы в свою очередь соответствовали морским приливам и отливам; но, как уже упоминалось, формы связи в этих двух случаях совершенно различны. При землетрясении в Танго сильные последующие толчки происходили в то время, как раскачивания почвы временно прекращались и стали менять свое направление (см. рис. 12), тогда как при землетрясении в Ито сильные толчки происходили в то время, когда почва продолжала раскачиваться в определенном направлении (см. рис. 14). Единственно, что было общего в обоих случаях, – это отсутствие каких бы то ни было признаков, предсказывающих интенсивность предстоящего землетрясения.

Мы располагаем лишь слабой информацией о линейных изменениях геодезических базисных линий. На рис. 7 и 8 приводится только один пример. Если мы согласимся с теорией, что особые смещения сжатия, наблюдавшиеся непосредственно перед сильным землетрясением, свидетельствуют об изменениях в земной коре, предшествующих сильной конвульсии, мы должны были бы ждать другое сильное землетрясение в 1930 г.; к сожалению, события этого не подтвердили. Некоторые истолковали эти данные в том смысле, что данное напряжение сжатия было предвестником землетрясения в Иду. Даже если это так, то в одном случае одни и те же напряжения сжатия предсказывали необыкновенно сильное землетрясение, охватившее обширный район, а в другом случае – разрушительное, но местного характера землетрясение иного происхождения. Итак, при современных знаниях линейные изменения почвы не могут все же считаться достаточными для полного предсказания землетрясения.

По карте, показывающей вертикальные смещения почвы в Центральной Японии (рис. 3), можно заметить, что бради-сейсмические движения в Японии весьма распространены. Если поднятия и оседания почвы являются очевидными признаками безусловного возникновения землетрясения, то в таком случае нет в настоящее время ни одного клочка земли в Японии, который не подвергался бы неминуемой опасности.

На самом деле это не так.

В связи с этим необходимо кратко упомянуть о поднятии полуострова Миура (Miura), которое, говорят, имело место до большого землетрясения 1929 г. Здравый смысл, подсказанный нам опытом в испытании материалов, ведет нас как инженеров к отысканию некоторых признаков, предшествующих конвульсиям земной коры. К сожалению, нам не удалось найти ключа к разрешению этого вопроса, который с научной стороны был бы достаточно обоснован. Как уже упоминалось, явные медленные поднятия побережья у Абурацубо, предшествовавшие большому землетрясению, как это и зарегистрировано установленным там мареографом, были тщательно проанализированы проф. Терада и Ямагучи (J. Yamaguchi), которые обнаружили, что эти поднятия вызваны скорее метеорологическими причинами, нежели каким-либо актуальным поднятием грунта.

Это верно, что тилтграф Омори в Сейсмологическом институте при Токийском университете явно указывал на постепенное изменение наклона почвы перед землетрясением; однако следует отметить, что этот прибор, представляющий собой обыкновенный горизонтальный металлический маятник с длинным периодом и снабженный барабаном с прокопченной бумагой для записей, не был приспособлен для измерения весьма слабых раскачиваний. Кроме того колыхание почвы в месте расположения университета довольно легко вызывалось прямым воздействием осадков или косвенно их охлаждающим действием. Ранним утром того же дня, когда произошло это сильное землетрясение, зона землетрясения была охвачена ливнем, а затем залита жарким летним солнцем. Метеорологические явления могли оказать сильное влияние на раскачивание почвы.

Проф. Имамура, несомненно приняв во внимание уже упомянутые факты, пришел к заключению, что необыкновенное досейсмическое раскачивание почвы действительно имело место. Такие досейсмические раскачивания даже там, где их появление вполне доказано, не могут быть признаны как бесспорное предзнаменование разрушительного землетрясения, так как последующие исследования, произведенные Ишимото и Тсюджи (M. Tsuji), которые пользовались в высшей степени заслуживающими доверия тилтграфами Ишимото, показали, что раскачивания более сильные, чем те, которые имели место непосредственно перед этим сильным землетрясением, часто регистрировались на территории обсерватории в обыкновенное время. Кроме того 17 июня 1931 г. в Токио ощущались довольно сильные сейсмические толчки с эпицентром, очень близко расположенным к территории обсерватории. Тсюджи обнаружил, что никакого необычного раскачивания не наблюдалось ни до, ни после землетрясения. Таким образом раскачивания почвы также не могут быть приняты как бесспорные предвестники землетрясений.

Я не буду рассматривать других явлений, как, например, изменений уровня грунтовых вод, изменений температуры горячих источников, изменений земных электрических токов, возмущений земного магнетизма и т. д. Нет сомнения, что все они в той или иной степени тесно связаны с землетрясениями и если бы эти и другие геофизические явления, как, например, форма геоида (земли) и гравитационное ускорение были точно исследованы, мы были бы в состоянии пролить значительный свет на сейсмологию. Остается все же прискорбным тот факт, что до сих пор мы не в состоянии обнаружить хотя бы один единственный бесспорный признак, по которому мы могли бы предсказать наступление разрушительного землетрясения. Несмотря на скудное ассигнование средств на исследования, мы делаем все возможное, чтобы найти этот признак. Тем не менее на то, что касается возможности полного предсказания не только места, но и времени и силы разрушительного землетрясения, я смотрю несколько пессимистично. Пользуясь случаем, я познакомлю вас с тем, что по этому вопросу говорит наш известный геофизик проф. Терада (Terada) в своей весьма ценной статье, озаглавленной «Предсказания явлений природы» («Prediction of Natural Phenomena»).

Осветив различие между макро и микроскопической точками зрения и обратив особое внимание на расположение кристаллов в неустойчивом перенасыщенном растворе, он переходит к обсуждению вопроса о предсказании землетрясения. Он утверждает, что если даже признать доказанным, что землетрясение вызывается нарушением неустойчивого равновесия земной коры под действием определенного закона (пока не открытого), и если признать, что измерение напряжения и других подобных элементов возможно во всех деталях, то все же и при этих условиях точное предсказание времени землетрясения было бы невозможно, как невозможно определить начало кристаллизации одного единичного кристалла в перенасыщенном растворе, где оно определяется случайными микроскопическими условиями. Излишне повторять, что в этом случае то макроскопическое свойство, что раствор пресыщен, указывает на возможность начала кристаллизации в целом. По мнению проф. Терада при современном состоянии наших знаний сейсмических явлений мы должны полагаться на методы статистики, которые должны быть разработаны, прежде чем мы сможем прийти к определенному заключению.

Я держусь того же мнения, которого держится проф. Терада, однако, хотя мы не в состоянии предсказать землетрясение в точном смысле этого слова, мы можем не сомневаться в том, что в один прекрасный день мы будем в состоянии определить, угрожает ли данному району в целом непосредственная опасность или нет, и таким образом принять меры против предстоящего разрушительного землетрясения.

Долг сейсмологов ускорить приближение этого дня. До тех пор, пока этот день наступит, и даже после его наступления защита против землетрясений в сейсмических странах целиком находится в руках инженеров. Поэтому меня в данном случае не столько беспокоит бессилие сейсмологов установить среди явлений природы безошибочные предвестники неминуемого разрушительного землетрясения, сколько современное равнодушие большинства архитекторов и инженеров к проблемам землетрясения.



## ТЕХНОГЕННЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

**Одно из первых техногенных землетрясений**, связанных с добычей нефти, произошло в 1939 году на месторождении Уилмингтон в Калифорнии. Оно стало началом целого цикла стихийных бедствий, которые привели к разрушению зданий, дорог, мостов, нефтяных скважин и трубопроводов. Проблему решили закачав воду в нефтеносный пласт. Но этот метод – далеко не панацея. Вода, закаченная в глубинные пласты, может повлиять на температурный режим массива и стать одной из причин возникновения землетрясения. Месторождение протягивается через юго-западные районы города Лос-Анджелеса и через залив Лонг-Бич доходит до прибрежных кварталов одноименного курортного города. Площадь нефтегазоносности 54 км<sup>2</sup>. Месторождение было открыто в 1936 году, а уже в 1938 году стало центром нефтедобычи Калифорнии. К 1968 году из недр было добыто почти 160 млн. тонн нефти и 24 млрд. м<sup>3</sup> газа, всего же надеются получить здесь более 400 млн. тонн нефти. Расположение месторождения в центре высокоиндустриальной и густонаселенной области южной Калифорнии, а также близость его к крупным нефтеперерабатывающим заводам Лос-Анджелеса имело важное значение в развитии экономики всего штата Калифорния. В связи с этим, с начала эксплуатации месторождения и до 1966 года на нем постоянно поддерживался наивысший уровень добычи по сравнению с другими нефтяными месторождениями Северной Америки. В 1939 году жители городов Лос-Анджелес и Лонг-Бич почувствовали довольно ощутимые сотрясения поверхности земли – началось проседание грунта над месторождением. В сороковых годах интенсивность этого процесса усилилась. Наметился район оседания в виде эллиптической чаши, дно которой приходилось как раз на свод антиклинальной складки, где уровень отбора не единицу площади был максимален. В 60-х годах амплитуда оседания достигла уже 8,7 метров. Площади, приуроченные к краям чаши оседания, испытывали растяжение. На поверхности появились горизонтальные смещения с амплитудой до 23 см., направленные к центру района. Перемещение грунта сопровождалось землетрясениями. В период с 1949 по 1961 годы было зафиксировано пять довольно сильных землетрясений. Земля в буквальном смысле слова уходила из-под ног. Разрушались пристани, трубопроводы, городские строения, шоссе, дороги, мосты и нефтяные скважины. На восстановительные работы потрачено 150 млн. долларов США. В 1951 году скорость проседания достигла максимума – 81 см/год. Возникла угроза затопления суши. Напуганные этими событиями, городские власти Лонг-Бича прекратили разработку месторождения до разрешения возникшей проблемы. К 1954 году было доказано, что наиболее эффективным средством борьбы с проседанием является закачка в пласт воды. Это сулило также увеличение коэффициента нефтеотдачи. Первый этап работы по заводнению был начат в 1958 году, когда на южном крыле структуры стали закачивать в продуктивный пласт без малого 60 тыс.м<sup>3</sup> воды в сутки. Через десять лет интенсивность закачки уже возросла до 122 тыс.м<sup>3</sup>/сут.



Проседание практически прекратилось. В настоящее время в центре чаши оно не превышает 5 см/год, а по некоторым районам зафиксирован даже подъем поверхности на 15 см. Месторождение вновь вступило в эксплуатацию, при этом на каждую тонну отобранной нефти нагнетают около 1600 л воды. Поддержание пластового давления дает в настоящее время на старых участках Уилмингтона до 70% суточной добычи нефти. Всего на месторождении добывают 13700 т/сут нефти. В последнее время появились сообщения о проседании дна Северного моря в пределах месторождения Экофиск после извлечения из его недр 172 млн.т нефти и 112 млрд. м<sup>3</sup> газа. Оно сопровождается деформациями стволов скважин и самих морских нефтяных платформ. Последствия трудно предсказать, но их катастрофический характер очевиден. Проседание грунта и землетрясения происходят и в старых нефтедобывающих районах России. Особенно это сильно чувствуется на Старогрозненском месторождении. Слабые землетрясения, как результат интенсивного отбора нефти из недр, ощущались здесь в 1971 году, когда произошло землетрясение интенсивностью 7 баллов в эпицентре, который был расположен в 16 км от г. Грозного. В результате пострадали жилые и административные здания не только поселка нефтяников на месторождении, но и самого города. На старых месторождениях Азербайджана – Балаханы, Сабунчи, Романы (в пригородах г. Баку) происходит оседание поверхности, что ведет к горизонтальным подвижкам. В свою очередь, это является причиной смятия и поломки обсадных труб эксплуатационных нефтяных скважин. Совсем недавние отголоски интенсивных нефтяных разработок произошли в Татарстане, где в апреле 1989 года было зарегистрировано землетрясение силой до 6 баллов (г. Менделеевск). По мнению местных специалистов, существует прямая зависимость между увеличением добычи нефти из недр и активизацией мелких землетрясений. Зафиксированы случаи обрыва стволов скважин, смятие колонн. Подземные толчки в этом районе особенно настораживают, ведь здесь сооружается Татарская АЭС. Во всех этих случаях одной из действенных мер также является нагнетание в продуктивный пласт воды, компенсирующей отбор нефти. Не менее 20% землетрясений, происходящих в последние годы в американском штате Оклахома, вероятнее всего, связаны с добычей газа, которая производится методом гидравлических разрывов пласта, сообщается в опубликованном в научном

журнале Science исследовании. С начала года в Оклахоме на юге центральной части США было зарегистрировано уже 240 землетрясений магнитудой 3,0 или выше, что вдвое больше подземных толчков такой силы, чем в Калифорнии, которая считается «сейсмическим центром» страны. При этом до 2008 года, когда в Оклахоме началась массовая добыча газа и нефти путем закачивания в скважины воды, в штате отмечалось не более одного землетрясения такой силы в год. Ученые из Корнелльского университета и других организаций в своем исследовании пришли к выводу, что пятая часть всех землетрясений в штате связана с четырьмя крупнейшими скважинами по добыче газа юго-восточнее города Оклахома-сити. По мнению исследователей, деятельность на этих объектах может вызывать подземные толчки в радиусе до 35 километров от их расположения.

Один из авторов доклада, преподаватель Колумбийского университета Джеффри Эйберс (Geoffrey Abers) исключил

природное происхождение всплеска сейсмической активности в Оклахоме. «Такое большое число повторяющихся землетрясений не может быть частью природной системы», – цитирует ученого британская газета Guardian. Местные власти в США и ранее связывали серии землетрясений с новыми методами добычи полезных ископаемых, активно внедряющимися в стране последние годы. Обнародованный в четверг доклад впервые придает этим догадкам научное обоснование. Начав эксплуатацию месторождений нефти и газа, человек, сам того не подозревая, выпустил джина из бутылки. Поначалу казалось, что нефть приносит людям только выгоду, но постепенно выяснилось, что использование ее имеет и обратную сторону. Чего же больше приносит нефть, пользы или вреда? Каковы последствия ее применения? Не окажутся ли они роковыми для человечества?

[www.neftblog.ru/blog/zemletrjasenie\\_v\\_kalifornii\\_iz\\_za\\_dobychi\\_nefti/2014-06-25-71](http://www.neftblog.ru/blog/zemletrjasenie_v_kalifornii_iz_za_dobychi_nefti/2014-06-25-71)

## СЕЙСМОРАЗВЕДНОЕ СУДНО

**Seismic Survey Ship** – лучшее в мире сейсморазведочное судно. Длина 104,2 м, ширина в корме 70 м, водоизмещение 8000 тонн, скорость 16 узлов, имеет 24 лебёдки с кабелями общей протяжённостью 12 км. Буксирует за собой несколько сотен тысяч электронных сенсоров покрывающих площадь более, чем 12 квадратных км. Экипаж 80 человек. Построено в Японии на верфи Mitsubishi Nagasaki. В 2012 году норвежская сейсморазведочная компания Petroleum Geo-Services (PGS) оформила заказ на постройку двух Ramform-судов W-класса у японской компании «Mitsubishi Heavy Industries». Суда являются представителями нового, а точнее – пятого поколения серии Ramform. Корабли типа «SSS Ramform» являются наиболее мощными и эффективными судами для морской сейсморазведки из всех когда-либо существовавших. Они также являются самыми широкими. В этих судах соединяются вместе продвинутые морские технологии и возможности в области морской сейсморазведки «GeoStreamer». Вся корму судна шириной 70 м занимают 24 барабана с сейсмическими косами. 16 из них расположены на одной линии, а еще 8 – чуть впереди. Увеличенное рабочее пространство и продвинутое оборудование делает операции с участием корабля более безопасными и функциональными. Для компании PGS и ее клиентов более быстрое развертывание и извлечение оборудования, а также увеличенная продолжительность пребывания в море означают быстрее завершение сейсморазведочных работ и увеличенный коэффициент непрерывной работы в неблагоприятных погодных условиях. Период между заходом на верфь для ремонта также был увеличен на 50%. Судно перевозит более 6 тыс. тонн топлива и оборудования. Как правило, оно буксирует за собой сеть из нескольких сотен тысяч сейсмодатчиков, покрывающих площадь более 12 кв. км, что эквивалентно 1 500 футбольным полям или трем с половиной Центральным паркам в Нью-Йорке. Корабли типа «SSS Ramform» обеспечивают безопасное и комфортное проживание, а также рабочую обстановку для 80



членов экипажа. На борту имеется 60 одноместных кают, а также 10 двухместных кают для посетителей с отдельными санузлами. Тип «Ramform» характеризуется необычной дельтовидной формой корпуса в плане с широкой кормой. Первым судном такого типа было судно дальнего гидроакустического наблюдения Марьята, построенное для ВМС Норвегии еще в 90-х. Инженерный состав из PGS отмечает высокий уровень сбора сейсмической информации такого судна, что обеспечивается именно дельтовидной формой корпуса. Суда ходят под Флагом Багамских островов. Джон Эрик Рейнхардсен, президент и главный исполнительный директор компании PGS, прокомментировал: «Корабль «SSS Ramform Titan» возводит сейсморазведку на новый уровень. Мы соединили вместе наиболее совершенные технологии с самым мощным и эффективным судном в индустрии. «SSS Ramform Titan» пополнит наш флот и еще сильнее укрепит позиции компании на рынке, дав нам преимущество на следующие 10 лет».

Сейсморазведка высокого разрешения становится все более востребованной благодаря интенсивному росту глубоководной буровой отрасли, особенно в таких сложных районах, как Бразилия, Западная Африка и Мексиканский залив.

[www.neftblog.ru/blog/seismic\\_survey\\_ship\\_sejsmorazvedochnoe\\_sudno/2014-02-16-70](http://www.neftblog.ru/blog/seismic_survey_ship_sejsmorazvedochnoe_sudno/2014-02-16-70)



# XXI НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ ЩУКИНСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

1-4 октября 2018, Москва

## ОРГАНИЗАТОРЫ

- РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
- ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА РАН
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ЕДИНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СЛУЖБА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
- МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
- ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
- РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Место проведения:** конференц-зал Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН).

**Адрес ИФЗ РАН:** 123242, г. Москва, Б. Грузинская улица, 10, стр. 1, ИФЗ РАН.

**Окончание срока принятия материалов:** 31 июля 2018 г.

**Регистрационный взнос:** 1000 руб.

## Тематика конференции

- Памятные даты.
- Сейсмические события: Алтайское землетрясение, Олюторское землетрясение, Тывинские землетрясения, Никольское землетрясение, Калининградские землетрясения, Шалкарское землетрясение и др.
- Структурно-вещественное строение и физические свойства разных глубинных уровней литосферы Алтае-Саянской горно-складчатой области и Восточно-Европейской платформы.
- Активные объёмы литосферы и разломы, их взаимодействие и динамическое влияние.
- Новейшие и современные геологические и сейсмические процессы.
- Неотектоника и современная геодинамика. Региональные и локальные поля напряжения.
- Нелинейные свойства геологической среды. Гистерезисные и резонансные процессы (явления).
- Палео – и современная сейсмичность.
- Сейсмогенные структуры. Очаговые зоны землетрясений.
- Сейсмотектоника очагов землетрясений в разных структурно-тектонических и геодинамических обстановках.

Конференция предусматривает устные и стендовые доклады.

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

- **А.О. Глико** – академик-секретарь ОНЗ РАН, г. Москва
- **С.А. Тихоцкий** – член-корр. РАН директор ИФЗ РАН, г. Москва
- **Е.А. Рогожин** – зав. отделением ИФЗ РАН, докт. геол.-мин. наук, проф., г. Москва. Председатель.
- **А.А. Маловичко** – член-корр. РАН, директор ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск. Сопредседатель.
- **В.В. Адушкин** – академик РАН, ИДГ РАН, г. Москва. Сопредседатель.
- **В.М. Ненахов** – декан геологического ф-та ВГУ, докт. геол.-мин. наук, проф. г. Воронеж. Сопредседатель.
- **Л.И. Надёжка** – доц., канд. геол.-мин. наук, зав. лаб. ЛСМ ВКМ ФИЦ ЕГС РАН, г. Воронеж. Зам. Председателя. Подготовка материалов конференции.
- **А.Л. Собисевич** – член-корр. РАН, зам. директора ИФЗ РАН, член-корр. РАН, г. Москва
- **Н.В. Шаров.** – зав. лаб. ИГ КарНЦ РАН, докт. геол.-минерал. наук, г. Петрозаводск.
- **А.Е. Аронов** – директор ГУ «Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси», докт. техн. наук
- **М.Е. Семёнов** – докт. физ.-мат. наук, ВГУ, ФИЦ ЕГС РАН, г. Воронеж
- **И.А. Санина** – докт. физ.-мат. наук, зав. лаб. ИДГ РАН, г. Москва
- **Ю.Л. Ребецкий** – зав. лаб., докт. физ.-мат. наук, ИФЗ РАН, г. Москва.
- **Р.Э. Татевосян** – зав. лаб., докт. физ.-мат. наук, ИФЗ РАН, г. Москва.
- **А.И. Дубянский** – доц., канд. геол.-минерал. наук, ВГУ, г. Воронеж
- **Л.И. Иогансон** – канд. геол.-минерал. наук, ИФЗ РАН, г. Москва
- **М.А. Ефременко** – канд. геол.-минерал. наук, ЛСМ ВКМ ФИЦ ЕГС РАН, г. Воронеж
- **Т.Б. Силкина** – ведущий программист, ВГУ, г. Воронеж. Секретарь. Подготовка материалов конференции.

**Адрес оргкомитета**

123242, г. Москва, Б. Грузинская улица, 10, стр. 1, ИФЗ РАН.

E-mail: [conf-ver-2018@yandex.ru](mailto:conf-ver-2018@yandex.ru)



# 30 YEARS AFTER THE SPITAK EARTHQUAKE: EXPERIENCE AND PERSPECTIVES International Conference

*December 03-07, 2018, Yerevan, Armenia*

## Dear colleagues,

The Organizing Committee announces "Thirty years after the Spitak Earthquake: Experience and Perspectives" International Conference dedicated to the devastating earthquake of 1988, which occurred in the north of Armenia. The Conference will take place in Yerevan on December 03-07, 2018.

The social shock caused by the Spitak earthquake brought seismological and geodynamic studies and seismic hazard and risk assessment in Armenia up to a new level. It served also an impetus to develop up-to-date studies on active tectonics and paleoseismology in the country and promoted international cooperation.

The Conference aims to bring together leading scientists as well as young scholars to present reports and exchange their experiences, as well as discuss recent innovations and further challenges in this field.

The conference will also include a visit to Gyumri and the epicentral zone. Approved abstracts will be published.

\* Attached you can find the expression of interest form. Please fill in the form and return it to [spitak1988@geology.am](mailto:spitak1988@geology.am) before April 15, 2018

## CONFERENCE ORGANIZERS

National Academy of Sciences(NAS)

Institute of Geological Sciences (IGS NAS)

Institute of Geophysics and Engineering Seismology after A. Nazarov (IGES NAS)

Ministry of Emergency Situations(MES)

Seismic Protection Territorial Survey SNCO (SPTS MES)

State Urban Development Committee adjunct to the government of the Republic of Armenia

International Science and Technology Center (ISTC) in Armenia

United Nations Development Programme (UNDP) State Committee of Science(SCS) of the Ministry of Education and Science

Georisk Scientific Research CJSC

Armenian Association of Seismology and Physics of the Earth (AASPE)

## CONFERENCE TOPICS

1. The 1988 Spitak earthquake: field observations in the epicentral area; present-day seismicity of the region; new studies and results after 30 years;
2. Seismological and geophysical studies; seismotectonics, paleoseismology, archeoseismology, and earthquake engineering;
3. Geo-hazards, seismic risk assessment and seismic resilience;
4. Studies of social and cultural effects of strong earthquakes;
5. Strategy and international cooperation on disaster risk reduction.

Official Language of the Conference is English

Abstract submission procedure and details on presentations will be provided later.

## CONFERENCE SCHEDULE

- December 03, 2018-Arrival to Yerevan
- December 04, 2018-Opening and General Session
- December 05-06, 2018-Conference section sessions by topics
- December 07, 2018-Visit to Gyumri and the epicentral zone, Departure

## IMPORTANT DATES

- May 30, 2018-Deadline for submission of expression of interest form
- June 30, 2018- Deadline for abstract submission
- July 31, 2018- Notification of abstract acceptance and start of registration
- October 30, 2018- Closure of early-bird registration for the conference, accompanying participant's early-bird online registration fee payment

**For further inquiries, feel free to contact the Organizing Committee Contact at:**

**E-mail: [spitak1988@geology.am](mailto:spitak1988@geology.am)**

**Phone: +374 10524426**



# THE 2ND INTERNATIONAL WORKSHOP ON RESILIENCE IN NANJING AND SHANGHAI

*October 31 - Nanjing*

*November 1 - Nanjing*

*November 2 - Shanghai*



## **Workshop presentation**

The devastating effects of recent natural hazards and disasters such as hurricanes, earthquakes, tsunamis, etc., on one hand, and the fragile status of infrastructures systems, on the other hand, have underscored that a great deal remains to be done. This workshop is intended to raise the awareness about this important topic and to suggest strategies that can foster new paradigms in the interface of critical infrastructures and the economic and social impact of resilience.

## **Aims**

To address the fundamental themes associated with resilience, both senior researchers, who have a broad view of the field, and some of the most promising young researchers, who will lead the activities in the decades to come, have been invited to participate as keynote speakers as well as the organizers of the Working Sessions. We will first examine the state of knowledge in light of the lessons learned from recent major disasters, as well as discuss the importance of resilience assessment of infrastructure. Attendees will represent researchers from Japan, China, Korea and other Asian Countries, as well as Europe, South and North America. The keynote talks would address important and critical themes and of current and future research in resilience. In the Working Sessions, the session chairs and several speakers from each region will present their vision of where the resilience of infrastructure and built environment needs to be to enable this interdisciplinary research area to better steward the built environment and make the global society more resilient to natural disasters, and what needs to be done to get there. Subsequently, small-group discussions on: design and improvement of new and existing structures and infrastructure, implementation in engineering practice to immediately affect the resilience of our communities, and emerging disciplines such as artificial intelligence and other fields to develop and adopt new civil/structural technologies and modeling tools. Different approaches in the world and their eventual synergetic effects on future development will be examined and discussed, as well as ideas how to coordinate efforts among the world-leading engineering communities will be discussed. Finally, the contributions from various working sessions and discussion, together with the conclusions and resolutions, will be published in a special issue in the International Journal on Smart Materials and Structural Systems. The first two days of the workshop will take place in Nanjing at Southeast University, while the third day will be hosted in Shanghai by Tongji University.

## **Aims**

In addition to keynote and invitational presentations, the program will include several Working and Brainstorming Sessions aimed at developing recommendations and suggested action plans that will identify the challenges, motivations, applications, and impacts. These recommendations will be collected and published as a set of conclusions, resolutions and recommendations.



# МОСКВА ГЛАЗАМИ ИНЖЕНЕРА

## О ПРОЕКТЕ

«Москва глазами инженера» – это экскурсии, лекции и детские мастер-классы. На них легко и интересно рассказывают об истории архитектуры и инженерии. Учат разбираться в устройстве города, понимать и любить его. Изюминка экскурсий «Москвы глазами инженера» в уникальных доступах. Посетители бывают на крышах Киевского вокзала и фабрики «Красный Октябрь», в служебных помещениях библиотеки имени Ленина, в закулисье Электротeatра Станиславский, на сцене ДК ЗИЛ. И это далеко не все!

Гиды «Москвы глазами инженера» имеют искусствоведческое или инженерное образование. Многие являются соавторами путеводителей и фильмов об истории инженерии (книга «Что построил Шухов», сериал «Дело Техника» на телеканале «Москва-24»).

С 2014 года проект занимает верхние строчки в рейтинге развлекательных компаний Москвы на сайте Tripadvisor.ru. В 2015 году компания победила в международном Конкурсе инноваций в образовании (КИВО). В 2017 году «Москва глазами инженера» запустила первую в Москве экскурсию с виртуальной реальностью.

### ЭКСПУРСИИ В ИЮЛЕ 2018 Г.

- **Пешеходная экскурсия «Взятие Китай-города»**

Как защищали сердце города, и при чем тут Китай? Узнайте, от кого и чем защищались защитники Москвы. Вы пройдете маршрут вдоль воображаемой границы XVI века (2 часа)

- **Архитектурная прогулка. От Мельникова до Колхаса**

Опытные гиды «Гаража» расскажут историю институции, а также поделятся планами на будущее. Профессионалы нашего проекта будут рады предоставить полный рассказ об инженерных особенностях каждого объекта. Взгляните на Парк Горького новыми глазами (1,5 часа)

- **Иммерсивный спектакль-променад «Есть метро!»**

Гостей ожидает незабываемое путешествие по 5 фундаментальным станциям первой ветки метро. Узнать историю создания от зарождения идеи до ввода в эксплуатацию, переместиться во время стройки первых станций, послушать диалоги отважных строителей и многое другое смогут сделать гости в головокружительном спектакле от станции Сокольники до Кропоткинской (1,5 часа)

- **Экскурсия с посещением смотровой и музея Москва Сити «Как устроен небоскреб»**

Во время экскурсии вы рассмотрите все небоскребы комплекса с разных точек. Подниметесь на 56-й этаж и восхититесь панорамным видом на Москву. Вы узнаете, какие инженерные решения и секреты хранят самые высокие здания столицы (1,5 часа)

- **Экскурсия в Храм Василия Блаженного «КАМЕННЫЙ ЦВЕТOK»**

Символ нашей страны и излюбленное место для всех туристов, но только на нашей уникальной экскурсии вы узнаете все подробности строительства храма. Каждая церковь собора имеет свою увлекательную историю (1,5 часа)

- **Экскурсия по фабричным корпусам с подъемом на крышу «Красный октябрь» 12+**

Узнайте секрет молодого немецкого бизнесмена, которому удалось организовать крупнейшую кондитерскую фабрику и удостоиться звания поставщика двора Его Императорского Величества. Красный кирпич и красивые готические узоры, своды Монье и рекламные кампании конца XIX века, кото-

рым позавидовали бы современные маркетологи (1,5 часа)

- **Экскурсия с плаванием «Бассейн “Чайка” - первая ласточка модернизма»**

На этой экскурсии мы поговорим об истории и любопытных фактах – пожалуй, самого атмосферного бассейна Москвы – легендарной «Чайки», ну и поплаваем, разумеется (2 часа)

- **Самая высокая смотровая площадка Европы! Экскурсия на 89 этаж Москва-Сити**

В башне Федерация открылась самая высокая смотровая площадка Европы! Впервые мы сможем изучить всю Москву сразу с высоты 89 этажа. Какую геометрию таит архитектура Москвы? Как изменилась панорама города за 100 лет? (1,5 часа)

- **«Сходить за водой» История московского водопровода**

Сейчас такие простые действия, как принятие душа, приготовление чая или стирка не вызывают у нас недоумения. Но представьте, насколько непросто приходилось нашим предкам добывать чистую и питьевую воду. Так продолжалось до конца 18 века. В 1804 году, после 25 лет строительства, первый водопровод Москвы пустил свежую и чистую воду из подручных вод реки Яузы. Но до современного удобства было еще очень далеко... (4 часа)

- **Осторожно, модерн! Главные вещи московской архитектуры начала XX века**

Вы увидите образцы русского национального модерна – особняк Перцовой и Марфо-Мариинскую обитель. Откроете для себя идеал “совокупного произведения искусств” в гостинице “Метрополь” (2,5 часа)

- **Экскурсия в Ажурный дом и Дом на ножках «Нетиповые жилые дома»**

Два выдающихся памятника архитектуры 20-го века, которые волею судеб оказались друг напротив друга на Беговой улице. Ажурный дом собран из крупных блоков, Дом на ножках – из панелей, но оба они превращают типовую технологию в произведение искусства. Как это удалось двум талантливым архитекторам – разбираемся на нашей экскурсии (1,5 часа)

*Полный список экскурсий смотрите на сайте проекта.*



**НИЦ строительство**  
научно-исследовательский центр

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО»



НИИСК  
ИМ. В.А. КВЧЕРЕНКО



НИИЖБ  
ИМ. А.А. ГВОЗДЕВА



НИИОСП  
ИМ. Н.М. ГЕРСЕВАНОВА

## АО «НИЦ «Строительство» приглашает на курсы повышения квалификации!

- Повышение квалификации в области инженерных изысканий, проектирования и строительства;
- Повышение квалификации по уникальным программам АО «НИЦ «Строительство»;
- Повышение квалификации по программам ЖКХ;
- Повышение квалификации «Государственные закупки в рамках Федеральной контрактной системы для обеспечения государственных и муниципальных нужд»;
- Программы повышения квалификации для экспертов;
- Возможна разработка индивидуальных программ обучения и учебно-тематических планов.

**По окончании курса выдается удостоверение о краткосрочном повышении квалификации и (или) квалификационный аттестат.**

Формы обучения:

- очные курсы повышения квалификации (с отрывом от производства);
- заочные курсы повышения квалификации (без отрыва от производства);
- дистанционные курсы повышения квалификации с использованием современных компьютерных технологий, (без отрыва от производства).

**АО «НИЦ «Строительство» осуществляет подготовку научных кадров высшей квалификации. Приглашаем в нашу аспирантуру и докторантуру!**

**В АО «НИЦ «Строительство» работает совет по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 303.020.02!**

Соискание ученых степеней возможно по следующим направленностям (специальностям):

- 05.23.01 — Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки),
- 05.23.02 — Основания и фундаменты, подземные сооружения (технические науки),
- 05.23.05 — Строительные материалы и изделия (технические науки).

**АО «НИЦ «Строительство» имеет бессрочную лицензию на право ведения образовательной деятельности.**

**Контакты:**  
Смирнова Екатерина Григорьевна,  
начальник отдела подготовки кадров,  
тел.: +7 (499) 174-73-84;  
e-mail: smirnova@cstroy.ru, cool.opk2012@yandex.ru



St. Petersburg, 1-6 July, 2019



# 16 WCSI | 16th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures



TSNIISK

NAMED AFTER V.A. KOUCHERENKO



RESEARCH CENTER  
OF CONSTRUCTION

Joint Stock Company

