Министерство образования, науки и культуры
Кыргызской Республики
Кыргызский технический университет им. И.Раззакова

На правах рукописи

АБАКАНОВ ТАНАТКАН

ДИНАМИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ И МОДЕЛИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ

05.23.17 – Строительная механика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек - 2000

Министерство образования, науки и культуры
Кыргызской Республики
Кыргызский технический университет им. И.Раззакова

На правах рукописи

АБАКАНОВ ТАНАТКАН

ДИНАМИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ И МОДЕЛИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ

05.23.17 – Строительная механика

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Бишкек - 2000

Работа выполнена в Институте сейсмологии Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Научный консультант - член-корр. НАН и академик ИА Республики Казахстан, доктор геолого-минералогических наук, профессор Курскеев А.К.

Официальные оппоненты- академик ИА Кыргызской Республики, доктор технических наук, профессор Кутуев М.Д.

- академик Международной академии наук высшей школы, доктор технических наук, профессор Кусаинов А.А.

- академик НАН Республики Казахстан доктор технических наук, профессор Айталиев Ш.М.

Ведущая организация - Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко Госстроя России (г. Москва)

Защита диссертации состоится 9 июня 2000 г. в 14-00 час. на заседании Диссертационного совета при КТУ им. И. Раззакова Д.01.00.97 в Кыргызском техническом университете им. И. Раззакова по адресу: 720044, г. Бишкек, проспект Манаса, 66, КТУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского технического университета им. И.Раззакова.

Автореферат разослан 27 апреля 2000 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета,
кандидат технических наук Ж.Д. Рабидинова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Наиболее густонаселённые и промышленно развитые районы южной и юго-восточной части Казахстана и сопредельного Кыргызстана расположены в сейсмоактивных зонах. На территории сейсмогена Казахстана размещается около 35 % промышленного потенциала Республики, проживает более 6 млн. человек, поэтому среди природных катастроф землетрясение представляет собой одну из главных угроз техническому, социальному и экономическому развитию сейсмоактивных регионов Казахстана. Положение усугубляется тем, что по данным сейсмологических исследований некоторые регионы Республики до 2003 года находятся в фазе повышенной сейсмической активности. Здесь возникает острая необходимость перехода от пассивных ожиданий беды к целенаправленным исследованиям и разработке мер задолго до того, как разразится катастрофа. В этой связи выяснение уровня возможных повреждений инженерных сооружений при сильных землетрясениях и принятию мер по регулированию повреждений второстепенных легковосстановимых элементов конструкций через разработку расчетных моделей сейсмостойкости сооружений, отвечающих реальной работе отдельных элементов конструкций и системы в целом при землетрясениях, является первоочередной, многоплановой и комплексной проблемой.

Цель работы. Целью исследований является разработка научной основы и методов прогноза повреждаемости инженерных сооружений при сейсмических воздействиях и расчетных динамических моделей сейсмостойкости.

Задачи исследований. Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- создать методику прогноза последствий сейсмических процессов в регионе и построения карт изосейст балльности от возможных землетрясений на территории Казахстана;

- разработать методику комплексного прогноза повреждаемости инженерных сооружений (зданий сооружений, сооружений транспорта и сетевых коммуникаций) при землетрясениях различной ожидаемой интенсивности;

- обосновать принцип перехода от степени повреждения объекта при землетрясениях к ущербу в денежном выражении;

- сформулировать и обосновать критерий поиска оптимальных параметров основных несущих железобетонных каркасов сейсмостойких зданий;

- разработать расчетные динамические модели сооружений, описывающие зависимость на стадиях нагружения и разгрузки между восстанавливающими силами и перемещениями вплоть до разрушения сложной многоярусной нелинейной нестационарной системы при воздействиях типа сейсмических;

- разработать альтернативные методы определения динамических параметров колебаний континуальных и дискретных систем;

- разработать метод экспериментального исследования динамики инженерных сооружений, позволяющий производить запись их колебаний на удалённом от объекта базовом пункте регистрации.

Методы исследования. Для решения поставленной проблемы был проведен аналитический обзор исследований в данном направлении и обеспечена постановка задачи. Теоретическое и методическое обеспечение процесса производилось на основе сбора, обобщения, анализа и синтеза материалов по инженерно-сейсмологическим данным и данным обследования последствий сильных землетрясений, происшедших за последние 100 лет, включая результаты взрыва на Семипалатинском ядерном полигоне. Произведен анализ работы как отдельных конструктивных элементов при нагрузках типа сейсмических, так и комплексных конструкций и системы в целом.

Проведено моделирование сейсмических процессов и поведения сооружений при землетрясениях, а также алгоритмическое и программно-математическое обеспечения решения задач. Создан комплекс автоматизированных работ технологий, реализующих разработанные алгоритмы.

Произведена интегральная интерпретация полученных многопараметрических информаций и обеспечена экспериментальная проверка полученных результатов на основе теоретических выкладок автора.

Научные положения, выносимые на защиту:

- комплексная методика прогноза повреждаемости инженерных сооружений - зданий, сооружений, сооружений транспорта и сетевых коммуникаций в зависимости от их сейсмовооруженности, конструктивных особенностей и принятого материала конструкции при сейсмических воздействиях различной ожидаемой интенсивности;

- расчетные динамические модели многоэтажных зданий и сооружений, учитывающие нелинейное и нестационарное поведение элементов конструкций при сейсмических воздействиях;

- методика аналитического определения динамических параметров колебаний континуальных систем.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые:

- создана методика прогноза ситуации и программа построения прогнозных изосейст балльности с учетом тектонических, инженерно-геологических и сейсмических условий территории Казахстана;

- разработана комплексная методика прогноза повреждаемости инженерных сооружений (зданий сооружений, сооружений транспорта и сетевых коммуникаций) при землетрясениях различной ожидаемой интенсивности;

- разработаны расчетные динамические модели сооружений, которые описывают зависимость на стадиях нагружения и разгрузки между восстанавливающими силами и перемещениями вплоть до разрушения сложной многоярусной нелинейной, нестационарной системы при воздействиях типа сейсмических;

- разработаны альтернативные методы определения динамических параметров колебаний континуальных и дискретных систем;
- применён радиотелеметрический способ регистрации колебаний сооружений на удалённом от объекта расстоянии;
- предложены новые технические решения сейсмостойких зданий и сооружений, обладающие свойствами повышенной диссипации энергии сейсмических колебаний системы и выхода из резонанса, повышенными упругими характеристиками и надёжностью.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечивается использованием для анализа реальных данных инженерно-геологической структуры территорий сейсмоактивных зон Казахстана Кыргызстана, материалов натурных обследований последствий сильных землетрясений. Основные теоретические положения и расчетные данные подтверждены результатами экспериментов. Сходимость результатов вычислений проверялось на каждом шаге интегрирования дифференциальных уравнений движения системы.

Личный вклад автора состоит в: обобщении, анализе и интерпретации преимуществ и недостатков современных подходов в теории сейсмостойкости сооружений; разработке основных положений и принципов адаптации сооружений к сейсмическим воздействиям при неопределенности исходной сейсмологической информации; разработке модели сейсмостойкости сооружений, учитывающей генерирование ускорений основания от яруса к ярусу, а также корректно учитывающий работу элементов конструкций в комплексной системе; разработке аналитических методов расчета параметров свободных колебаний континуальных систем; составлении алгоритмов и программ, приведенных в диссертации; выполнении расчетов и анализе результатов; обосновании и использовании сейсмометрических методов регистрации колебаний сооружений и проведении серий натурных экспериментов.

Практическая ценность работы. Проведённые исследования направлены на создание научной базы, обобщённой методики и программно-целевого комплекса, позволяющих прогнозировать ситуацию в регионе возможного землетрясения, а также повреждаемость инженерных сооружений в зависимости от проявления сейсмических колебаний в конкретном населённом пункте, выявить технический, социальный и экономический ущерб, что дает возможность на правительственном уровне принимать превентивные меры по смягчению последствий сильных землетрясений на территории Казахстана.

Наряду с этим созданы расчетные динамические модели многоэтажных зданий и сооружений, учитывающие нелинейную и нестационарную работу элементов конструкций при сейсмических воздействиях, что дает возможность повысить точность расчета, и открывает дальнейший путь к усовершенствованию методов расчета сейсмостойких сооружений.

Результаты исследований внедрены через "Рекомендации по проектированию зданий с выключающимися связями" (М., 1988), и внедряются Агентством по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан, проектными организациями "КазГОР" и "Алматыгипрогор"

Особое значение приобретают методы аналитического определения динамических параметров колебаний по высоте сложных континуальных систем типа дымовых труб и на уровне фундамента, для учета возможных резонансных явлений в случае сильного землетрясения.

В диссертацию вошли результаты плановых научно-исследовательских работ Института сейсмологии МН и ВО РК в рамках общесоюзной комплексной программы ГКНТ СССР 0.74.03 задания 05.01.Н1 " Разработать региональную модель сейсмических воздействий для г. Алма-Аты и применить её для решения задач оптимизации параметров сооружений при проектировании с учетом неупругих деформаций, последовательности повреждений, выключения связей" (№ гос. рег. 01.88.0001650, 1989-1990 г.г.), программы фундаментальных исследований Республики Казахстан Ф0117 "Разработка

научных основ прогноза сейсмических явлений и ущерба от них" тем: "Разработка научных основ прогноза ущерба от тектонических и техногенных землетрясений" (инв. № 0295 РК00359, 1994 г.), "Разработка научных основ и методов прогноза ущерба от землетрясений и вызываемых ими вторичных факторов" (инв. № 0296 РК00504, 1995г.; инв. № 0297 РК159, 1996 г.; инв. № 0298 РК00191, 1997 г.; инв. № 0299 РК00002, 1998 г.).

Автор диссертации являлся научным руководителем и ответственным исполнителем всех указанных работ.

Апробация работы проходила путём представления сообщений и докладов на ряде конференций и симпозиумов: VII Европейская конференция по сейсмостойкому строительству в г. Афины (Греция) в 1982 г.; Всесоюзное совещание "Снижение материалоемкости и трудоемкости сейсмостойкого строительства" в г. Алма-Ате в 1982 г.; Республиканская научно-практическая конференция молодых ученых " Проблемы повышения эффективности капитального строительства" в г. Алма-Ате в 1982 г.; Республиканская конференция по проблемам математики и автоматизации научных исследований в г. Алма-Ате в 1966 г.; I Казахстанско- Китайский симпозиум "Проблемы прогноза землетрясений на территории Тянь-Шаня" в г. Алма-Ате в 1992 г.; Региональная рабочая встреча по проблемам уменьшения опасности стихийных бедствий на территории государств – участников СНГ, стран Восточной Европы и Балтии в г. Алматы в 1994 г.; Международный симпозиум по землетрясениям Тянь-Шаня в г. Урумчи (Китай) в 1994 г.; 3-й Казахстанско – Китайский международный симпозиум "Теория и практика прогноза землетрясений на территории Тянь-Шаня " в г. Алматы в 1996 г.; Городская научно-техническая конференция, посвящённая памяти доктора технических наук Б.С. Жармагамбетова в г. Алматы в 1996 г.; Международный симпозиум "Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика" в г. Алматы в 1997 г.; Научно-техническая конференция "Теоретические и экспериментальные исследования строительных конструкций" в г. Алматы в 1998 г.

Публикации по работе. По теме диссертации опубликованы: 1 книга, 5 монографии (4 в соавторстве), 25 статей, 11 докладов на международных и отечественных конференциях, получено 5 авторских свидетельств на изобретение.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения, списка использованной литературы, 333 наименований, и приложений. Она изложена на 322стр., включающих 48 рис, и 21 табл.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулирована актуальность проблемы; цель и задачи исследования; приведены основные научные положения; показана практическая ценность работы; указано число опубликованных работ; дано содержание глав диссертационной работы.

В основной части работы отмечено, что для решения проблемы прогноза повреждаемости инженерных сооружений, связанное с этим создание моделей сейсмостойкости, необходимо подходить с позиции развёрнутого анализа как сейсмических воздействий на сооружение, так и анализа поведения сооружений с учетом упругой и упругопластической работы материала конструкций. При этом немаловажное значение имеет вопрос анализа поведения инженерных сооружений при происшедших землетрясениях.

По вопросу исследования сейсмической опасности территории Казахстана и Кыргызстана внесли существенный вклад К.Е. Абдрахматов, Т.А. Акишев, К.Д. Джанузаков, Ж.С. Ержанов, А.К. Курскеев, И.Л. Нерсесов, А. Нурмагамбетов, М. Омуралиев, А. Сыдыков, А.В. Тимуш, А.Т. Турдукулов, Б.М. Уразаев, О.К. Чедия, В.И. Шацилов и др..

Исследования, проведённые Я.М. Айзенбергом, Ф.Ф. Аптикаевым, М.М. Деглиной, Т.Ж. Жунусовым, К.Ю. Залиловым, Ю.Ф. Копничевым, И.Л. Корчинским, Н.Н. Михайловой, Т.Г. Раутиан, М.Х. Хайдаровым, В.В. Штейнбергом и др. дают возможность создания моделей сейсмических воз-

действий для конкретных населённых пунктов при условии привлечения дополнительных материалов.

Обследование и анализ поведения инженерных сооружений при землетрясениях было проведено А.Х. Абдужабаровым, З. Абдукаримовым, К.С. Абдурашидовым, Х.А. Асамовым, А.Т. Аубакировым, М.У. Ашимбаевым, Т.Ж. Жунусовым, Ю.В. Измайловым, И.Е. Ицковым, Б.К. Карапетяном, Л.Ш. Килимником, Ш.Г. Напетваридзе А.И. Мартемьяновым, Л.Н. Махатадзе, Т.Г. Маркарьяном, И.В. Мушкетовым, Ш. Окамото, Н.О. Оразымбетовым, С.В. Поляковым, Т.Р. Рашидовым, В.А. Ржевским, Г.Х. Хожметовым, Н.Ф. Ципенюк, К. Штайнбруге, D. Cannata, R. Husid, P. Govidan, N.N. Nielson, R. Shepherd, P.I. Spyroponlos, C.A. Syrmakerzis и многими другими исследователями.

Изучение механики разрушения инженерных сооружений неразрывно связано с изучением работы упругопластических систем. Упругопластические задачи применительно к различным типам сооружений и систем рассмотрены Ш.М. Айталиевым, И.Т. Айтматовым, М.Е. Ескалиевым, Ж.С. Ержановым, М. Кутуевым, Ж.К. Масановым, Т. Ормонбековым, Н.Т. Тентиевым и др.

Как показывает мировая практика в сейсмоактивных районах более 60% всех каркасов выполнены в железобетоне и эти здания представляют наибольшую опасность по сравнению со зданиями, выполненными в металлокаркасе и деревянных конструкциях. Отдельные аспекты проблемы сейсмостойкости указанных конструктивных систем рассматривались в работах К.С. Абдурашидова, М.У. Ашимбаева, А.А. Беспаева, Т.А. Горояна, Т.Ж. Жунусова, И.Л. Корчинского, С.Х. Негматуллаева, Е.К. Нурмагамбетова, С.В. Полякова, В.Т. Рассказовского, В.А. Ржевского, А. Тастанбекова, М. Турсумуратова, Э.Е. Хачияна, Ю.Г. Шахновича, M.A. Bio, V.R. Button, A.R. Covindan, P.I. Spyroponlos и др.

Как известно здания и сооружения состоят из отдельных конструктивных элементов. Исследованиям поведения несущих колонн при знакопеременных нагрузках посвящены работы М.С. Абаканова, Г.Т. Аубакирова, К.К. Бакирова, Н.К. Белоброва, Ю.П. Гущи, Дж.О. Джирса, И.С. Паляна, Н.Н. Попова, Н.Н. Складнева, Г.А. Чахавы, Е.А. Чистякова и других исследователей.

Исследования работы диафрагм жесткости проводились Я.М. Айзенбергом, Ж. Байнатовым, О.Я. Бахтадзе, И.Д. Джакыпбековым, W.Y. Corley, I.M. Hanson, P. Park, T. Pauly, M. Velkov и др.

Отдельные экспериментальные и теоретические положения динамики сейсмостойкости сооружений изложены в работах А.Д. Абакарова, Я.М. Айзенберга, В.А. Амбарцумяна, И.И. Гольденблата, Т.Ж. Жунусова, А.А. Кусаинова, И.Л. Корчинского, В.А. Лапина, Ю.А. Назарова, И.А. Николаенко, Э.Ф. Пака, В.А. Ржевского, Г.А. Чахавы, Ю.Д. Черепинского, Э.Е. Хачияна, H. Kawamura, M. Yamada и др.

Завершая литературный обзор в рамках проблемы, приходим к следующим выводам. Исследования в данном направлении носят разрозненный характер, требуется обобщение, анализ и синтез материалов. До настоящего времени не создана научная основа прогноза повреждаемости инженерных сооружений и не разработаны расчетные динамические модели сейсмостойкости сооружений, которые позволили бы на стадии проектирования обеспечить сохранность несущих конструкций их, значит и системы в целом, не зависимо от спектральных характеристик сейсмических колебаний грунта при землетрясениях. Существующие расчетные динамические модели не позволяют учитывать и обеспечивать вывод системы из резонанса при совпадении частот собственных колебаний инженерных сооружений и доминантных периодов сейсмических колебаний грунта.

В работе выявлена полнота инженерно-сейсмологических данных по Казахстану и Кыргызстану для целей прогноза и целенаправленного регулируемого снижения повреждаемости инженерных сооружений от землетрясений.

Дано краткое описание сейсмической опасности территории Казахстана и Кыргызстана.

В настоящее время в пределах Казахстана и Кыргызстана выделено 55 основных сейсмогенерирующих зон, наибольшую опасность представляет собой Северный Тянь-Шань, где по прогнозным данным до 2003 г. вероятность сильного сейсмического события весьма высока. В связи с этим проанализировано влияние 8-ми сейсмогенерирующих зон, в случае возникновения в каждой из них землетрясения, на сейсмические колебания в г. Алматы. Было выяснено, что в Алматы при этом возможно проявление интенсивности землетрясения от 5 до 9 и более баллов в зависимости от местоположения очага землетрясения.

Имеющиеся материалы по результатам работ автора и других исследователей дали возможность анализировать ожидаемую сейсмологическую ситуацию на Северном Тянь-Шане в количественном и качественном отношении. В районе озера Иссыкуль возможны устойчивые низкочастотные колебания грунта. В районе Талдыкоргана возможны, при землетрясениях, устойчивые высокочастотные колебания. В довольно обширной зоне, где расположены города Алматы, Бишкек и др., как высокочастотные, так и средне и низкочастотные сейсмические колебания грунтов. Таким образом, этот район характеризуется неполнотой и неопределённостью исходной сейсмологической информации. Такая картина наблюдается в большинстве населённых пунктов сейсмоактивных регионов мира, включая территории республик Средней Азии, где требуется специфический подход при проектировании и строительстве инженерных сооружений.

Для дальнейшего использования были сгенерированы 4 варианта ансамблей акселерограмм для г. Алматы и выбраны первые реализации.

Следует отметить, что для условий г. Алматы наблюдается значительный разброс сейсмических колебаний по частотному составу, длительности и амплитуде в зависимости от местоположения зоны ВОЗ. Так разброс амплитуды составляет от 400 см/с^2 до 800 см/с^2, и доминантный период колеблется в пределах от 0,18 с до 1,5 с.

В связи с тем, что территория г. Алматы занимает значительную площадь нами было проанализировано возможное сейсмическое колебание небольшой по площади строительной площадки ТЭЦ-2, расположенной в северо-западной окраине г. Алматы. В конкретной площадке ТЭЦ-2 также наблюдается неопределённость сейсмологической информации, так как разброс частот в зависимости от местоположения зоны разломов составляет 0,2 ÷ 0,72.

Разработана методика построения карт прогнозных изосейст балльности от возможных землетрясений на территории Казахстана, при которой учитывается затухание интенсивности сотрясения, магнитуда, эпицентральное расстояние, глубина очага, ориентация основных геологических структур и приуроченность очага землетрясения к зонам ВОЗ. Конфигурация изосейст балльности при этом предопределяется направленностью основных геологических структур и разломов, а также характеристиками среды.

Создана методологическая схема прогноза ущерба от землетрясения, которая включает и вопросы прогноза повреждаемости инженерных сооружений.

Исследование направлено на разработку методики комплексного прогноза повреждаемости инженерных сооружений при возможных землетрясениях различной ожидаемой интенсивности.

К настоящему времени накоплено большое количество материала по натурным природным экспериментам – по обследованию состояния зданий и сооружений в результате происшедших землетрясениях различной интенсивности, начиная с Верненского 1887 г. землетрясения. Автором в составе экспедиций было проведено обследование и инженерный анализ последствий сильных землетрясений, происшедших на территории СНГ (СССР), включая Казахстан, за последние 20 лет, а также анализ влияния Семипалатинского ядерного полигона на объекты народного хозяйства в составе Государствен-

ной комиссии СССР. С привлечением всех материалов в данном направлении разработана экспертная система распределения зданий и сооружений по степеням повреждений при возможном землетрясении. Общее количество данного типа зданий, подверженного землетрясению определённой интенсивности, принималось за 100%. Далее определялся процент зданий, сооружений, получивших одинаковую степень повреждения.

Рассматривались здания, построенные без антисейсмических мероприятий (типа А, Б, В), и здания различных конструктивных решений, построенные с учетом антисейсмических мероприятий для расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов, а также специальные сооружения – силосы, градирни, бункера, дымовые трубы, резервуары, водонапорные башни и нефтяные вышки.

Для всех перечисленных объектов определялась, дифференцировано возможная степень разрушения при 6, 7, 8, 9 и 10 баллах.

В связи с тем, что высокая дробность градаций зданий и сооружений хотя и весьма полезна, но не всегда оправдана для целей прогноза повреждаемости застройки в целом, где нужно учитывать как качественные, так и осреднённые количественные показатели повреждаемости. Вопросы повреждаемости несейсмостойких зданий рассмотрены и в работах других авторов. Нами рассмотрены сейсмостойкие здания, которые разбиты на два типа (по принципу шкалы MSK- 64):

тип "Б" – сейсмостойкие здания с несущими каменными (кирпичными) армированными стенами и железобетонными включениями в виде сердечников и обрамлений;

тип "В" – сейсмостойкие здания каркасной конструкции и крупнопанельные здания.

Построены графики зависимости средней степени повреждения сейсмостойких зданий от интенсивности землетрясения в баллах.

В аналитической форме эти зависимости имеют вид:

для зданий типа "Б" с расчетной сейсмичностью 7 баллов

$$d_7 = 0,85 \cdot J - 4,5 \ , \qquad (1)$$

то же для 8 баллов

$$d_8 = 0,69 \cdot J - 3,56 \ , \qquad (2)$$

то же для 9 баллов

$$d_9 = 0,58 \cdot J - 3,20 \ , \qquad (3)$$

где J – интенсивность проявления землетрясения в баллах по шкале MSK – 64, d – средняя степень повреждения здания.

Для зданий типа "В" эти зависимости имеют вид:

$$d_7 = 0,85 \cdot J - 5,25 \ , \qquad (4)$$

$$d_8 = 0,75 \cdot J - 4,75 \ , \qquad (5)$$

$$d_9 = 0,66 \cdot J - 4,35 \ . \qquad (6)$$

Зависимость средней степени повреждений мостов, путепроводов и виадуков от интенсивности землетрясения может быть выражена следующей формулой:

$$\bar{d} = J - \frac{960}{J^4} - 5,3 \ . \qquad (7)$$

Выявлена зависимость повреждаемости трубопроводов от заглубления, диаметра и материала конструкций.

Создана экспертная система оценки возможного поведения трубопроводов, применяемых на практике строительства, при землетрясениях ожидаемой интенсивности от 6 до 10 баллов.

На базе анализа проектно-сметных экономических источников разработаны принципы перехода от повреждаемости строительных объектов к стоимостным показателям в процентах от балансовой стоимости.

Разработан программный комплекс прогноза ущерба от разрушения инженерных сооружений как в техническом отношении по степени повреждения их, так и в стоимостном. Данный комплекс состоит из 8-ми крупных блоков, в которых реализуются все запросы пользователя.

Создан банк данных на примере застройке Алмалинского района г. Алматы и с использованием его был произведён расчетный анализ возможного поведения зданий, сооружений и коммуникаций при интенсивности землетрясения от 7 до 10 баллов включительно. Выявлены экономические потери в денежном выражении. Так, в Алмалинском районе г. Алматы при возможном землетрясении интенсивностью 9 баллов из 647 зданий, учтённых в расчете, получат повреждения 1 степени 124 здания, 2 степени – 137, 3 степени – 184, 4 и 5 степени – 202 здания.

Из 2646,21 км трубопроводов из различных материалов, проложенных в Алмалинском районе г. Алматы, тяжелые частые повреждения получат 2245 км. Остальные трубопроводы получат повреждения средней степени тяжести. Это объясняется ветхостью их и применением несейсмостойких конструкций.

Далее в работе рассматривается поведение основных несущих элементов конструкций (колонн и диафрагм жёсткости) при нагрузках типа сейсмических. Разработана методика расчета железобетонных колонн при нагрузках типа сейсмических по деформированной схеме для двух стадий работы:

а) стадии, характеризующейся упругой работой арматуры колонн;

б) стадии, когда бетон и арматура колонн близки к разрушению.

В настоящей работе рассмотрен вопрос прочности колонн и деформативности по нормальным к продольной оси сечениям в предположении о том, что прочность по наклонным сечениям обеспечена.

Следует отметить, что метод расчета по деформированной схеме является громоздким. В связи с этим, для решения поставленной задачи были составлены алгоритмы расчетов и две программы расчета железобетонного стержня по двум методикам.

Были проведены расчеты железобетонных стоек, защемлённых с обоих концов, с гибкостью 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5 и 20. Расчеты проведены для классов В15; В20; В25; В25; В30 и В35. Таким образом, охвачены все возможные

случаи. При этом колонны рассчитывались на загружение вертикальными и горизонтальными в долях от R_b, $^*b$, $^*h$. Результаты расчетов сведены в графики зависимости "относительная вертикальная нагрузка – относительная горизонтальная нагрузка - перемещение" и "относительная вертикальная нагрузка – относительная горизонтальная нагрузка – процент армирования" для каждого уровня гибкости колонны при расчете по методике "а" и по методике "б".

В результате работы даны рекомендации по назначению предельных величин отношений перемещения в стадии "б" к перемещению в стадии "а".

Проектирование железобетонных колонн зданий в сейсмических районах с учетом упругопластической работы материала конструкций позволяет снизить удельный расход стали, класса АIII на 1 м^3 бетона на 8 %.

С целью исследования зависимости "восстанавливающая сила - перемещение" и установления максимальной восстанавливающей силы и перемещения, по опытным данным различных испытаний, были проведены расчеты железобетонных диафрагм жесткости на действие сдвигающей горизонтальной нагрузки.

При расчете железобетонных диафрагм приняты следующие граничные условия и предпосылки. Предполагается, что диафрагма жесткости воспринимает только горизонтальную нагрузку. Вертикальная нагрузка воспринимается только колоннами. Расчеты выполнены методом конечных элементов с вариацией класса бетона, процента армирования и геометрических размеров диафрагм. Расчет каждого варианта ведется ступенями с точностью, достаточной для построения зависимости "восстанавливающая сила - перемещение".

Были определены наиболее приемлемые математические модели, аппроксимирующие работу диафрагм жесткости при воздействии типа сейсмических. Результаты анализа показали, что наиболее приемлемой является экспоненциальная функция зависимости "восстанавливающая сила - перемещение". В связи с этим нами были уточнены величины всех коэффициен-

тов и параметров экспоненциальной функции применительно к железобетонным диафрагмам, работающим в области неупругого деформирования.

Важное значение имеет вопрос определения максимальной несущей способности и перемещения диафрагмы в стадии, близкой к разрушению, простым и достаточно точным методом. К сожалению, при помощи существующих методов расчета пока невозможно определить перемещения диафрагмы в стадии близкой к разрушению.

В настоящей работе предложены переходные формулы определения максимальной несущей способности и максимальных перемещений железобетонных диафрагм до разрушения по известным опытным значениям для диафрагм с другими характеристиками.

Оптимизационная модель при неопределённости сейсмологической информации выражается в следующем виде:

$$M=\{\Pi[\phi(t_i,\omega_j)],\Pi(R_i,B_i,T_i)\}, \qquad (8)$$

где $\Pi[\varphi(t_i,\omega_i)]$ - параметры сейсмического воздействия;

$\Pi(R_i,B_i,T_i)$ - параметры адаптивной системы (инженерного сооружения).

Критерий принятия решений аналогично критерию пессимизма-оптимизма Гурвица запишется в виде:

$$H=min[\alpha\cdot maxr+(1-\alpha)maxr], \qquad (9)$$

где r – обозначение риска; α – некоторый коэффициент, принимаемый в интервале от 0 до 1.

В условиях неполноты и неопределённости сейсмологической информации мы принимаем $\alpha=1$. В этом случае (9) превращается в критерий крайнего пессимизма.

Задача сводится к поиску условного оптимума функции $f(x)$ в области допустимых решений

$$f(x^*)=opt\,f(x)\ , \qquad (10)$$
$$x\in D$$

где $D=\{x: q_k(x)\le 0\ ,\ k=1,2...\}$ - область допустимых решений; $q_k(x)\le 0,\ (k=1,2...)$ - система ограничений.

Здесь требуется найти множество оптимальных параметров $\{x_1,x_2,\dots x_i\dots x_n\}$, определяющих точку x в области допустимых решений D.

Предложен метод выделения области упругой и упругопластической работы материала основных несущих конструкций зданий при нагрузках типа сейсмических, которые определяют множество оптимальных уровней поэтажных перемещений железобетонных колонн в зависимости от их гибкости.

Произведён анализ сейсмической реакции зданий с диафрагмами жёсткости в нижних этажах при неполноте и неопределённости исходной сейсмологической информации, а также для условий г. Алматы.

Рассмотрена расчетная модель здания, состоящего из комплексной конструкции. При построении модели работы конструкции, которая состоит из колонн и диафрагм жесткости, рассматривается общий случай с учетом развития в колоннах пластических деформаций. Имеется зазор между колоннами и диафрагмами, а диафрагма закреплена только нижней гранью. Перемещение диафрагмы в стадии разрушения значительно меньше перемещения колонны, а падение жесткости во много раз больше. Поэтому предусматривается постепенное падение жесткости в диафрагмах за счет локальных повреждений вплоть до полного разрушения. Колонны при этом будут сохранены.

Интегрируемое дифференциальное уравнение колебания одномассовой системы при единичной массе имеет вид:

$$\ddot{X}+2B\dot{X}+R(x)=-\ddot{X}_0(t), \qquad (11)$$

где $\ddot{X}_0(t)$ - заданная реализация сейсмического воздействия;

B – коэффициент затухания;

$R(x)$ - реакция системы

$R(x)$- в данном случае описывается совместной работой колонн (R_k) и работой диафрагм жесткости $(R_Д)$.

Работа колонн аппроксимируется экспоненциальной функцией вида:

$$R_k = R_{pk}\left[1 - exp\left(\frac{-\alpha|X|}{X_{pk}}\right)\right]\cdot signX, \qquad (12)$$

где R_{pk} - максимальная восстанавливающая сила колонны;

X_{pk} - предельное перемещение, характеризующее величину максимальной восстанавливающей силы;

α – численный коэффициент; согласно исследованию для железобетонных колонн $\alpha = 1$.

Работа железобетонных диафрагм аппроксимируется экспоненциальной функцией вида:

$$R_Д = R_{PД}\left\{1 - exp\left[\frac{-\sum_{j=1}^{n}\alpha_j|X_j|^j}{max(|X_{PД}|\cup|A_k|)}\right]\right\}\cdot signX, \qquad (13)$$

где $R_{PД}$ - максимальная восстанавливающая сила диафрагмы;

$X_{PД}$ - предельное перемещение, до превышения которого не наступает изменения жесткости системы;

α_j - численные коэффициенты (для диафрагм с процентом армирования 0,2% - $\alpha_1 = 1$, $\alpha_2 = 0{,}2$, $\alpha_3 \ldots \alpha_n = 0$);

A_k - максимальная амплитуда, достигнутая в k – том цикле нагружения ($k = 1, 2, 3, \ldots$).

Данная модель отражает основные существенные особенности действительной работы рассматриваемой комплексной системы при воздействиях типа сейсмических. Неучет хотя бы одной из этих особенностей мог привести к заметным погрешностям в оценке сейсмической реакции данной системы.

Для оптимизации параметров сейсмостойких зданий при неполноте и неопределенности сейсмологической информации использован минимаксный критерий принятия решений основанный на пессимизме, рассмотренный в третьей главе настоящей работы. При этом фактически исключается риск разрушения основных несущих конструкций, а величина прямых потерь при любом ожидаемом в этом регионе землетрясении не будет превышать величину стоимости второстепенных выключающихся легковосстанавливаемых элементов, входящих в систему.

Варьировалась доля горизонтальной сейсмической нагрузки, которую теоретически может воспринять диафрагма жесткости.

Для каждого уровня несущей способности системы, определяющей возможность восприятия горизонтальной сейсмической нагрузки, производилась вариация величины зазора между колоннами и диафрагмами. Расчет производился по восьми вариантам записей акселерограммы реальных мировых землетрясений, доминантные частоты которых перекрывают диапазон доминантных частот подавляющего числа зарегистрированных землетрясений, а амплитуды нормированы для 9 баллов – 400 см/с^2, для 8 баллов – 200 см/с^2, для 7 баллов – 100 см/с^2, и четырём вариантам сгенерированных акселерограмм для г. Алматы. Учитывались следующие показатели: максимальные перемещения, скорости, ускорения, среднеквадратичные значения перемещений, скорости и ускорений систем.

Расчет на акселерограммы реальных землетрясений, происшедших в различных частях Земли, характеризует работу системы при неопределённости сейсмологической информации, что наиболее часто встречается на практике.

По результатам параметрического анализа сформированы рекомендации по рациональному выбору прочностных и динамических характеристик системы, состоящих из колонн и диафрагм нижних этажей. С целью обеспечения сохранности колонн рекомендовано во всех случаях устраивать жест-

кую заделку диафрагм верхней и нижней гранями и зазор, хотя бы минимальный, между колонной и диафрагмой.

Выявлено, что устройство каркаса только в нижнем этаже при обычной для жилых зданий высоте до 3,5-4 метров не обеспечивает надежности системы. В сейсмических районах устраивать каркас в одном нижнем этаже при жестких вышерасположенных ярусах при высоких уровнях сейсмических воздействий не рекомендуется. Для достижения цели обеспечения надежности системы следует устраивать каркас в сочетании с диафрагмами жесткости не менее чем в двух нижерасположенных этажах.

Даны рекомендации по выбору рациональных характеристик конструкций нижних этажей с точки зрения максимального снижения сейсмической реакции (ускорений и перемещений). Приведены рекомендации по выбору рациональных соотношений прочности колонн и диафрагм для зданий подобного типа при расчетной сейсмичности 7, 8, и 9 баллов и для условий г. Алматы. В г. Алматы следует гибкость колонн принимать не ниже 15 и при этом диафрагмы жесткости должны воспринимать не менее 75 % сейсмической горизонтальной нагрузки, приходящейся на верхний срез колонн.

Раскрыты основные принципы обеспечения сохранности многоэтажных зданий при неполноте и неопределенности исходной сейсмологической информации. Разработана расчетная динамическая модель сейсмостойкости многоэтажных зданий и сооружений.

Требованиям выхода системы из резонанса могут удовлетворять каркасные здания с вертикальными диафрагмами жесткости. Такие здания не первом этапе работают как жесткие системы. При землетрясении с преобладающими низкочастотными составляющими колебаний грунта эти системы не попадают в резонанс, здание будет полностью сохранено. Но при высокочастотных колебаниях грунта здание на первом этапе попадает в резонанс, разрушаются диафрагмы жесткости и система перестраивает внутреннюю структуру, изменяются её динамические характеристики, система становится

гибкой и выходит из резонансной зоны колебаний, ущерб определяется стоимостью диафрагм.

Предложены расчетные схемы, уточняющие расчет и корректно отражающие процесс "генерирования" ускорения основания от этажа к этажу в многоэтажных зданиях в условиях сильных землетрясений.

При составлении системы дифференциальных уравнений движения, нумерация масс по аналогии с Э.Е. Хачияном, начинаем с верхнего яруса, но в отличие от известных в дифференциальные уравнения входят силы внутреннего трения и восстанавливающие силы всех вышерасположенных этажей, а инерционная сила, приходящаяся на рассматриваемый этаж, определяется как силой инерции вышерасположенной части, так и законом движения нижерасположенного этажа. При таком подходе правая часть уравнения примет форму существенно отличную от известных.

С учетом указанных предпосылок получим следующую систему дифференциальных уравнений движения:

$$\begin{cases} m_1\ddot{X}_1 + B_1 m_1\dot{X}_1 + R(x) = -m_1\ddot{X}_2 \\ m_1\ddot{X}_1 + m_2\ddot{X}_2 + B_1 m_1\dot{X}_1 + B_2 m_2\dot{X}_2 + R_1(x) + R_2(x) = -m_1\ddot{X}_2 - m_2\ddot{X}_3 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \sum_{i=1}^{n} m_1\ddot{X}_1 + \sum_{i=1}^{n} Bm_1\dot{X}_1 + \sum_{i=1}^{n} R_1(x) = -\sum_{i=1}^{n-1} m_1\ddot{X}_{i+1} - m_n\ddot{X}_0(t) \end{cases} \qquad (14)$$

где B_i – параметры затухания; m_i - масса i-го этажа;

$\ddot{X}_0(t)$ - заданная реализация сейсмического воздействия;

$X_i, \dot{X}_i, \ddot{X}_i$ - перемещение, скорость и ускорение i-го этажа;

$R_i(x)$ - реакция i-го этажа.

Решение системы дифференциальных уравнений (14) производится методом Рунге-Кутта с поэтапной проверкой сходимости на шаге интегрирования.

Согласно результатам экспериментов многих авторов при сейсмических воздействиях в многоэтажных зданиях происходит увеличение макси-

мальных значений реакций (перемещение, скорость, ускорение) вышерасположенного яруса относительно нижерасположенного.

Так, в крупнопанельных зданиях максимальная разница перемещений составляет до 5%, а в каркасных зданиях до 15%. Естественно, эта величина зависит от многих факторов и в первую очередь от характера и уровня сейсмических воздействий.

При расчетном анализе 4-х этажного каркасного здания с одинаковыми поэтажными массами при 5% затухания на воздействия синтетической акселерограммы для условий г. Алматы, по известной методике, разница максимальных перемещений нижерасположенного относительно вышерасположенного, не наблюдалось. При расчете этого же здания по методике предлагаемой автором по формуле (14), разница поэтажных перемещений составила в среднем 5,4% в сторону увеличения перемещения с повышением этажа здания, что коррелирует с экспериментальными данными других исследователей. Расчет в обоих случаях проводился в предположении упругой работы материала конструкции.

Разработана методика расчета сейсмической реакции многоэтажных каркасных зданий с вертикальными диафрагмами жесткости. Модель сейсмического колебания отражает реальную картину напряженно-деформированного состояния элементов конструкций каждого этажа и системы в целом до, и после выключения диафрагм, отражает изгибно-сдвиговую форму деформации относительно гибких высоких зданий, учитывает поэтажное генерирование ускорения основания.

Деградация жесткости железобетонных диафрагм вплоть до разрушения происходит по терминологии автоматического регулирования путем саморегуляции величины падения жесткости от цикла к циклу в зависимости от спектрального состава сейсмического воздействия. Здесь учитывается дополнительно ниспадающая ветвь диаграммы деформирования системы.

Разработана программа расчета многомерных упругопластических нестационарных консольных систем на сейсмические воздействия "МУНКС",

которая состоит из подблоков, сложных в математическом и логическом отношениях.

По предлагаемой методике произведен расчет 9-ти этажного каркаса с диафрагмами жесткости на воздействие синтетических акселерограмм. Результаты исследования показывают, что использование методик расчетов широкие возможности к оптимизации параметров целого класса многоэтажных сейсмостойких сооружений.

Наряду с этим предложены технические решения оптимальных сейсмостойких зданий и сооружений, защищенные авторскими свидетельствами на изобретение.

Решены задачи определения параметров свободных колебаний континуальных систем: дымовой трубы, основания и основания при действии на него сосредоточенной силы, например, веса сооружения.

Круговая частота свободных колебаний дымовой трубы определялась по высоте с учетом наружного и внутреннего радиуса сечения трубы и физико-механических характеристик материала конструкции. При этом уравнение динамических колебаний упругого тела в векторной форме имеет вид:

$$\frac{1}{1-2\nu} graddiv\, \overline{u}_* + \Delta^2 \overline{u}_* = \frac{\rho}{\mu} \ddot{\overline{u}}_* . \qquad (15)$$

Уравнение (15) решалась в цилиндрической системе координат.

Проведены громоздкие и сложные в логическом и математическом отношении выкладки и преобразования, которых мы здесь в автореферате опускаем.

Окончательно решение динамических уравнений свободных колебаний системы; искомые перемещения будут иметь следующий вид:

$$u(r) = \frac{1}{2}\left[Z_0(ra)C_1 + C_2 K_0(ra)\right] + \frac{1}{2}C_5\left[U_{01}(r) + V_{01}(r)\right] +$$
$$+ \frac{1}{2}C_6\left[U_{02}(r) + V_{02}(r)\right],$$

Здесь

$$u(r)=\frac{1}{2}c_3(U_{01}(r)+V_{01}(r));$$
$$w(r)=c_3z_1(ra_1)+c_5w_1(r);$$
$$\Theta(r)=c_3z_1(rb_1);\quad a_1=\sqrt{\lambda^2+\frac{\rho\omega^2}{\mu}};$$
$$\mu=G,\quad b_1=\sqrt{\lambda^2+\frac{\rho}{2\mu}\frac{1-2\nu}{1-\nu}\omega^2}. \qquad (22)$$

Подставляя (22) в (21), с учетом напряжений на границе полупространства, получим однородную систему двух алгебраических уравнений относительно неизвестных – произвольных постоянных. Нетривиальное (ненулевое) решение этой системы имеет место при равенстве нулю ее характеристического определителя.

Все вышеперечисленные задачи решены впервые.

В таблице представлены расчетные данные периодов свободных колебаний реальной дымовой трубы Алматинской ТЭЦ-2.

Таблица

Расчетный период свободных колебаний сечений дымовой трубы ТЭЦ-2.

Высота сечения трубы м	Внешний радиус r_1, в см.	Внутренний радиус r_0, в см.	Период колебаний в сек.
130	410,0	390,0	1,7
80,0	570,0	550,0	1,2
40,0	833,0	799,0	0,4
0,00	1230	1175	0,3

Как показывают результаты расчетов (см. Таблицу), период колебания сечения трубы на разных отметках различен.

В завершении работы обоснована и апробирована новая методика натурного исследования динамических параметров колебаний инженерных сооружений с использованием сейсмотелеметрической аппаратуры, проведению натурных экспериментов и подтверждению основных теоретических положений, полученных автором.

С целью экономии времени, исключения сбоев при регистрации колебаний сооружений и обеспечения надёжности работы аппаратуры в полевых условиях и при чрезвычайных ситуациях, впервые запись колебаний инженерных сооружений производилась по новой методике, апробация которой проведена на Алматинской ТЭЦ-2, расположенной на окраине города. Выносные сейсмопункты измерения и передачи колебаний находились непосредственно на объектах, а пункт приёма и регистрации колебаний находился в Институте сейсмологии на расстоянии 10 км от объектов.

Выносной сейсмопункт состоит из сейсмометра СМ-3, усилителя модулятора, портативного радиопередатчика, антенны и малогабаритного блока питания. Пункт регистрации включает антенну, радиоприёмники, демодуляторы, 2 регистрира, кварцевые часы и блок питания.

С использованием методики проведено измерение параметров колебаний сооружений ТЭЦ-2.

Наряду с этим получены экспериментальные данные параметров свободных колебаний по высоте дымовой трубы ТЭЦ-2.

Сейсмодатчики с передающими антеннами были размещены на уровне горизонтальных круговых смотровых площадок на отметках 0,00; 35,0; 80,0; 125,0.

Колебания трубы производилось методом "оттяжки". Следует отметить, что в целом наблюдается хорошая сходимость результатов расчета с экспериментальными данными. Некоторое различие экспериментальных данных с теоретическими основано на том, что на отметке 80,0 м, на уровне смотровой площадки в теле дымовой трубы ТЭЦ-2 имеется смотровое окно, которое пронизывает как железобетон несущей конструкции, так и футеровку, что ослабляет сечение. Ослабление сечение трубы не было учтено расчетом, таким образом, методика расчета подтверждается экспериментом.

Период свободных колебаний составил отм. 0,00 м – 0,3 с, на отм. – 35,0 м – 0,4 с, на отм. – 80,0 м – 1,7 с и на отм. 125,0 м – 1,7 с.

Были проведены работы по определению натурных динамических параметров колебаний различных типов сооружений.

На основе экспериментальных работ автора и других исследователей были получены альтернативные аналитические зависимости между периодом колебаний и этажностью:

для крупнопанельных и объёмно-блочных зданий

$$T=0,15+0,065\ (N-4), \qquad (23)$$

для каркасных зданий с самонесущими стенами

$$T=0,08125N, \qquad (24)$$

где N - этажность здания.

Следует отметить, что коэффициент корреляции формулы (23) составляет 0,9796, а для формулы (24) – 0,8877. Формулы (23) и (24) могут быть использованы для определения в экспертном порядке периодов свободных колебаний объектов.

В заключении приведены следующие основные выводы, полученные в диссертации.

1. Неполнота и неопределённость исходной информации по Казахстану требует специфического подхода при прогнозе повреждаемости и разработке расчетных динамических моделей инженерных сооружений.

2. Разработана методика построения карт прогнозных изосейст балльности от возможных землетрясений на территории Казахстана с учетом затухания интенсивности сотрясения, магнитуды, эпицентрального расстояния, глубины очага, ориентации основных геологических структур и приуроченности очага землетрясения к зонам ВОЗ. Методика апробирована в Институте сейсмологии и используется при разработке планов превентивного мероприятий по уменьшению ущерба от ожидаемых землетрясений на территории Республики Казахстан.

3. С использованием материалов обследования последствий крупных землетрясений, происшедших в мире за последние 100 лет, а также материалов по взрывам на Семипалатинском ядерном полигоне, разработана методика комплексного прогноза повреждаемости инженерных сооружений (зданий, сооружений, сооружений транспорта и инженерных сетевых коммуникаций) в зависимости от их назначения, сейсмовооруженности и материала конструкций при землетрясениях различной возможной интенсивности.

4. Выявлена многопараметрическая зависимость между горизонтальными и вертикальными нагрузками, перемещениями, прочностными характеристиками бетона и процентом армирования для различных значений гибкости железобетонных колонн для двух стадий работы материала конструкций. Первая стадия – образование трещин в бетоне, деформации арматуры ограничены упругой областью, вторая стадия – стадия близкая к разрушению, когда в арматуре развиваются существенные пластические необратимые деформации. Учет упругопластической работы материала конструкции позволяет снизить в железобетонных каркасах удельный расход стали класса АIII на 8%.

5. Предложены переходные формулы для определения максимальной несущей способности и максимальных перемещений железобетонных диафрагм с учетом повреждаемости их, вплоть до разрушения, по известным опытным значениям.

6. Предложена новая расчетная модель и разработана методика расчета многоэтажных каркасов с диафрагмами жесткости на сейсмические нагрузки. При этом диаграмма деформирования сложных систем представляется в виде двух слагаемых, где первая выражает часть сейсмической нагрузки, воспринимаемой собственно рамой, а второе слагаемое – часть сейсмической нагрузки, воспринимаемой диафрагмой. Работает система в запредельной стадии деформирования, вплоть до разрушения при автоматическом саморегулировании, в зависимости от предыстории сейсмического нагружения,

что важно в условиях неопределённости исходной сейсмологической информации.

7. Выявлено, что в зонах, где возможны сильные землетрясения, но данные о частотном составе сейсмических колебаний грунта не известны, строительство зданий с "гибкими" нижними этажами недопустимо. В районах повышенной сейсмичности, интенсивностью более 8 баллов, возможно строительство зданий с каркасными нижними этажами и вертикальными диафрагмами жесткости. При этом колонны нижних этажей должны иметь гибкость не менее 15 и диафрагмы жёсткости должны воспринимать не менее 75 % суммарной сейсмической нагрузки. В условиях неполноты и неопределённости исходной сейсмологической информации рекомендуется строительство многоэтажных каркасных систем с вертикальными диафрагмами жёсткости, рассчитываемых по предложенной методике расчета.

8. Предложены новые конструктивные решения сейсмостойких зданий и сооружений, которые обладают свойствами повышенной диссипации энергии сейсмических колебаний системы и выхода из резонанса, повышенными упругими характеристиками и надежностью.

9. Разработан аналитический метод расчета периода свободных колебаний континуальных систем типа дымовой трубы по её высоте в зависимости от физико-механических характеристик материала конструкции и геометрических параметров сечения трубы. Расчетные данные свидетельствуют о том, что на разных отметках период свободных колебаний трубы, с плавно изменяющимся диаметром по высоте, различен. Результаты расчетов подтверждены натурным экспериментом. Предложены альтернативные методы для экспертного определения периодов свободных колебаний крупнопанельных и каркасных с самонесущими стенами зданий.

10. Обоснована и апробирована методика измерения натурных динамических параметров колебаний инженерных сооружений с использованием сквозной сейсмотелеметрической аппаратуры, когда измерительные приборы устанавливаются на объектах, а регистрирующая аппаратура стационарно находится на базовом пункте, размещенном на значительном расстоянии от первого, а вся информация перекачивается из измерительных приборов в регистрирующие по сейсмотелеметрическим каналам связи.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ПУБЛИКАЦИЯХ:

1. Абаканов Т. Учет работы выключающихся вертикальных диафрагм при сейсмических воздействиях // Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. - М.: ВНИИИС Госстроя СССР, сер. 14, вып. 8, 1982. - С. 10-12.
2. Eisenberg I.M., Abakanov T., Tsitsilashvili O.G. Spectra of structural States and Their use in Seismic Response Analisys // Proc. of the 7 European Conf. On Earth. End., Sept. 20-25, 1982, vol. 3, Athens-Greece. – P. 93-101.
3. Айзенберг Я.М., Абаканов Т., Чистяков Е.А. Предельные перемещения железобетонных колонн при нагрузках типа сейсмических // Строительная механика и расчёт сооружений. – М.: № 1, 1983. – С. 63-65.
4. Айзенберг Я.М., Абаканов Т. Расчет перемещений железобетонных колонн в стадии, близкой к разрушению, при нагрузках типа сейсмических // Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. - М.: ВНИИИС Госстроя СССР, сер. 13.59, вып. 2, 1983. - С. 1-5.
5. Айзенберг Я.М., Абаканов Т. Анализ сейсмической реакций зданий с учетом пластических деформаций и падения жесткости в элементах нижнего этажа // Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. - М.: ВНИИИС Госстроя СССР, сер. 13.59, вып. 3, 1983. - С. 23-27.

6. Айзенберг Я.М., Абаканов Т. Определение сейсмической реакций здания с выключающимися диафрагмами в каркасном нижнем этаже // Исследования по теории сейсмостойкости сооружений. – М.: ЦНИИСК, 1983. – С. 49-54.

7. Сейсмоизоляция и адаптивные системы сейсмозащиты/Айзенберг Я.М., Деглина М.М., Абаканов Т. и др. – М.: Наука, 1983. –243 с.

8. Жунусов Т.Ж., Ашимбаев М.У., Абаканов Т. и др. Повреждение зданий при Газлийском землетрясении 1984 года. – Алма-Ата: КазЦНТИС Госстроя КазССР, сер. Промышленное строительство, вып. 1, 1985. –24 с.

9. Ашимбаев М.У., Абаканов Т., Зиновьев В.Н., Ибраев Р.Б. Поведение сооружений зернохранилищ и производственных зданий при землетрясении 19(20) марта 1984 г., расположенных в Бухарской области // Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. - М.: ВНИИИС Госстроя СССР, сер. 14, вып. 9, 1984. - С. 28-31.

10. А.с. 1146390 СССР. МКИ Е04Н9/02. Каркас многоэтажного сейсмостойкого здания, сооружения/ Абаканов Т. (СССР). - 6с.: ил.

11. Ашимбаев М.У., Абаканов Т., Зиновьев В.Н., Намм Л.С. Повреждение конструкций зданий и сооружений комбината хлебопродуктов в Кайракуме при землетрясении // Строительство в особых условиях. Сейсмостойкое строительство. - М.: ВНИИИС Госстроя СССР, сер. 14, вып. 7, 1986. - С. 14-21.

12. Ашимбаев М.У., Абаканов Т., Зиновьев В.Н., Таникин К.Н. Повреждение зданий и сооружений в г. Кайракуме Таджикской ССР при землетрясении в 1985 г. – Алма-Ата: КазЦНТИС Госстроя КазССР, сер. Промышленное строительство, вып. 7, 1986. –25 с.

13. Абаканов Т., Хайдаров М.С. Выбор конструкций зданий и сооружений по районированию частоты спектра сейсмических колебаний (Республиканский опыт). - Алма-Ата: КазЦНТИС Госстроя КазССР, сер. Промышленное строительство, вып. 8, 1986. –9 с.

14. А.с. 1381263 СССР. МКИ Е04Н9/02. Диафрагма жесткости сейсмостойкого сооружения / Ашимбаев М.У., Абаканов Т., Асанбеков А.Х. (СССР). – 6с.: ил.

15. Рекомендации по проектированию зданий с выключающимися связями. Утв. Дир. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко 23.04.1987. – М.: 1988. – 54 с.

16. Газлийское землетрясение 1984 г. Инженерный анализ последствий/ Абаканов Т., Абдукаримов З., Абдурашидов К.С. и др. - М.: Наука, 1988. – 157 с.

17. Газлийское землетрясение 1984 г. Анализ поведения зданий и инженерных сооружений/ Ашимбаев М.У., Ибраев Р.Б., Абаканов Т. и др. – М.: Наука, 1988. – 118 с.

18. Абаканов Т. Метод выбора оптимальных параметров зданий железобетонным каркасом и выключающимися диафрагмами при неполной сейсмологической информации // Расчет и проектирование зданий для сейсмоопасных районов. – М.: Наука, 1988. – С. 93-100.

19. Нурмагамбетов А., Сыдыков А., Абаканов Т. и др. Спитакское (Армянское) землетрясение 7 декабря 1988 г. // Вестник АН КазССР.- Алма-Ата: № 6, 1989. – С. 23-27.

20. А.с. 1490241 СССР. МКИ Е04Н9/02. Сейсмостойкое многоэтажное здание или сооружение / Айзенберг Я.М., Абаканов Т., Монтахаев К.Ж. (СССР). – 5с.: ил.

21. Абаканов Т. К учету деформативности и надёжности железобетонных колонн при сейсмических нагрузках // Строительная ме-

ханика и расчёт сооружений. – М.: № 6, 1989. – С. 48-50.

22. Абаканов Т. К расчёту сейсмической реакции многоэтажных каркасных зданий с выключающимися вертикальными диафрагмами жесткости // Исследование сейсмостойкости сооружений и конструкций. – Алма-Ата: Казахстан, 1990. – С. 61-67.

23. Абаканов Т. Наперекор стихии. Землетрясения и последствия. – Алма-Ата: Гылым, 1991. –112 с.

24. Абаканов Т. Сейсмостойкость объектов при землетрясениях различной интенсивности (Республиканский опыт). – Алма-Ата: КазЦНТИС Госархстроя РК, сер. Вопросы экономики, управления и планирования, вып.5, 1992. –6 с.

25. Абаканов Т. Прогноз состояния инженерных сетей и коммуникаций при землетрясениях (Республиканский опыт). – Алма-Ата: КазЦНТИС Госархстроя РК, сер. Общие вопросы стр-ва, организация и технология стр. пр-ва, вып.5, 1992. –5 с.

26. Абаканов Т. К прогнозу прямых экономических потерь от повреждения строительных объектов при сильных землетрясениях (Республиканский опыт). – Алма-Ата: КазЦНТИС Госархстроя РК, сер. Вопросы экономики, управления и планирования, вып.10, 1992. –6 с.

27. А.с. 1740557 СССР. МКИ Е04Н9/02. Сейсмоустойчивое сооружение / Абаканов Т. (СССР). – 6с.: ил.

28. А.с. 1733606 СССР. МКИ Е04Н9/02. Сейсмостойкое многоэтажное здание / Абаканов Т. (СССР). – 6с.: ил.

29. Абаканов Т., Михайлова Н.Н., Михайлов А.М., Кулбаева У.К. Выбор региональной системы сейсмозащиты зданий на основе рациональной модели сейсмических воздействий в г. Алматы // Inland Earthquake. – China, Vol. 9, № 3, 1995. – P. 291-302.

30. Абаканов Т. Оценочные критерии поведения зданий и сооружений при возможных землетрясениях // Inland Earthquake. – China,

Vol. 9, № 3, 1995. – P. 312-316.

31. Абаканов Т., Ахметов Б.А., Ескалиев М.Е., Кулбаева У.К. Об оценке ущерба от разрушения зданий и сооружений при ожидаемых землетрясениях // Inland Earthquake. – China, Vol. 9, № 3, 1995. – P. 317-320.

32. Абаканов Т., Салиев С.В., Сердюк Н.Н. Прогноз технического состояния застройки после землетрясения // Inland Earthquake. – China, Vol. 11, № 3, 1997. – P. 283-286.

33. Абаканов Т., Прошунина С.А. О вероятностном эффекте землетрясений в г. Алматы в зависимости от параметров очага, среды и инженерно-геологических условий // Теоретические и экспериментальные исследования строительных конструкций. – Алматы: Рауан, 1997. – С. 27-28.

34. Абаканов Т., Стратегия прогноза и снижения ущерба от возможных землетрясений в Казахстане // Исследования сейсмостойкости сооружений и конструкций. – Алматы: КазНИИССА, 1997. – С. 278-280

35. Абаканов Т. Методологические основы прогноза ущерба от землетрясений // Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. – Алматы: Эверо, 1997. – С. 418-423.

36. Проблемы обеспечения сейсмической безопасности Казахстана/ Курскеев А.К., Тимуш А.В., Абаканов Т. и др. - Алматы: Эверо, 1997. – 84 с.

37. Абаканов Т. Прогноз повреждаемости сооружений при землетрясениях // НТС Новости науки Казахстан.–Алматы: №3, 1999г.- С. 48-51.

38. Абаканов Т. Прогноз и снижение повреждаемости сооружения при землетрясениях. – Алматы: Эверо, 1999. –252 с.

Аннотация

Абаканов Танаткан

Динамика повреждений и модели сейсмостойкости сооружений

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Специальность 05.23.17 – Строительная механика

Создана методика прогноза повреждаемости сооружений при возможных землетрясениях различной ожидаемой интенсивности. Разработаны расчетные динамические модели сейсмостойкости и методы расчета сооружений с повреждениями при неполноте и неопределенности исходной сейсмологической информации. Большое внимание уделено решению вопросов вывода системы из резонанса при совпадении периодов свободных колебаний зданий и доминантных периодов сейсмических колебаний грунта. Разработаны методы расчета периодов свободных колебаний континуальных и дискретных систем. Предложены и апробированы новые методы регистрации колебаний сооружений с использованием сейсмотелеметрической аппаратуры.

Аннотация

Абаканов Танаткан

Сейсмотуруктуу имараттардн үлгүлөрү жана кыйроонун динамикасы

Техника илимдеринин доктору илимий даражасын алуу учун диссертация

Адистик: 05.23.17 – Курулуш механикасы

Ар кандай учурда жана белгисиз тездикте күтүлгөн жер титирөөлөрдө имараттардңш кыйроосун алдын-алуучу усул түзүлдү. Сейсмотуруктуулукту эсептөөчу динамикалуу үлгүлөр жана толук

алгачкы сейсмомаалыматтын жетишсиздигинен кыйроого учураган имараттарды эсептөөнүн ыкмалары иштелип чыкты. Имараттардын эркин термелүүсү менен жер кыртышңшын басымдуу титиреши дал келген учурларда резонанстан системди чыгаруу маселесинин чечилишине өзгөче көңүл бурулган. Континуалдык жана дискреттик системдердин эркин термелүү учурун эсептөө ыкмалары табылды. Ошону менен катар сейсмотелеметрикалык аппараттарды колдонуу менен имараттардын термелүүсүн эсепке алуучу жаңы ыкмалар сунуш кылынып жана жактырылды.

Annotation

Abakanov Tanatkan

Dynamics of vulnerability and models of construction seismic resistance

Dissertation on competition for advanced degree of doctor technical sciences

0.5.23.01 – Building mechanics

Technique of prognosis of construction vulnerability during probable earthquakes with various expected intensities has been made. Calculative dynamical models of seismic resistance and methods of design calculation for damaged constructions, while initial seismological information is incomplete and uncertain, have been developed. Great attention was paid to the decision of the problem of system removal from resonance when free vibration periods of buildings coincide with dominant periods of seismic ground vibrations. Methods of period calculations of free vibrations for continual and discrete systems have been developed. New methods of building oscillation recording with use of seismotelemetric instrumentation have been suggested and approbed.

Абаканов Танаткан

ДИНАМИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ И МОДЕЛИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ

Объем 40 стр. Тираж 100 экз.
Формат 62/84x32. Печать RISO.
Бумага офсетная №1. Плотность 80 г/м
Подписано в печать 14.04.2000г.

"Эверо". Полиграфические услуги.

г. Алматы, ул.Байтурсынова, 22, каб. №9
тел. 393-269