

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ им. Н.И.САНОВА**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Б.Н.ЕЛЬЦИНА**

Диссертационный совет Д 05.17.553

На правах рукописи
УДК 699.841

Шамшиев Нурлан Усенбекович

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИХ
ОПОРНЫХ УСТРОЙСТВ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И МОСТОВ**

05.23.11 – проектирование и строительство дорог, метрополитенов,
аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

05.23.17 – строительная механика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

БИШКЕК – 2019

Работа выполнена на кафедрах «Автомобильные, железные дороги, мосты и тоннели», «Механика» и в научно-исследовательском институте «Сейсмостойкое строительство» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры имени Н.Исанова.

Научные руководители: доктор технических наук, профессор
Кутуев Мукамедий Дадиевич, профессор
кафедры «Механика» КГУСТА им. Н.Исанова

кандидат технических наук, доцент
Апсеметов Мухтар Чуканович, профессор
кафедры «Автомобильные, железные дороги,
мосты и тоннели» КГУСТА им. Н.Исанова

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Маруфий Адылжан Таджимухамедович,
профессор кафедры «Прикладная механика»
ОшТУ им. М.М.Адышева

кандидат технических наук, доцент
Алыкулов Кошойбек Калманбетович, менеджер
компании «China Road and Bridge Corporation»

Ведущая организация: Открытое акционерное общество «Промпроект»,
по адресу: 720001, г.Бишкек, проспект Чуй, 219

Защита состоится «28» февраля 2019 г. в «16:00» часов на заседании диссертационного совета Д 05.17.553 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н.Ельцина по адресу: 720020, г.Бишкек, ул. Малдыбаева, 34-б., ауд. 1/101, www.ksucta.kg.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова по адресу: 720020, г.Бишкек, ул. Малдыбаева, 34-б.

Автореферат разослан « » 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 05.17.553,
к.т.н., доцент



Н.Ж.Маданбеков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Районы с сейсмической активностью от шести до девяти баллов составляют одну пятую часть территории СНГ, что равно площади почти всех стран Европы. Сейсмоопасные районы имеются в 11 бывших союзных республиках, в том числе и в Кыргызской Республике. Вся территория Кыргызстана относится к сейсмически опасным районам, интенсивностью 7, 8, 9 и более баллов.

На территории с сейсмичностью 7...9 и более баллов расположены крупные культурные и промышленные центры, многочисленные города и населенные пункты. Вся эта сравнительно густонаселенная часть мира подвержена землетрясениям, которые сопровождаются разрушениями несейсмостойких зданий и сооружений, гибелью людей и уничтожением материальных и культурных ценностей, накопленных трудом многих поколений. В эпицентральных зонах таких землетрясений нередко нарушается нормальное функционирование промышленности, транспорта, электроснабжения и др., что ведет к значительному материальному ущербу.

Создание сейсмостойких конструкций зданий, сооружений и защита их от землетрясений уменьшают человеческие жертвы и материальный ущерб. Разработка конструкций сейсмоизолирующих опорных устройств зданий и сооружений, которые снизили бы сейсмические воздействия на них, и методов их расчета являются **актуальной проблемой**.

Связь темы диссертации с крупными научными программами. Работа выполнялась в рамках плановой научно-исследовательской тематики НИИ «Сейсмостойкое строительство» КГУСТА: «Разработка и внедрение в практику сейсмостойкого строительства новых экономичных и надежных систем сейсмозащиты».

Целью диссертационной работы является повышение сейсмостойкости зданий и мостов за счет снижения сейсмических сил путем оптимизации сейсмоизолирующих конструкций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи исследования**:

- провести ретроспективный анализ научно-технических отчетов и литературы;
- оптимизировать конструкции сейсмоизолирующих опорных устройств из упругого, пластичного и антифрикционного материалов для снижения сейсмических сил на сооружения;
- натурный эксперимент колебания зданий и моста при взрыве для создания естественной плотины;
- экспериментальные исследования модели с сейсмоизолирующими скользящими опорными устройствами;
- разработать методы расчета сооружений с оптимальными сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмические воздействия.

Методы исследования. Теоретические исследования проведены методами строительной механики, экспериментальные исследования проводилось на сейсмоплатформе Научно-исследовательского института «Сейсмостойкое строительство» КГУСТА и при взрыве на ГЭС «Камбар-Ата - 2» с использованием измерительно-регистрирующей аппаратуры.

Научная новизна полученных результатов.

По специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей:

1) разработаны и оптимизированы конструкции сейсмоизолирующих опорных устройств из резины и стали, свинца и стали, фторополимера и стали для снижения сейсмических воздействий на мостовые сооружения (патенты КР №80, 2007г.; №81, № 1011, 2008г.).

2) определено влияние сейсмоизолирующего опорного устройства (валковой опорной части) на колебание пролетного строения моста через реку Нарын на 318 км автомобильной дороги Бишкек-Ош.

По специальности 05.23.17 – Строительная механика:

3) разработана методика расчета, позволяющая определить оптимальные параметры сейсмоизолирующих опор;

4) получена эмпирическая формула для расчета малоэтажных зданий и мостов с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмостойкость.

Практическая значимость полученных результатов.

По специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей:

– оптимизированы надежные и технологичные конструкции сейсмоизолирующих опор из упругого, пластичного и антифрикционного материалов, снижающие сейсмическую нагрузку на надземную часть зданий и мостов. Результаты исследований внедрены на следующих предприятиях: УКС мэрии г.Бишкек, НИИ «Сейсмостойкое строительство» КГУСТА им. Н.Исанова и в учебный процесс КГУСТА им. Н.Исанова для студентов специальностей ПГС, ПЗ и СГУ.

По специальности 05.23.17 – Строительная механика:

– разработана методика расчета и эмпирическая формула для расчета сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмические воздействия, которая использована при проектировании производственных зданий и мостов для сейсмических районов;

– применение разработанных конструкций снижает расчетную сейсмическую нагрузку в 2 - 3 раза, а это значит, что сейсмичность площадки строительства снижается на 1-1,5 балла.

Экономическая значимость полученных результатов.

– экономический эффект при снижении сейсмического воздействия составляет 25-30 %.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

По специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей:

– оптимизированная конструкция сейсмоизолирующей опоры из резины и стали;

- оптимизированная конструкция сейсмоизолирующей опоры из свинца и стали;
- оптимизированная конструкция сейсмоизолирующей опоры из фторополимера и стали;
- результаты экспериментальных исследований модели здания с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сеймоплатформе и натурного испытания моста при направленном взрыве для создания естественной плотины на ГЭС «Камбар-Ата -2»;

По специальности 05.23.17 – Строительная механика:

- разработанная методика расчета, позволяющая определить оптимальные параметры сейсмоизолирующих опор;
- полученная эмпирическая формула для расчета сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмические воздействия.

Личный вклад соискателя:

- теоретическое исследование работы конструкций с сейсмоизолирующими опорными устройствами выполнено автором;
- экспериментальное исследование работы модели сооружения выполнено автором;
- конструкции оптимальных сейсмоизолирующих опорных устройств разработаны совместно с соавторами;
- методика расчета, позволяющая определить оптимальные параметры сейсмоизолирующих опор, разработана автором;
- эмпирическая формула коэффициента сейсмоизоляции для расчета сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмостойкость получена совместно с соавторами.

Результаты диссертаций доложены на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и студентов КГУСТА, 2008-2013 гг.; ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и студентов КРСУ, 2008-2013 гг.; научно-практической конференции «Сейсмостойкость зданий и сооружений», Алматы, КазНИИССА, 2007г.; 7-м казахстанско-китайском Международном симпозиуме «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска в Центральной Азии», Алматы, 2010 г.; 5-м Международном симпозиуме «Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов», Бишкек, 2011г.; 1-й Международной межвузовской научно-практической конференции-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения», Бишкек, 2013г.; на семинарах кафедр «Механика», «Проектирование, возведение зданий и сейсмостойкое строительство», «Автомобильные дороги, мосты и тоннели» КГУСТА.

Опубликованные результаты. Материалы диссертации опубликованы в 22 работах, в том числе 3 патента на изобретение, 5 статей в зарубежных изданиях, индексируемых системой РИНЦ, 1 монография.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, 5 глав, основные выводы и приложения. Текстовая часть изложена на 169 страницах машинописного текста, содержит 57 рисунков, 15 таблиц и включает список литературы из 201 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *введении* обосновывается актуальность работы и дается ее краткая характеристика.

В *первой главе* приведен анализ состояния сейсмоизоляции зданий и сооружений и сформулированы задачи исследования.

Вопросы сейсмостойкости зданий и сооружений получили широкое развитие в работах А.Х.Абдужабарова, М.К.Абдыбалиева, Я.М.Айзенберга, М.Ч.Апсетева, У.Т. Бегалиева, В.А.Быховского, В.В.Болотина, А.Б.Гроссмана, Т.Ж.Жунусова, К.С.Завриева, М.Д.Кутуева, В.А.Киселева, Ю.Г.Козмина, А.Д.Коновалова, Г.Н.Карцивадзе, И.Л.Корчинского, А.Ш.Килимника, А.Г.Назарова, А.А.Никитина, Ш.Г.Напетваридзе, Т.Ормонбекова, С.В.Полякова, Т.Р.Рашидова, Л.Л.Солдатовой, Ж.М.Токтонасарова, М.М.Уздина, Ю.Д.Черепинского, В.П.Чуднецова и др. За рубежом эти вопросы рассмотрены в работах М. Био, Н.Ньюмарка, Ж.Окомото, Э.Розенблюта, Дж.Хаузнера и др.

Идея сейсмоизоляции зданий и сооружений от разрушительных последствий сильных землетрясений восходит к древним и средним векам.

История свидетельствует, что в VI веке до нашей эры в Эфесе для строительства одного из семи чудес света, храма Артемиды, Херсифрон выбрал болотистое место, устроив искусственное основание из древесного угля и армировав его шерстью, и этим обеспечил сейсмостойкость храма. С целью снижения сейсмического воздействия на сооружения в III-VII вв. некоторые монументальные сооружения Средней Азии строились на песчаных подушках, в X-XII вв. – на подушках из чистой глины, в цокольной части стен прокладывались мягкие камышовые прослойки. Работоспособность их использования проверялась на основе результатов инженерного анализа последствий землетрясений. Так, при землетрясении в Ассане (Индия) сооружения, у которых надземная часть конструкций в целом свободно перемещалась по основанию, пострадали незначительно по сравнению с сооружениями, у которых надземная часть была жестко закреплена в основании.

Одним из направлений сейсмоизоляции, получившим довольно широкое распространение в Японии, Англии, Франции, США и Новой Зеландии, является использование упругих материалов, т.е. резинометаллических опор, устанавливаемых между несущими конструкциями здания и фундаментом. Для предотвращения чрезмерной осадки зданий под нагрузкой от собственного веса опоры выполняют жесткими в вертикальной плоскости. Испытания экспериментальных зданий с такими опорами на вибрационные нагрузки, подвергавшихся воздействию землетрясения, при котором амплитуда

колебаний грунта достигала 20 мм, показали, что внутри здания не было обнаружено никаких повреждений, предметы и инженерное оборудование не перемещались, хотя при этом зарегистрированы значительные деформации сейсмоизолирующих опор.

Применение материалов, обладающих свойством низкого коэффициента трения, в качестве элемента сейсмоизолирующих устройств исследовано в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Казахском ПромстройНИИ проекте совместно с Фрунзенским политехническим институтом. В результате в г.Бишкеке было построено несколько зданий и проведены их комплексные натурные статические и вибрационные испытания, которые показали эффективность применения таких материалов.

В нашей республике широко используются сейсмоизолирующие скользящие пояса. Например, в г. Бишкеке построен целый 12-й микрорайон из девятиэтажных крупнопанельных зданий с сейсмоизолирующими скользящими поясами. Построены мосты с резинометаллическими опорными частями и скользящими поясами на уровне фундамента и подферменной плиты.

Повышение надежности сейсмоизолирующих опорных устройств для сооружений требует совершенствования их конструкций. Необходимо оптимизировать комбинированные конструкции сейсмоизолирующих опор из резины и стали, из свинца и стали, фторополимера и стали, а также разработать методику их расчета, устанавливающие оптимальные параметры этих опор, позволяющие снизить сейсмическую силу, передаваемую на надземную часть сооружения.

Эти вопросы и явились предметом исследования настоящей диссертации.

Во второй главе представлены оптимальные конструкции сейсмоизолирующих опор из скользящего, упругого и пластичного материалов.

Оптимизация строительных конструкций в настоящее время является актуальной проблемой. Долгое время величины, характеризующие сейсмическое воздействие, например, горизонтальное ускорение грунта, представлялись в виде некоторых вполне заданных функций времени. Было предложено немало аналитических выражений для таких функций, но они не имели ничего общего с реальными акселерограммами землетрясений, носящими хаотический характер. Сейсмическое воздействие носит случайный характер, и в основу теории сейсмостойкости положены методы теории вероятности и математической статистики. Имеется ряд исследований по составлению вероятностных математических моделей сейсмических воздействий учеными, например, Я.М.Айзенбергом, А.М.Жаровым, В.Т.Рассказовским, М.Д.Кутуевым и др.

В настоящее время в литературе говорят о методе «средних спектров», основанном на результатах обработки всех сильных землетрясений, происходивших в данном регионе. Применение этого метода возможно только при полной сейсмологической информации. При неполной сейсмологической информации для инженерных расчетов удобна и проста модель, предложенная Я.М.Айзенбергом. Основные специфические особенности этой модели заключаются в следующем: сейсмологические воздействия представлены как

множество процессов, занимающих определенную область частот. Другая важная особенность модели заключается в том, что все расчетные параметры каждого из ее элементов выражаются как простые функции доминантной частоты. Модель отражает разнообразие доминантных частот, спектров и других характеристик землетрясений, зарегистрированных в прошлом, и позволяет прогнозировать вероятные в будущем землетрясения.

Мосты в настоящее время в проектных организациях рассчитываются на сейсмическое воздействие в основном по нормативным документам. Эти нормативные расчеты – это расчеты на сравнительно слабые землетрясения, т.е. на землетрясения интенсивностью на 1,5 – 2,5 балла ниже максимально возможной интенсивности, которая определяет сейсмичность района. Это подтверждается хотя бы тем, что расчетные ускорения, определенные по СНиП II-7-81*, в 4-5 раз меньше реально наблюдающихся ускорений при землетрясениях соответствующей балльности. Но опыт землетрясений показывает, что в большинстве случаев мосты, запроектированные и построенные по инженерным нормам, вполне удовлетворительно выдерживают колебания соответствующей расчетной интенсивности. Это объясняется тем, что расчет производится в упругой стадии на слабые, но частые землетрясения. При этом не учитываются неупругие деформации, трещины и локальные повреждения, которые могут возникнуть при сильных землетрясениях, а также другие резервы, позволяющие сооружениям приспособиться к сейсмическим воздействиям.

Есть много конструкций зданий с выключающимися и включающимися связями, которые в процессе землетрясения приспособляются к сейсмическим воздействиям, уходя от резонансной зоны, допуская частичное разрушение несущих элементов (панели, узлы и др.), а в мостах – сдвиг опорных частей.

В мостах такое частное разрушение некоторых элементов недопустимо, так как все их элементы связаны основной нагрузкой. Поэтому необходимо применять специальные конструкции опор или опорных частей, в которых во время землетрясения изменяются параметры системы, приспособляющиеся к сейсмическим воздействиям, уходя от резонансной зоны.

Существуют различные пути сейсмоизоляции автодорожных мостов, например, сейсмоизоляция опор на уровне фундамента и на уровне подферменной площадки. Экспериментально установлено, что при периодах собственного колебания опоры $T > 0,5$ сек сейсмопопояс на уровне фундамента практически не работает, поэтому сейсмоизоляция гибких опор на уровне фундамента не эффективна.

В настоящее время в балочных мостах в основном применяются гибкие опоры, в связи с этим уточнение сейсмических нагрузок, характера их действия с учетом региональных особенностей и конструктивное снижение сейсмических сил на такие опоры является актуальным. Снижение сейсмических сил на такие опоры достигается оптимизацией их конструкций или сейсмоизолирующих опорных частей.

Сейсмические воздействия бывают различные по спектральным составам. Воздействия высокочастотных землетрясений существенно не влияют на разрушение гибких опор, так как преобладающие доминантные частоты землетрясений далеки от резонансной зоны. А воздействия низкочастотных землетрясений могут привести к разрушению гибких опор за счет совпадения частот собственных колебаний опоры с доминантной частотой землетрясений. Это подтверждается разрушением каркасных зданий при землетрясениях.

На рис.1 показана конструкция опоры балочного моста. Эту конструкцию можно применить для гибких опор в сейсмических районах.

В обычных условиях эксплуатации подферменная плита 4 ничем не нарушает работы неподвижных опорных частей 15, так как тормозные силы действуют только в продольном направлении, а фиксатор 8 в связи с обеспечением горизонтального перемещения только в поперечном направлении моста препятствует перемещению подферменной плиты 4 относительно оголовка 2 тела 1 опоры.

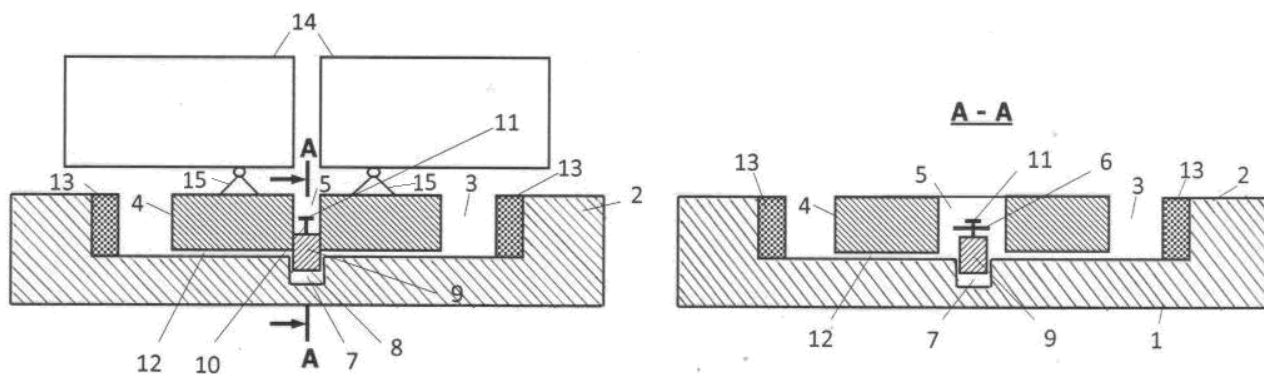


Рис.1. Конструкция балочного моста:

- 1 – тело опоры; 2 – оголовок опоры; 3 – ниша; 4 – подферменная плита;
 5 – сквозное отверстие; 6 – пластинчатые выступы; 7 – вертикальная прорезь;
 8 – фиксатор; 9 – вертикальный элемент; 10 – стержень; 11 – фиксирующая
 пластина; 12 - антифрикционная прокладка; 13 – демпфирующая прокладка;
 14 – пролетное строение.

При землетрясении в продольном направлении первыми воздействуют на опору продольные сейсмические волны меньшей интенсивности, в этом случае опора и подферменная плита 4 колеблются вместе как одно целое тело, с приходом более интенсивной поперечной волны тело 1 опоры одновременно воспринимает воздействие в поперечном направлении, что приводит к скольжению подферменной плиты 4 относительно оголовка 2 тела 1 опоры, при этом стержень 10 с фиксирующей пластиной 11 выходят с границы пластинчатых выступов 6, под действием собственного веса вертикальный элемент 9 опускается вниз в прорезь 7 и обеспечивает полную изоляцию пролетного строения 14 от продольных сейсмических воздействий. Шириной пластинчатых выступов 6 можно регулировать амплитуду, при которой выключается продольная связь пролетного строения 14 и тела 1 опоры.

Оголовки 2 опоры после опускания элемента 9 может свободно перемещаться относительно подферменной плиты 4 по антифрикционным прокладкам 12 в обоих направлениях. В случае превышения амплитудой колебаний предусмотренного зазора между плитой 4 и внутренней поверхностью стенок ниши 3 произойдет смягченный демпфирующей прокладкой 13 удар об оголовки 2 опоры на исходе колебания.

Конструкция опоры балочного моста позволяет повышать надежность моста одновременно за счет увеличения сопротивляемости моста тормозным силам и изоляции массы пролетных строений во время землетрясения.

При неполной сейсмологической информации сейсмическое воздействие на эту конструкцию представим как множество M_{ϕ_j} процессов, определенных на множестве несущих частот $\omega_{\min} < \varpi < \omega_{\max}$, каждый из этих процессов считается физически возможным. Необходимо в условиях такой неполноты сейсмологической информации отыскать оптимальные сейсмические нагрузки на конструкцию. В качестве критерия оптимальной системы будет рассматриваться среднеквадратическая реакция S_j системы начального состояния (НС) и предельного состояния (ПС). В этом случае можно воспользоваться множеством M_{S_j} среднеквадратических спектров максимальной реакции, соответствующих множеству M_{ϕ_j} сейсмических воздействий Φ_j . В качестве расчетного спектра из условия оптимальности берем минимум из максимального значения среднеквадратической реакции.

$$S = \min(\max S_n \text{ или } S_p), \quad (1)$$

где S_n - сейсмическая реакция системы при периоде $T = T_n$; S_p - сейсмическая реакция системы при периоде $T = T_p$; T_n - период в начальном состоянии; T_p - период в предельном состоянии.

Дисперсия спектрального коэффициента определяется как

$$\sigma_{\xi_j}^2 = \frac{\sigma_{x_j}^2}{\sigma_{\phi_j}^2}; \quad (2)$$

где $\sigma_{x_j}^2$ - дисперсия процесса на выходе линейного осциллятора; $\sigma_{\phi_j}^2$ - дисперсия процесса на входе расчетного множества M_{ϕ_j} .

Тогда, среднеквадратичные спектральные коэффициенты динамичности определяются по формуле

$$\xi_j = \sqrt{\sigma_{\xi_j}^2}, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

где j - число принятых дискретных расчетных воздействий $\Phi(t, \varpi_j)$ - элементов расчетного множества M_{ϕ_j} .

Среднеквадратическое значение максимума сейсмической силы, действующей на линейный осциллятор, определяется:

$$S_j = m\ddot{x}_{\Phi_j}\xi_j = \frac{\ddot{x}_j}{g} \cdot \xi_j \cdot Q = K_c \cdot \xi_j \cdot Q; \quad (4)$$

где $\ddot{x}_{\Phi_j} = \sqrt{\sigma_{\Phi_j}^2}$, m и Q - масса и вес осциллятора.

На рис.2 приведены графики спектрального коэффициента динамичности, определенные по формулам (2) и (3), с соответствующим элементом множества M_{Φ_j} сейсмических процессов Φ_j , показателем случайного процесса

$$\theta = \frac{\alpha_i}{\varpi_c} = 0,5,$$

где α_i и ϖ_c - параметры корреляционной функции случайного процесса.

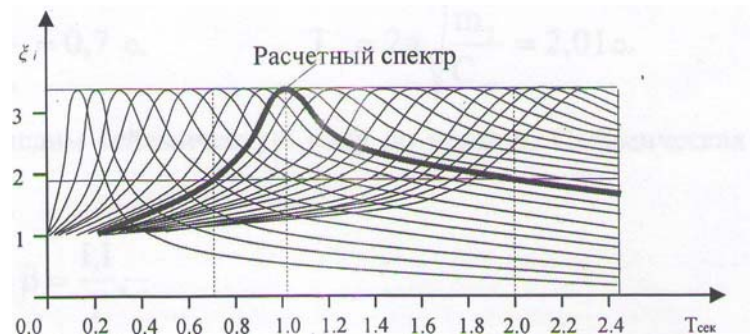


Рис.2. График спектрального коэффициента динамичности

Покажем конкретный пример для графика на рис.2.

Пример: оптимизировать сейсмическую нагрузку для опоры балочного моста на рис.1. За начальное состояние принимаем, когда штырь опускается, и опора изолируется от массы пролетного строения. За предельное состояние принимаем, когда амплитуда колебания превышает величину зазора и опора включается к пролетному строению.

Периоды собственных колебаний опоры будут для двух состояний T_n и T_n соответственно. Расчетную схему принимаем в виде линейного осциллятора с одной степенью свободы. Сосредоточенная масса $m_2 = m_1 + m_{пр}$, где $m_{пр}$ - масса пролетного строения, m_1 - расчетная масса опоры, m_2 - принимается для предельной системы. На рис. 3 представлены расчетные схемы для начального и предельного состояний.

Определяем периоды собственных колебаний опоры для начальной и предельной системы по формулам:

$$T_n = 2\pi\sqrt{m_1\delta} \text{ и } T_n = 2\pi\sqrt{m_2\delta}, \quad \delta = \frac{H^3}{3EJ}, \quad C_{оп} = \frac{1}{\delta},$$

где δ - перемещение системы от единичной силы, H - высота опоры, EJ - постоянная, характеризующая жесткость сечения, $C_{оп}$ - жесткость опоры.

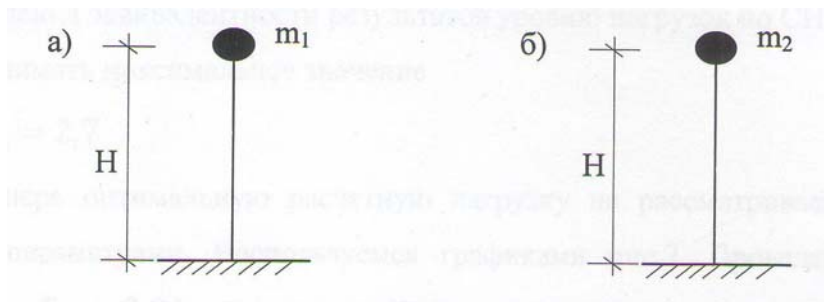


Рис.3. Расчетная схема:
а) начальное состояние; б) предельное состояние

Для наглядного примера принимаем численные значения:

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{C_{оп}}} = 0,8 \text{ сек}, T_n = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{C_{оп}}} = 2,0 \text{ сек}.$$

Сначала вычислим сейсмическую силу по нормам. Сейсмическая сила определяется по формуле:

$$S = mg \cdot k \cdot \beta, \quad \beta = \frac{1,1}{T}, \text{ где } m - \text{ масса линейного осциллятора; } g -$$

ускорение силы тяжести; k - коэффициент, принимаемый 0,025; 0,05; 0,1 для 7, 8, 9 баллов соответственно; β - коэффициент динамичности.

Для 9 баллов сейсмические силы будут равны:

$$S_n = m_1 \cdot g \cdot k \cdot \beta_n = 25919 \text{ Н}, S_n = m_2 \cdot g \cdot k \cdot \beta_n = 90017 \text{ Н}.$$

Применим графики рис.2. Каждому фиксированному $S_p = S(T)$ соответствует расчетный спектр элемента множества M_{S_j} . Условием минимума принимаем минимум максимального значения среднеквадратичной реакции в любом из двух состояний системы. Можно показать, что условию (1) отвечает такой спектр коэффициента динамичности ξ_i , для которого выполняется условие:

$$\xi(T_n) = \xi(T_n), \quad (5)$$

т.е. условие равенства значений среднеквадратических спектральных коэффициентов динамичности системы в начальном и предельном состоянии, если $\xi(T_n) = \xi_p$.

Для наблюдения эквивалентности результатов уровню нагрузок по СНиП II-7-81 для мостов будем принимать максимальное значение: $\bar{\xi}_{max} = \beta_{max} = 2,8$.

Найдем теперь оптимальную расчетную нагрузку на рассматриваемую систему с изменяющимися параметрами. Воспользуемся графиками рис.2. Проведем две прямые:

$$T = T_n = 0,8 \text{ сек}, T = T_n = 2,0 \text{ сек}. \text{ По условию (5) в данном примере:}$$

$$\xi(0,8 \text{ сек}) = \xi(2,0 \text{ сек}).$$

Замечаем, что такому условию соответствует спектр коэффициента динамичности с доминантным периодом $T = 1,0$ сек (см. рис.2). Этот спектр и принимаем в качестве расчетного. Определяем величину ξ_p из пропорции:

$$\frac{\xi_p}{2,8} = \frac{\beta(2,0 \text{ сек})}{\beta(1,0 \text{ сек})}, \quad \text{где} \quad \frac{\beta(2,0 \text{ сек})}{\beta(1,0 \text{ сек})} = \frac{1,7}{3,5} = 0,49, \quad \text{откуда}$$

$$\xi_p = \beta_n = 2,8 \cdot 0,49 \approx 1,37 \text{ и}$$

$$S_p = 0,1 \cdot \xi_p \cdot m_1 \cdot g = 0,1 \cdot 1,37 \cdot 16530 \cdot 9,8 = 22193 \text{ Н}.$$

В качестве расчетной нагрузки берем $S_p = 22193 \text{ Н}$.

Из примера видно, что расчетная сейсмическая нагрузка уменьшается оптимизацией конструкции опорной части.

В третьей главе рассматриваются экспериментальные исследования работы сооружения с сейсмоизолирующими опорными устройствами при сейсмическом воздействии.

Проведены два эксперимента:

1. Экспериментальное исследование на сейсмоплатформе модели дома «сокмо».
2. Экспериментальное исследование модели сооружения с сейсмоизоляцией сухим трением антифрикционной прокладки на сейсмоплатформе КГУСТА.

Сейсмическое воздействие моделируется сейсмоплатформой с частотой от 1 – 10 Гц, а модели сооружений подбираются из условия равенства периодов собственных колебаний модели и реальных сооружений жесткого типа, т.е. $T < 0,5$ сек.

Для возведения модели дома методом «сокмо» использовали опалубки высотой 70см, которые заполнялись выдержанным до достижения нужной консистенции глиняным раствором без заполнителей. Размеры модели дома в плане $2,5 \times 3,5$ м (рис.4 – 6).

Для регистрации вынужденных колебаний на модели дома в двух точках (на сейсмоплатформе и на уровне покрытия) была установлена цифровая аппаратура GeoSIG с акселерометром Guralp CMG-5T. Схема установки приборов показана на рис.7.

Регистрация записи ускорений производилась цифровыми приборами GeoSIG по трем направлениям: вертикальное – Z, горизонтальные X – восток-запад и Y – север-юг.

Таким образом, по результатам проведенного эксперимента можно сделать следующий вывод. Испытание модели дома «сокмо» показывает, что величина ускорения оказалась в пределах 185 см/сек^2 (рис.8), что соответствует 8 баллам согласно рис.9 и по шкале MSK-64.

Кроме того, визуальный осмотр после испытания на сейсмоплатформе показал, что модель дома имеет значительные повреждения на уровне оконной перемычки и трещины.



Рис.4. Фрагмент стены здания



Рис.5. Завершенный вид здания



Рис.6. После испытания здания

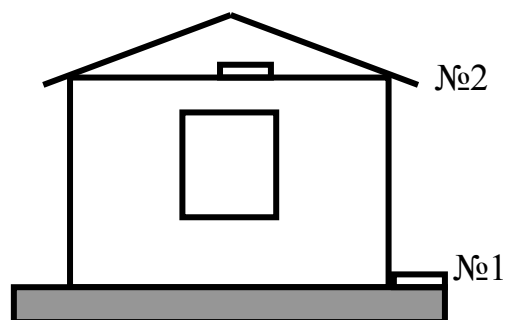


Рис.7. Схема расположения приборов:

№1 – сеймоплатформа;

№2 – уровень покрытия



Рис.8. Запись интенсивности (балльности) колебаний виброплатформы модели дома «сокмо». Разрушение соответствует ускорению 185 см/с²

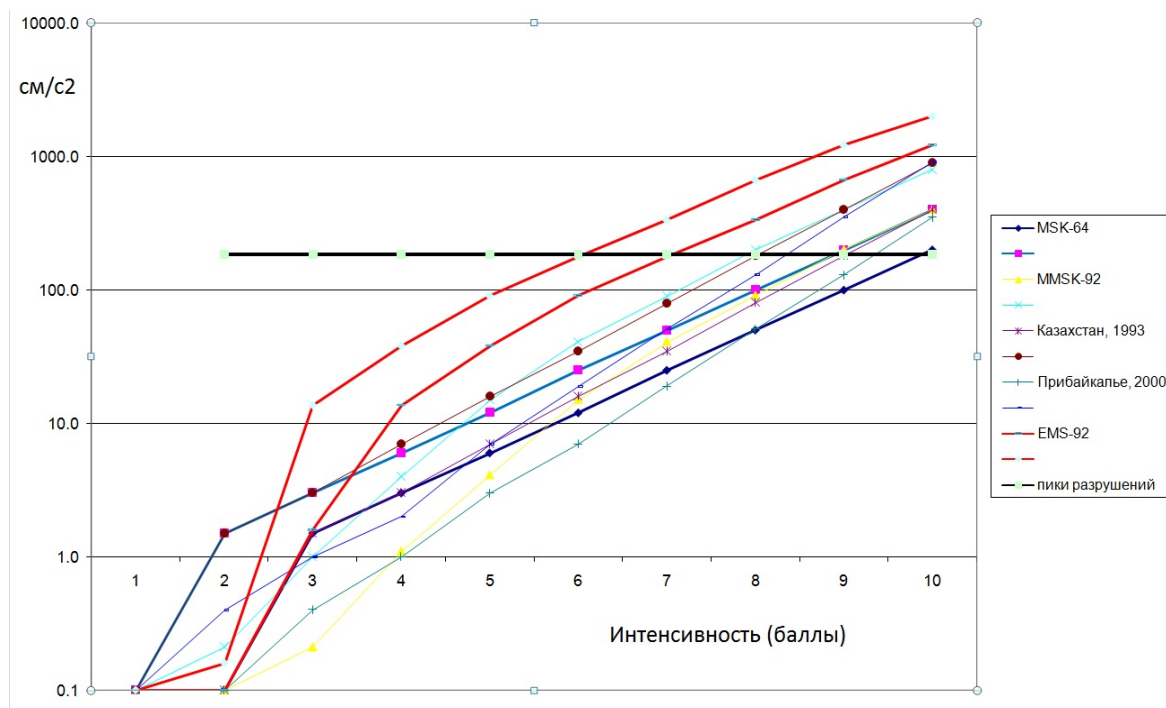


Рис.9. Величина интенсивности (балльности) колебаний виброплатформы 185 см/с² на модели дома «сокмо» в различных шкалах сейсмической интенсивности

При втором экспериментальном исследовании работы сооружения с сейсмоизоляцией из антифрикционной прокладки на сейсмоплатформе КГУСТА, сейсмическое воздействие моделировалось гармоническим воздействием сейсмоплатформы с частотой до 10 гц и ускорением до 1000 см/с². Ускорение 1000 см/с² соответствует землетрясению силой 10 баллов по шкале MSK-64. Основной целью данного экспериментального исследования являлось установление общих закономерностей сейсмических колебаний сооружений, имеющих сейсмоизолирующие опоры (скользящие пояса, упругие опоры, валковые опоры) и изучение перспективности разработанных конструкций в зависимости от их конструктивных особенностей, характера и интенсивности колебаний основания. Эффективность сейсмоизолирующих опорных устройств оценивалась по величине уменьшения ускорений, возникающих в изолированной части сооружения. Разработанные автором конструкции сейсмоизолирующих опор входят в вышеперечисленные виды сейсмоизоляции (патенты КР № 80, 2007г.; № 81, 2008г.).

Для измерения перемещений использовались сейсмометры ВБП-3, СМ-3, а для измерения ускорений – ОСП. Регистрация сигналов осуществлялась осциллографами НО41У4.2.

Основные параметры модели: период собственных колебаний модели T_0 , коэффициент трения скользящих опор $f_{тр}$ и период вынужденных колебаний T , характеризующих подобие, приняты в диапазоне их измерения в реальных сооружениях (зданиях и мостах).

В процессе эксперимента определялись ускорения колебания и уменьшение ускорения сооружения. Конечным результатом исследования является определение коэффициента сейсмоизоляции K_{ci} , который равен отношению ускорения сооружения \ddot{A} к ускорению сейсмического воздействия \ddot{A}_0

$$K_{ci} = \frac{\ddot{A}}{\ddot{A}_0} \quad (6)$$

В результате обработки экспериментальных данных построен экспериментальный усредненный график коэффициента сейсмоизоляции (кривая 2 на рис.10). Методом наименьших квадратов по данным экспериментальных исследований получена эмпирическая формула коэффициента сейсмоизоляции K_{ci} для сооружений с сейсмоизолирующим скользящим поясом из стали и фторопласта с коэффициентом трения $f_{тр}=0,04$ (кривая 1 на рис.10).

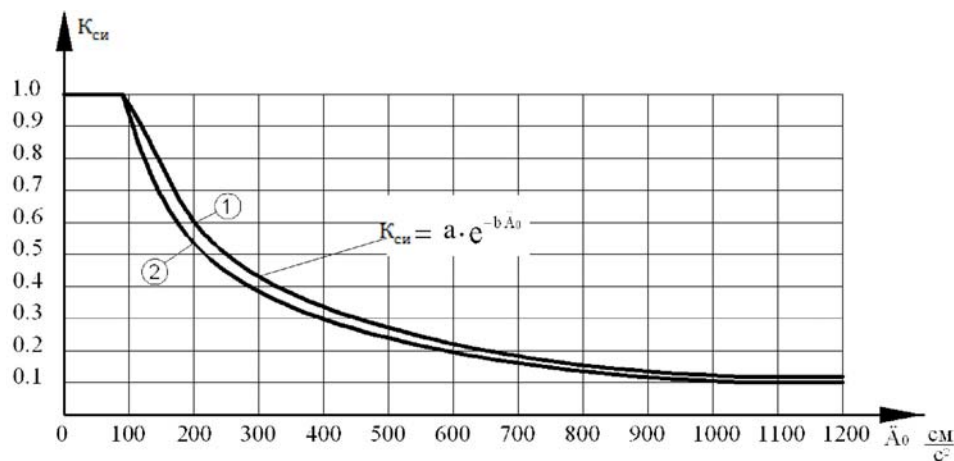


Рис. 10. График коэффициента сейсмоизоляции сооружений:
1 – эмпирическая кривая по формуле (3); 2 – экспериментальная кривая.

Из рис.10 видно, что чем больше воздействие \ddot{A}_0 , тем эффективнее снижается сейсмическое воздействие на сооружения. По нашему мнению, это объясняется тем, что при увеличении ускорения \ddot{A}_0 уменьшается динамический коэффициент трения фторопласта по металлу. Поэтому снижается коэффициент сейсмоизоляции K_{ci} , а значит и ускорение сооружения

$$\ddot{A} = K_{ci} \cdot \ddot{A}_0 \quad (7)$$

Эмпирическую формулу кривой 1 на рис.10 ищем в виде:

$$K_{ci} = a \cdot e^{-b \ddot{A}_0} \quad (8)$$

причем $K_{ci} = 1$ при $0 \leq \ddot{A}_0 \leq 90 \text{ см/с}^2$, $K_{ci} = 0,1$ при $\ddot{A}_0 > 1100 \text{ см/с}^2$, а в промежуточных значениях \ddot{A}_0 , K_{ci} определяются по предложенной формуле.

Коэффициенты a и b зависят от конструкции скользящего пояса. Например, для фторопласта с металлом они равны: $a = 1,2238$, $b = 0,0025$ соответственно.

В четвертой главе рассмотрены анализ состояния зданий и сооружений при крупномасштабном взрыве по созданию плотины Камбар-Атинской ГЭС-2 и натурное экспериментальное исследование работы пролетного строения моста с сейсмоизоляцией валковой опорной части при взрыве на ГЭС Камбар-Ата-2.

Большой Камбаратинский взрыв являлся источником сейсмических волн, которые регистрировались сейсмическими станциями многих стран мира. Как сейсмическое событие, он характеризуется магнитудой по объемным волнам около 5. Согласно СНиП КР 20-02:2009 данный регион находится в 9 балльной зоне ожидаемых землетрясений. Естественно, что сейсмические волны от столь мощного сейсмического источника могли вызвать повреждения промышленных сооружений, жилых и административных зданий, находящихся в регионе производства взрыва. Для определения последствий сейсмического действия взрыва на эти объекты до и после взрыва был проведен инженерный анализ состояния сооружений. Работа выполнялась в соответствии с «Методическими рекомендациями по инженерному анализу последствий землетрясений», разработанными ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, которые включают анализ инструментальной информации о параметрах колебаний сооружений и грунта. Регистрация сейсмограмм велась в девяти сеймопунктах, размещенных в зоне до 5 км от эпицентра взрыва. Согласно шкале MSK-64 тип А – это дома из кирпича-сырца и глинобитные дома, тип Б – кирпичные дома, тип В – каркасные железобетонные сооружения. Обследование вышеперечисленных объектов показало, что после взрыва в них не было обнаружено повреждений, отслаивания штукатурки, трещин и волосяных трещин в стенах и фундаменте. Следовательно, согласно классификации повреждений по шкале MSK-64 степень повреждения оказалась менее 1. Таким образом, сейсмическое действие взрыва не причинило ущерба ни сооружениям ГЭС, ни общественным и административным зданиям региона, ни массовой жилой застройке региона, прилегающего к строительной площадке ГЭС.

При натурном исследовании пролетного строения моста с сейсмоизоляцией валковой опорной части сейсмическое воздействие моделировалось взрывом на ГЭС Камбар-Ата-2. Для изучения взрыва использована переносная сейсмометрическая станция КГУСТА.

Целью натурального эксперимента является определение влияния валковой опорной части на колебание пролетного строения моста при взрыве.

Мост расположен на 318 км автодороги Бишкек – Ош. Расстояние от места взрыва до моста составляет 3,5 км. Мост шестипролетный, разрезные пролетные строения из железобетона, длина моста 206,8 м.

Береговые пролеты длиной 16,76 м – балки таврового сечения из обычного железобетона.

Промежуточные пролетные строения длиной 43,2 м – балки таврового сечения из составных блоков, натянутые из предварительно напряженной арматуры В-II.

Габарит моста – 9 м с двумя тротуарными полосами по 1,0 м.

Фундаменты береговых опор монолитные на естественном основании, промежуточные опоры – на опускных колодцах. Тело опор сборное, железобетонное, армированное преднапряженной арматурой – пучками высокопрочной проволоки В-II.

Подход к мосту устроен в виде насыпи из песчано-галечникового грунта высотой 17м.

Нас интересовало колебание пролетного строения над подвижной валковой опорной частью. Пролетное строение из предварительно напряженного железобетона длиной 43,2 м опирается одним концом на неподвижную опорную часть а другим концом – на подвижную валковую опорную часть.

Подвижная опорная часть представляет собой железобетонный валок, обеспечивающий подвижность пролетного строения в продольном направлении. При землетрясении эта подвижная опорная часть играет роль катка и изолирует пролетное строение в продольном направлении от сейсмического воздействия. Разновидностью такой опорной части является в зданиях кинематический фундамент Ю.Ф. Черепинского. Максимальное ускорение пролетного строения над опорой в продольном направлении при взрыве равно $6,21 \text{ см/с}^2$, а максимальное ускорение верхней части опоры того же направления – $10,12 \text{ см/с}^2$. В пролетном строении ускорение снижается в 1,64 раза, что показывает эффективность сейсмоизоляции валковой опорной части.

По результатам записи колебания грунта интенсивность взрыва в эпицентре составила 10 баллов, а вблизи моста – 4 балла по шкале MSK-64.

В пятой главе рассмотрены методы расчета зданий и сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмостойкость, определение оптимальных параметров сейсмоизолирующих опорных устройств, показано влияние коэффициента затухания на пиковые значения коэффициента динамичности, предложен сравнительный расчет сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмическую нагрузку по СНиП 20:02-2009 и приведен расчет 2-х этажного жилого дома размером 15×20 м, расположенного в г.Бишкек по ул. Байтик баатыра, №13, где сейсмичность района составляет 9 баллов.

Для патента КР № 81, составляя уравнение равновесия скользящей сейсмоизолирующей опоры, имеем:

$$S_{ог} = R_{ск} + R_{уп}, \quad (9)$$

где $S_{ог} = m\alpha_{ог}$ - ограниченная сейсмическая нагрузка, передаваемая на здание; $\alpha_{ог}$

- ограниченное ускорение; $R_{ск} = fQ/2n = \frac{fmg}{2n}$ - реакция скользящего листа из фторополимера; f – коэффициент трения фторополимера; Q – вес здания; g – ускорение силы тяжести; n – количество листов из фторополимера;

$R_{yn} = \frac{12E_k J_k \delta_{on}}{h_k^3}$ - реакция цилиндрического кожуха из фторополимера; $E_k J_k$ - жесткость цилиндрического кожуха; h_k - высота кожуха; δ_{on} - перемещение скользящей опоры при 9-балльном землетрясении. Теперь уравнение (9) имеет вид:

$$m\alpha_{or} = \frac{fmg}{2n} + \frac{12E_k J_k \delta_{on}}{h_k^3}. \quad (10)$$

Из этого уравнения определяем необходимую жесткость цилиндрического кожуха, точнее, установим толщину стенки кожуха, в котором размещаются скользящие пластины. Иначе говоря, разработанное техническое решение надежнее, технологичнее по сравнению с известными техническими решениями.

Для патента КР № 80, составляя уравнение равновесия сейсмоизолирующей опоры, имеем:

$$S_{or} = R_n + R_{ст}, \quad (11)$$

где $S_{or} = m\alpha_{or}$ - ограниченная сейсмическая нагрузка; m - масса зданий; α_{or} - ограниченное ускорение. При этом $R_n = F\sigma^{np}$ - реакция пластичного металла; F - поперечное сечение пластичного металла; σ^{np} - предел пластичности;

$R_{ст} = \frac{12EJ\delta}{h_{ст}^3}$ - реакция стального стержня; $h_{ст}$ - высота стержня; EJ - жесткость стержня; δ - деформация опоры, соответствующая 9-балльному землетрясению. Теперь основополагающее уравнение имеет вид:

$$m\alpha_{or} = F\sigma^{np} + \frac{12EJ\delta}{h_{ст}^3}, \quad (12)$$

отсюда определяем площадь опирания фундамента, либо $h_{ст}$ - рабочую высоту стержня, т.е. если известна площадь, то определяем высоту стержня, если же известна рабочая высота стержня, то определяем площадь сечения пластичного металла.

Коэффициент сейсмоизоляции $K_{си}$ для конструкции с сейсмоизоляцией сухим трением определяется по предложенной в главе 3 формуле:

$K_{си} = a \cdot e^{-b\ddot{A}_0}$, здесь \ddot{A}_0 принимается в $\text{см}/\text{с}^2$. Эту формулу можно использовать при расчете сооружений на сейсмическую нагрузку. Рассмотрим применение этой формулы. Пусть, например, сооружение проектируется на участке сейсмичностью площадки строительства 9 баллов, тогда по шкале MSK-64 $\ddot{A}_0 = 400 \text{ см}/\text{с}^2$. Из формулы (8) по $400 \text{ см}/\text{с}^2$ находим $K_{си} = 0,3$ для

фторопласта и стали, тогда по формуле (7) $\ddot{A} = \ddot{A}_0 \cdot K_{си} = 400 \cdot 0,3 = 120 \text{ см}/\text{с}^2$. Значит, сооружение со скользящим поясом воспринимает ускорение, равное $120 \text{ см}/\text{с}^2$, а это равно ускорению 7 - балльного землетрясения. Следовательно, проектировщик рассчитывает сооружение на 7 - балльное воздействие и подбирает сечение конструкций сооружения.

При использовании формулы (8) сооружение над скользящим поясом рассчитывается по обычной расчетной схеме в виде жестко защемленной консоли, а воздействие сейсмических сил задается в виде (7) на надземную часть сооружения.

Сейсмическую силу для сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами из антифрикционного материала (фторопласт и сталь) по СНиП 20.02-2009 можно определить по формуле

$$S_c = K_{cu} \cdot A \cdot \beta \cdot Q, \quad (13)$$

где K_{cu} – коэффициент сейсмоизоляции; A – коэффициент сейсмичности, принимаемый 0,1; 0,2; 0,4 для 7, 8, 9 баллов соответственно; β – коэффициент динамичности; Q – вес здания или сооружения.

Общий годовой экономический эффект от использования новых сейсмоизолирующих опорных устройств составляет 25-30 %.

ВЫВОДЫ

По специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей:

1. Разработаны и предложены оптимизированные конструкции сейсмоизолирующих опор, которые работают на определенный спектр частот, снимая пиковые значения резонансных сейсмических колебаний и способствуя быстрому затуханию колебаний (патенты КР № 80, 2007г.; № 81, № 1011, 2008г).

2. Экспериментальные исследования модели малоэтажных зданий и натурный эксперимент пролетного строения моста показали, что сейсмоизолирующие конструкции повышают сейсмостойкость сооружения за счет снижения сейсмических нагрузок в 2-3 раза.

3. Предложено дополнение к СНиП КР 20:02-2009 «Сейсмостойкое строительство» по определению сейсмической силы для сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами.

По специальности 05.23.17 – Строительная механика:

4. Методика расчета сейсмоизолирующей опоры и предложенная формула коэффициента сейсмоизоляции для расчета сооружений с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмостойкость упрощает расчеты проектировщикам.

5. Компьютерный расчет двухэтажного здания на сейсмическую нагрузку показывает эффективность применения сейсмоизолирующих опорных устройств в сооружениях, т.к. сейсмическая сила уменьшается в $1,8 \div 2,8$ раза.

6. Экономический эффект от применения разработанных конструкций для малоэтажных зданий и мостов составляет 25% и 30% соответственно.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Патент. № 80, Кыргызская Республика, МПК E02D 27/34 (2006.01). Сейсмоизолирующая опора [Текст] / Ж.М.Токтонасаров, А.Ж.Андашев, **Н.У.Шамшиев**// - Бишкек, заявл. 19.07.2006; опубл.31.12.07. Бюл. №12.
2. Патент. № 81, Кыргызская Республика, МПК E04D 27/34 (2006.01).. Сейсмоизолирующая опора [Текст] / Ж.М.Токтонасаров, А.Ж.Андашев, **Н.У.Шамшиев**// - Бишкек, заявл. 19.07.2006; опубл.31.01.2008. Бюл. №1.
3. Патент. № 1011, Кыргызская Республика, МПК E02D 27/34 (2006.01). Сейсмоизолирующая опора [Текст] / Ж.М.Токтонасаров, А.Ж.Андашев, **Н.У.Шамшиев** // - Бишкек, заявл. 19.07.2006; опубл.31.01.2008 Бюл. №1.
4. Апсеметов М.Ч. Техническая экспертиза моста через реку Нарын на 318 км автомобильной дороги Бишкек-Ош для перевозки сверхнормативного груза общим весом 129т на ГЭС «Камбар-Ата – 2» [Текст] / М.Ч.Апсеметов, У.Т.Шекербеков, **Н.У.Шамшиев** и др. // Материалы международной научно-практической конференции «Экспертиза и управление недвижимостью». – Бишкек, 2010. - С. 11-21.
5. Маматов Ж.Ы. Анализ состояния зданий и сооружений при крупномасштабном взрыве по созданию плотины на Камбар-Атинской ГЭС – 2 [Текст] / Ж.Ы.Маматов, **Н.У.Шамшиев**, С.М.Сансызбаев // Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска Центральной Азии. Сборник докладов 7-го Казахстанско-Китайского Международного Симпозиума. – Алматы, «Эверо», 2010. – С. 486-490.
6. Маматов Ж.Ы. Состояния зданий и сооружений при направленном взрыве на Камбар-Атинском ГЭС-2 [Текст] / Ж.Ы.Маматов, **Н.У.Шамшиев**, С.М.Сансызбаев // Материалы IV международной научно-практической конференции «Наука и образование XXI века». – Рязань, 2010. – Т.2, ч.2. – С. 13-18.
7. Маматов Ж.Ы. О влиянии направленного взрыва при строительстве ГЭС «Камбар-Ата 2» на здания и сооружения, находящиеся в его окрестности [Текст] / Ж.Ы.Маматов, Д.Ш.Кожобаев, **Н.У.Шамшиев** и др. // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2010. – №3. – С. 31-35.
8. Маматов Ж.Ы. Результаты экспериментального исследования на сейсмоплатформе моделей домов из кирпича-сырца, «сынча» и «сокмо» [Текст] / Ж.Ы.Маматов, М.П.Камчыбеков, **Н.У.Шамшиев** и др. // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2012. – №3 (37). – С. 57-66.
9. **Шамшиев Н.У.** Результаты экспериментального исследования на сейсмоплатформе модели дома из кирпича-сырца [Текст] / Н.У.Шамшиев // Труды 1 Международной межвузовской научно-практической конференции-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения». – Бишкек, 2013. – С. 310-314.
10. Кутуев М.Д. Оптимизация конструкций мостов при сейсмических воздействиях [Текст] / М.Д.Кутуев, М.Ч.Апсеметов, **Н.У.Шамшиев** // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2013. – №3 (41). – С. 185-190.
11. Камчыбеков М.П. Данные эксперимента на виброплатформе модели дома из железобетонного каркаса со стенами из глиноматериалов [Текст] / М.П.Камчыбеков, К.А.Егембердиева, Ы.П.Камчыбеков, Ж.Ы.Маматов,

Н.У.Шамшиев // Вестник Института сейсмологии НАН КР. – Бишкек, 2013. – №1. – С. 26-31.

12. Апсеметов М.Ч. Сейсмоизолирующие опорные устройства зданий и мостов [Текст]: монография / М.Ч.Апсеметов, А.Ж.Андашев, **Н.У.Шамшиев**, Н.А.Осмонканов. – Бишкек: КГУСТА, «Авангард», 2015. - 118 с.

13. Апсеметов М.Ч. Испытание моста через реку Нарын на 318 км автомобильной дороги Бишкек-Ош для перевозки сверхнормативного груза [Текст] / М.Ч.Апсеметов, Курманбек уулу Н., **Н.У.Шамшиев**, Н.А.Осмонканов, А.М.Апсеметов // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2015. – №3 (49). – С. 28-34.

14. Апсеметов М.Ч. Натурное испытание пролетного строения многопролетного балочного железобетонного моста [Текст] / М.Ч.Апсеметов, Курманбек уулу Н., **Н.У.Шамшиев**, Н.А.Осмонканов, А.М.Апсеметов // Труды института «Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций». – Алматы, «АО КазНИИСА», 2016. - №24 (34). – С. 49-60.

15. Апсеметов М.Ч. Обследование зданий и сооружений вблизи ГЭС Камбар-Ата-2 после направленного взрыва для создания естественной плотины [Текст] / М.Ч.Апсеметов, **Н.У.Шамшиев** // Сборник научных трудов «Актуальные вопросы современной науки». – Новосибирск, 2016. - № 47. – С. 222-227.

16. **Шамшиев Н.У.** Метод определения предельного устойчивого состояния и времени разрушения модели при ее испытании на сейсмоплатформе КГУСТА [Текст] / Н.У.Шамшиев // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2016. - №4 (54). – С. 75-80.

17. Апсеметов М.Ч. Учет роста подвижной нагрузки при проектировании мостов и труб на автомобильных дорогах Кыргызской Республики [Текст] / М.Ч.Апсеметов, **Н.У.Шамшиев**, Турсунбекова Л.С., Муктаров Т.К. // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2017. - Т.17, №1. – С. 114-118.

18. Апсеметов М.Ч. Экспериментальные исследования упрощенной модели сейсмоизолирующего пояса для малоэтажных зданий [Текст] / М.Ч.Апсеметов, **Н.У.Шамшиев**, А.М.Апсеметов // Научный журнал «Апробация». – Махачкала, 2017. - №2 (53). – С. 38-42.

19. Апсеметов М.Ч. Экспериментальные исследования колебания моделей сельских зданий на сейсмоплатформе [Текст] / М.Ч.Апсеметов, **Н.У.Шамшиев**, А.М.Апсеметов // Научный журнал «Апробация». – Махачкала, 2017. - №2 (53). – С. 43-47.

20. Кутуев М.Д. Метод решения оптимизационной задачи в сейсмозащите сооружений [Текст] / М.Д.Кутуев, М.Ч.Апсеметов, **Н.У.Шамшиев** и др. // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2017. - №2 (56). – С. 154-162.

21. Апсеметов М.Ч. Исследование влияния сейсмических воздействий на модели сельских зданий [Текст] / М.Ч.Апсеметов, А.Ж.Андашев, **Н.У.Шамшиев**, А.М.Апсеметов // Вестник международного Института управления. – Архангельск, 2018. - №1 (146). – С. 61-67.

22. Апсеметов М.Ч. Колебания модели малоэтажных зданий с сейсмоизолирующим поясом при сейсмических воздействиях [Текст] / М.Ч.Апсеметов, А.Ж.Андашев, **Н.У.Шамшиев**, А.М.Апсеметов // Вестник международного Института управления. – Архангельск, 2018. - №1 (146). – С. 68-73.

05.23.11 – жолдорду, метрополитендерди, аэродромдорду, көпүрөлөрдү жана унаа тоннелдерин долбоорлоо жана куруу жана 05.23.17– курулуш механикасы адистиктери боюнча техникалык илимдердин кандидаты илимий даражасын изденүү үчүн «Аз кабаттуу имараттар менен көпүрөлөрдүн сейсмообочолотуучу таяныч түзүлүштөрүнүн конструкцияларын оптималдаштыруу» деген темада жазылган Шамшиев Нурлан Үсөнбековичтин диссертациясына

КОРУТУНДУ

Чечүүчү сөздөр: өздүк термелүү мезгили, жер титирөөгө туруктуу катуу үй, сейсмообочолотуучу тирөөч жана сейсмообочолотуучу жабдык, конструкциялоо, долбоорлоо термелүүнүн амплитудасы, жылуу, сейсмоплатформа, эксперимент.

Изилдөөнүн объектиси: катуу типтеги курулмалар (аз кабаттуу имараттар менен устун көпүрөлөр).

Изилдөөнүн предмети: аз кабаттуу имараттар менен устун көпүрөлөр үчүн сейсмообочолотуучу таяныч түзүлүштөрү.

Изилдөөнүн максаты: сейсмикалык күчтөрдү сейсмообочолотуучу конструкцияларды оптималдаштыруу жолу менен азайтуу аркылуу имараттар менен көпүрөлөрдүн сейсмикалык туруктуулугун жогорулатуу.

Изилдөөнүн ыкмалары: Теориялык изилдөөлөр курулуш механикасынын ыкмалары менен жүргүзүлгөн, эксперименталдык изилдөөлөр КМКТАУнун «Сейсмикага туруктуу курулуш» илимий-изилдөө институтунун сейсмоплатформасында жана «Камбар-Ата -2» ГЭСинде жардыруу учурунда өлчөөчү-каттоочу аппаратураны колдонуу менен жүргүзүлгөн.

Изилдөөнүн натыйжалары жана илимий жаңылыгы: 05.23.11 – жолдорду, метрополитендерди, аэродромдорду, көпүрөлөрдү жана транспорттук тоннелдерди долбоорлоо жана куруу адистиги боюнча:

1) имараттарга жана курулуштарга болгон сейсмикалык таасирлерди басаңдатуу үчүн резина жана болоттон, коргошун жана болоттон, фторополимер жана болоттон жасалган сейсмообочолотуучу таяныч түзүлүштөрүнүн конструкциялары иштелип чыкты (КР патенттери №80, 2007ж.; №81, № 1011, 2008ж.).

2) сейсмикалык таасирлерде көпүрөнүн пролеттук курулмасынын термелишине сейсмообочолотуучу таяныч түзүлүшүнүн таасири аныкталды.

05.23.17 – курулуш механикасы адистиги боюнча:

– сейсмообочолотуучу таянычтардын оптималдуу параметрлерин аныктоого мүмкүндүк берген эсептөө ыкмасы иштелип чыкты;

– сейсмообочолотуучу таяныч түзүлүштүү аз кабаттуу имараттар менен көпүрөлөрдү сейсмотуруктуулукка эсептөө үчүн эмпирикалык формула алынган.

Колдонуунун деңгээли: Изилдөөнүн жыйынтыктары Бишкек шаарынын капиталдык курулуш башкармалыгында (ККБ), «Сейсмотуруктуу курулуш» илимий изилдөө институтунда жана КМКТАУнун окутуу процессинде ишке киргизилген.

Колдонулуучу тармактар: Илимий изилдөөнүн жыйынтыктарын аз кабаттуу имараттар менен көпүрөлөрдү долбоорлоодо жана курууда колдонууга болот.

РЕЗЮМЕ

диссертации Шамшиева Нурлана Усенбековича на тему «Оптимизация конструкций сейсмоизолирующих опорных устройств малоэтажных зданий и мостов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.23.11 – проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей и 05.23.17– строительная механика

Ключевые слова: период собственного колебания, жесткий сейсмостойкий дом, сейсмоизолирующая опора и сейсмоизолирующее устройство, коэффициент сейсмоизоляции, конструирование, проектирование, амплитуда колебаний, сейсмоплатформа, эксперимент.

Объект исследования: сооружения жесткого типа (малоэтажные здания и балочные мосты).

Предмет исследования: сейсмоизолирующие опорные устройства для малоэтажных зданий и балочные мосты.

Цель исследования: повышение сейсмостойкости зданий и мостов за счет снижения сейсмических сил путем оптимизации сейсмоизолирующих конструкций.

Методы исследования: исследования проведены методами строительной механики, экспериментальные исследования проводилось на сейсмоплатформе Научно-исследовательского института «Сейсмостойкое строительство» КГУСТА и при взрыве на ГЭС «Камбар-Ата -2» с использованием измерительно-регистрирующей аппаратуры.

Полученные результаты и их новизна: По специальности 05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей:

1) разработаны и оптимизированы конструкции сейсмоизолирующих опорных устройств из резины и стали, свинца и стали, фторополимера и стали для снижения сейсмических воздействий на мостовые сооружения (патенты КР №80, 2007г.; №81, № 1011, 2008г.).

2) определено влияние сейсмоизолирующего опорного устройства на колебание пролетного строения моста при сейсмическом воздействии (глава 4, раздел 4.2).

По специальности 05.23.17 – Строительная механика:

3) разработана методика расчета, позволяющая определить оптимальные параметры сейсмоизолирующих опор;

4) получена эмпирическая формула для расчета малоэтажных зданий и мостов с сейсмоизолирующими опорными устройствами на сейсмостойкость.

Степень использования: Результаты исследований внедрены на следующих предприятиях: УКС мэрии г.Бишкек, НИИ «Сейсмостойкое строительство» и в учебный процесс КГУСТА.

Область применения: Результаты научных исследований можно применить при проектировании и строительстве малоэтажных зданий и мостов.

SUMMARY

Nurlan Usenbekovich Shamshiev's thesis on the topic «Optimization of structures of seismic insulating support devices of low-rise buildings and bridges» for the degree of Candidate of technical sciences, specialty 05.23.11 – design and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels and 05.23.17– structural mechanics.

Key words: period of self-oscillation, hard earthquake-proof house, seismic insulating support and seismic isolation device, seismic isolation factor, design, design, amplitude of oscillations, seismic platform, experiment.

Object of research: rigid type structures (low-rise buildings and beam bridges).

Subject of research: seismic isolation support devices for low-rise buildings and beam bridges.

Purpose of research: improving the seismic resistance of buildings and bridges by reducing the seismic forces through the optimization of seismic isolation structures.

Method of research: the studies were carried out by methods of structural mechanics, experimental studies were conducted on the seismoplatform Of the research Institute "earthquake-Resistant construction" KSUCTA and during the explosion at the Kambar-Ata-2 hydroelectric power station using measuring and recording equipment.

The results and their novelty: Specialty 05.23.11 - design and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels:

1) developed and optimized the design of seismic support devices made of rubber and steel, lead and steel, fluoropolymer and steel to reduce seismic effects on bridge structures (patents KR №80, 2007.; No. 81, No. 1011, 2008).

2) the influence of the seismic isolation support device on the oscillation of the span structure of the bridge under seismic action is determined (Chapter 4, section 4.2).

Specialty 05.23.17 – structural mechanics:

3) the method of calculation is developed, which allows to determine the optimal parameters of seismic insulating supports;

4) an empirical formula for the calculation of low-rise buildings and bridges with seismic isolation supports for seismic resistance is obtained

Degree of use: the results of research implemented in the following enterprises: UKS city hall of Bishkek, research Institute "earthquake-Proof construction" and in the educational process KSUCTA.

Application area: the Results of scientific research can be applied in the design and construction of low-rise buildings and bridges.

Шамшиев Нурлан Усенбекович

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ СЕЙСМОИЗОЛИРУЮЩИХ
ОПОРНЫХ УСТРОЙСТВ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И МОСТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Редактор: *А.Б.Аманкулова*

Подписано в печать 22.01.2019.

Формат 60x84 1/16. Объем 1,5 уч.-изд.л.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ 686

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б
Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры