

КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Б.Н. Ельцина  
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ  
им. Н. Исанова

Диссертационный совет Д 05.14.495

*На правах рукописи*  
УДК 624.04:725.381.3 (043.3)

**Верменко Татьяна Вячеславовна**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ  
И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ  
ГАРАЖЕЙ-СТОЯНОК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

БИШКЕК – 2015

Работа выполнена в Кыргызско-Российском славянском университете на кафедре «Архитектура промышленных и гражданских зданий»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент  
Семенов Владимир Сергеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Курдюмова Валентина Мифодьевна

кандидат технических наук, с.н.с.  
Камчыбеков Мураталы Пакирович

Ведущая организация: Государственный институт сейсмостойкого  
строительства и инженерного проектирова-  
ния (ГИССиИП)

Защита диссертации состоится 15 мая 2015 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 05.14.495 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; факс: (996 312) 543 561.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова и Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина.

Автореферат разослан « 8 » апреля 2015 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 05.14.495  
к.т.н., доцент

Л.В. Ильченко

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы диссертации

Количество автомобилей в Кыргызской Республике и особенно в г. Бишкеке растет стремительными темпами. Если в 2007 году в столице их было зарегистрировано немногим более 40 тысяч автомобилей, то в настоящее время по улицам Бишкека, по разным оценкам, ежедневно передвигается свыше 200 тысяч. В связи с таким резким увеличением количества автомобилей в личном пользовании в Бишкеке и других крупных городах республики резко обострилась ситуация с парковкой автомобилей и пробками на дорогах.

Оценивая ситуацию в г. Бишкеке отметим, что только несколько тысяч автомобилей сегодня обеспечены местами паркования, из которых менее 10 % отвечают современным международным требованиям. По самым осторожным прогнозам, дефицит гаражей-стоянок в столице в ближайшие 5 - 6 лет будет провоцировать острые транспортные и экологические проблемы.

Анализ литературных источников по вопросу организации хранения легковых автомобилей, показал, что многоэтажные гаражи (надземные, подземные или комбинированные), могут стать важным средством для решения проблемы хранения автомобилей в крупных городах.

Эффективность решения проблемы хранения автомобилей невозможна без нормативной базы для разработки проектов гаражей-стоянок и сопутствующих им объектов сервисного обслуживания. В настоящее время такой системной базы в республике нет.

Это обосновывает актуальность темы диссертационной работы, посвященной совершенствованию планировочных и конструктивных решений многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей.

**Связь темы диссертации с научными программами, основными научно-исследовательскими работами, проводимыми научными учреждениями.** Избранное направление исследований связано с разработкой ГНИПИ градостроительства и сейсмостойкого строительства Государственного агентства архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики генплана г. Бишкек до 2025 г., с разрабатываемой на факультете АДиС КРСУ госбюджетной НИР "Теоретические и экспериментальные исследования сейсмических воздействий на здания и сооружения и разработка эффективных мер сейсмозащиты", а также с тематикой методических разработок, курсового и дипломного проектирования на факультете архитектуры, дизайна и строительства КРСУ.

**Целью диссертационной работы** является научное обоснование конструктивных и планировочных решений многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей, обеспечивающих разработку проектов с улучшенными функциональными и технико-экономическими показателями.

Для достижения поставленной цели определены следующие *задачи исследований* и разработок:

- провести анализ проблемы хранения легкового индивидуального транспорта в крупных городах и наметить пути ее решения в Кыргызской Республике;

- оценить передовой опыт проектирования и строительства многоэтажных гаражей-стоянок; определить основные требования, предъявляемые к их конструктивным и планировочным решениям;
- выявить оптимальные параметры элементов планировочной структуры многоэтажных гаражей-стоянок и разработать схему их размещения в г. Бишкек;
- обосновать рациональные конструктивные решения гаражей-стоянок для условий строительства в крупных городах Кыргызстана;
- разработать динамический гаситель колебаний для рамно-связевых каркасов многоэтажных гаражей-стоянок и на основании экспериментальных и численных исследований оценить степень его влияния на параметры колебаний и внутренние усилия в несущих элементах каркаса;
- сформулировать принципы технико-экономической оценки конструктивного решения гаража на ранних стадиях проектирования, дать рекомендации по выбору типа гаража по критерию эффективности его работы.

#### **Научная новизна полученных результатов**

- впервые в республике проведен анализ проблемы хранения легкового индивидуального транспорта в крупных городах и разработана схема размещения многоэтажных гаражей и стоянок легковых автомобилей для г. Бишкек;
- разработаны и научно-обоснованы оптимальные параметры парковочных модулей многоэтажных гаражей-стоянок с манежной системой хранения автомобилей и различными схемами расстановки колонн;
- выявлены рациональные конструктивные решения гаражей и разработаны предложения по их внедрению в практику проектирования и строительства Кыргызской Республики;
- разработана и запатентована конструкция динамического гасителя колебаний торсионного типа как средства обеспечения сейсмостойкости зданий многоэтажных гаражей-стоянок;
- разработана методика расчета геометрических и жесткостных параметров динамического гасителя колебаний торсионного типа (ДГКТТ);
- экспериментальными и численными исследованиями установлено влияние ДГКТТ на параметры колебаний и перераспределение внутренних усилий в элементах рамно-связевого каркаса многоэтажного гаража-стоянки;
- сформулированы принципы технико-экономической оценки конструктивного решения гаража на ранних стадиях проектирования, даны рекомендации по выбору типа гаража по критерию эффективности его работы.

Достоверность результатов теоретических и экспериментальных исследований обоснована использованием современных средств и методов численного моделирования с привлечением вычислительной техники, инженерных методов проектирования, расчета и анализа конструкций

**Практическая значимость полученных результатов** заключается в создании основ для разработки республиканской нормативной базы (СНиП, СП) по проектированию многоэтажных гаражей-стоянок. Результаты исследований доведены до практических рекомендаций, которые используются при проектировании реальных объектов в ОсОО «Архиола», ОсОО «Архитектурная студия

Кариева» и др., а также в учебном процессе КГУСТА и КРСУ при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов.

**Экономическая значимость полученных результатов.** Внедрение результатов настоящих исследований способствует решению проблемы хранения легкового индивидуального транспорта в г. Бишкек и обеспечивает сейсмостойкость проектируемых и строящихся многоэтажных гаражей-стоянок. Экономический эффект от сокращения затрат при возведении железобетонного каркаса 4-х этажного здания гаража с ДГКТТ составляет 1 555 950 сом.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- схема размещения многоэтажных гаражей и стоянок легковых автомобилей для г. Бишкек;
- оптимальные параметры парковочных модулей многоэтажных гаражей-стоянок с манежной системой хранения автомобилей и различными схемами расстановки колонн;
- конструкция динамического гасителя колебаний торсионного типа как средства обеспечения сейсмостойкости зданий многоэтажных гаражей-стоянок;
- методика и результаты экспериментальных исследований работы динамического гасителя колебаний на малых моделях;
- методика и результаты численных исследований работы многоэтажных гаражей-стоянок с рамно-связевым каркасом, снабженным динамическим гасителем колебаний торсионного типа.

**Личный вклад соискателя.** Диссертационная работа выполнена автором единолично.

На основе анализа специальной литературы, проектных и патентных данных автором были сформулированы цель и задачи исследований, намечены теоретические и экспериментальные пути их решения.

При разработке схемы размещения многоэтажных гаражей и наземных стоянок для г. Бишкек соискателю помогали Р.Ш. Акбаралиев и В.С. Семенов. Оптимальные параметры парковочных модулей разработаны соискателем единолично. Стенд для испытаний малых моделей разработан при участии И.А. Черных-Рашевского. Численные исследования каркаса 4-х этажного здания гаража выполнены при участии инженера А.В. Токарского.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертационной работы были представлены и одобрены на ежегодных научно-практических конференциях КРСУ (2010-2014гг.), на республиканских научно-практических конференциях молодых ученых и студентов «Интеграция науки, инноваций и образования» в КГУСТА (2010 и 2012 гг.); на международной конференции молодых ученых и студентов "Актуальные проблемы архитектуры и дизайна", УРАЛГАХА, г. Екатеринбург (2011г.); на международной научной конференции «Природопользование для прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций в горных условиях» КРСУ, г. Бишкек (2011); на научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», ИС РАН в Бишкеке (2012, 2013 гг.); на семинаре МНТЦ «Привлечение инвестиций в сектор инно-

вадий», г. Бишкек, КРСУ (2012 г.); на всероссийской заочной научно-практической конференции «Современная архитектура и дизайн» МАСИ, г. Москва (2012 г.); на международной научно-практической конференции «Строительное образование и наука Кыргызстана: перспективы интеграции, инновации и партнерства» г. Бишкек, КГУСТА (2014 г.) и др.

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.** Основные результаты исследований опубликованы в 13 работах: 5 из них – статьи в периодических изданиях, признанных ВАК Кыргызской Республики; 2 статьи в зарубежных изданиях России и Таджикистана; в пособии «Гаражи и стоянки автомобилей. Материалы для проектирования» и в описании патента КР 1552 на изобретение «Динамический гаситель колебаний».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация включает введение, три главы, заключение и приложения. Объем диссертации - 171 страница текста, включая 128 рисунков, 9 таблиц и список библиографических источников из 154 наименований. Приложение объемом 123 страницы содержит результаты численных исследований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Введение** раскрывает актуальность темы, направления исследований и выделяет общие характеристики диссертационной работы. Сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна и оценка практической значимости полученных результатов. Приведены данные о внедрении результатов исследований и разработок, а также сведения об апробации результатов работы и количестве публикаций.

**В первой главе** выполнен анализ опыта проектирования, строительства и эксплуатации многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей в крупных городах, определены основные требования, предъявляемые к конструктивным и планировочным решениям гаражей.

В истории формирования современных типов многоэтажных гаражей выделено несколько этапов. Первый: 20-40-е годы прошлого столетия; второй - послевоенные годы (50-70-е гг.); третий: 70-90-е годы XX века и, наконец, современный период - начало XXI века.

Первый этап характеризуется возведением гаражей преимущественно рампового типа. Строительство механизированных гаражей открывает второй этап, а третий и четвертый этапы отмечены не только появлением полностью автоматизированных гаражей, но и новым подходом в проектировании таких сооружений, базирующимся на рассмотрении многоэтажных гаражей не только с утилитарной точки зрения, но и как объектов городской застройки, отличающихся выразительными архитектурными формами.

В результате анализа, отразившего современное состояние проблемы временного хранения индивидуального автотранспорта в крупных городах, отмечены ученые и специалисты (проектировщики), внёсшие значительный вклад в решение этой проблемы.

В Германии это, прежде всего, Оскар Бютнер (Oskar Büttner), Эрнст Нойферт (Ernst Neufert) и Отто Сила (Otto Silla). В Англии и США – это Джим

Хилл (Jim Hill), Глен Роджерс (Glynn Rhodes), Стивен Волар (Stephen Vollar), Кристофер Вуплес (Christopher Whapples) и Стив Хенли (Steve Henly).

Данной проблемой в России и странах СНГ занимаются: Г.Е. Голубев, В.В. Шестокас, А.М. Гарнец, А.М. Базилевич, А.И. Цыганов, Д.К. Лейкина, Т.Е. Стороженко, Г.А. Гамбаров, В.В. Гранев, Э.Н. Кодыш, Т.П. Лунева, В.И. Старцев, И.В. Барабаш, О.А. Пекин, А.О. Ковалев, А.Н. Малахова, Б.Ф. Серебров и многие другие.

В Кыргызской республике этой проблеме посвятили свои работы архитекторы Г.П. Кутателадзе, А.М. Нежурин, Г.Г. Кузьменко, А.К. Клишевич, В.Е. Седов, Б.С. Кариев, Н.И. Клочко и другие; инженеры Л.М. Алибегашвили, Ю.А. Парамонов, В.В. Мануковский, В.П. Кадола и др.

**Вторая глава** посвящена выявлению эффективных параметров планировочной структуры многоэтажных гаражей-стоянок, разработке схемы их размещения в г. Бишкек, а также обоснованию рациональных конструктивных решений многоэтажных гаражей для региональных условий строительства в Кыргызской Республике.

Размещение гаражей и стоянок на территории города осуществляется в соответствии с возможностями, обусловленными конкретными градостроительными условиями.

Основными принципами размещения гаражей и стоянок для временного хранения легковых автомобилей в структуре городской застройки являются дисперсный, сосредоточенный и зональный. Эти принципы, а также нормативные требования других стран были использованы авторами при разработке схемы размещения гаражей для г. Бишкек (рис.1)

Одним из основных вариантов решения проблемы временного хранения легковых автомобилей в крупных городах, является строительство новых многоуровневых гаражей. Однако этот вариант требует отвода значительных участков весьма дорогостоящей городской территории и подключения возводимых зданий к существующим городским инженерным сетям.

Другим, может быть не основным, но требующим рассмотрения, вариантом решения проблемы парковок в крупном городе, является размещение гаражей в нефункционирующих или перепрофилированных одно- или многоэтажных промышленных зданиях.

Проведенное обследование показало, что уже сегодня в г. Бишкеке можно рассматривать варианты размещения гаражей-стоянок в нефункционирующих промышленных зданиях завода «Сетунь» на пересечении улицы Ю. Фучика и проспекта Чуй и завода по производству антибиотиков по улице Горького в восточной промзоне. Строительство таких гаражей позволит разгрузить прилегающие к Ошскому рынку улицы и жилой массив Тунгуч от скопления неправильно припаркованных автомобилей. Также для размещения гаража может быть использовано нефункционирующее здание завода ЖБИ2 в городе Бишкеке.

Анализ литературных источников и проектов гаражей показывает большое разнообразие основных строительных параметров: ширины стоянок и внутренних проездов, сеток колонн, высот этажей или ярусов и т.д.

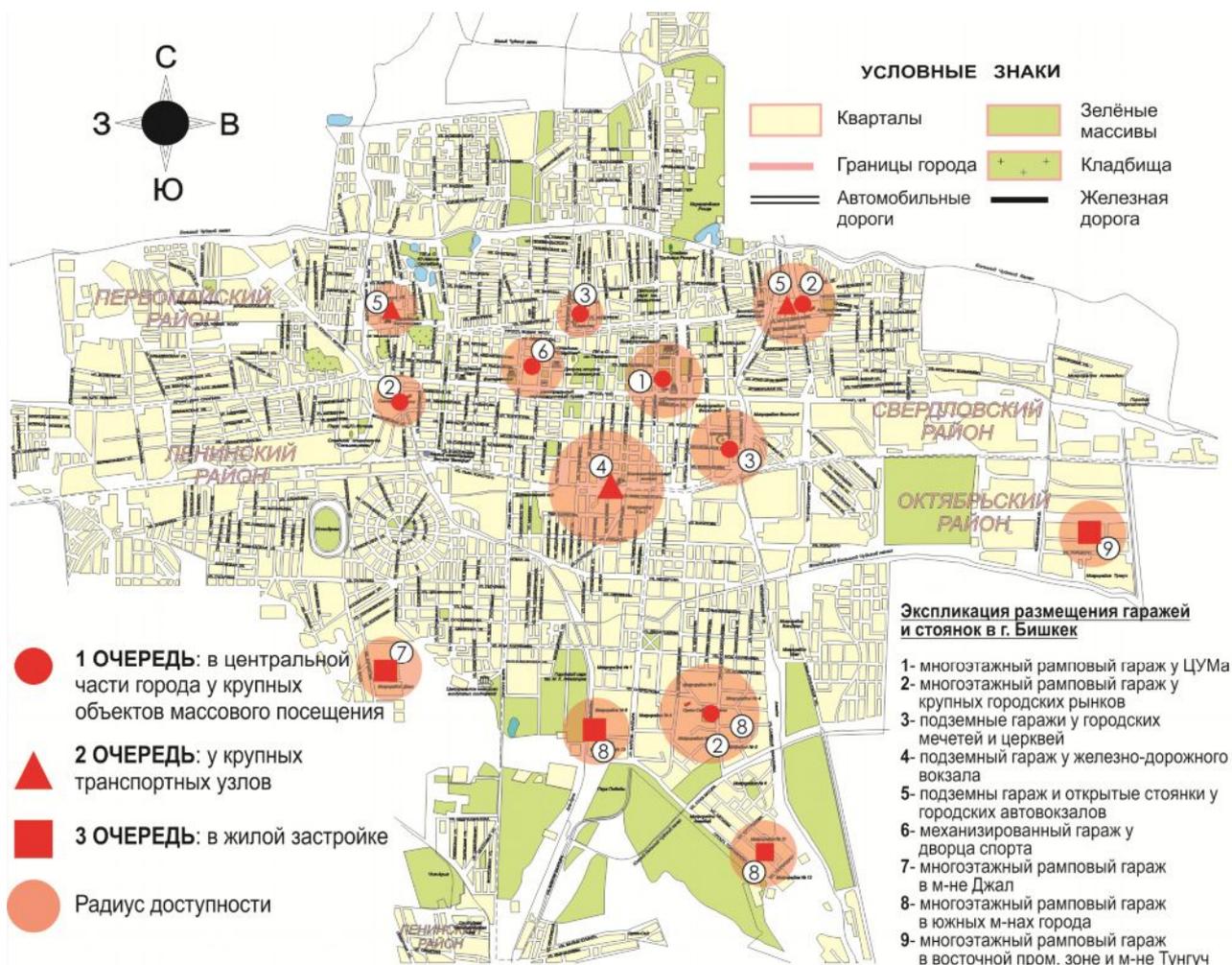


Рис. 1. Схема размещения гаражей и стоянок для города Бишкек

От планировочного решения и параметров зоны хранения в значительной степени зависят и экономические показатели гаража, в том числе стоимость машино-места. В то же время планировочное решение конкретного здания зависит не только от выбора способа передвижения автомобилей по этажам и их габаритов, но и от способа их расстановки на стоянке, а функциональные параметры машино-мест и проездов между ними определяются размерами и маневренностью наиболее распространенных в данном регионе марок автомобилей.

Анализ парка автомобилей жителей города Бишкека показал, что не менее 40 % составляют машины японского производства, относящиеся к среднему и большому классу по европейской классификации. Материалы этого анализа, а также данные компании One Steel Market Mills, легли в основу разработанных схем парковочных модулей, которые отличаются друг от друга расстановкой колонн при постоянном размере парковочного места 2.6x5.4 м и ширине проезда 5.8 м. Схемы представлены в виде единичного и множественного модулей (рис.2), которые дают на 4% больше внутrigаражного пространства, что улучшает маневренность автомобилей и безопасность.

В зарубежном строительстве для многоэтажных гаражей давно и довольно успешно применяются конструктивные системы в виде безригельного каркаса.

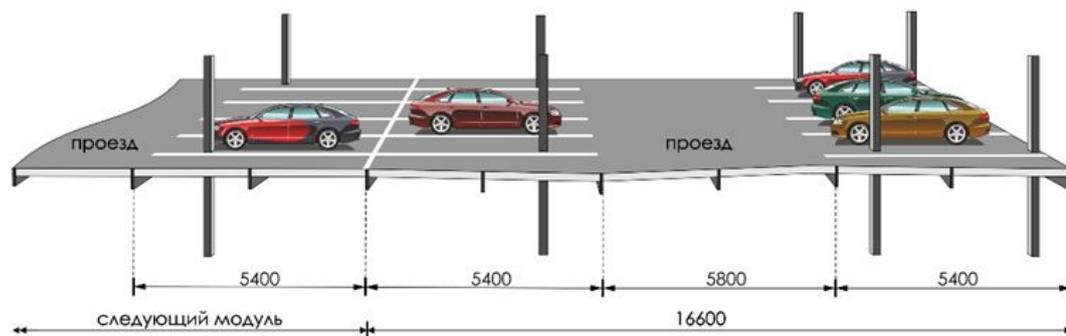


Рис. 2. Схема множественного парковочного модуля

Одним из главных преимуществ безригельного каркаса для многоэтажных гаражей, помимо снижения расхода основных строительных материалов, является возможность уменьшения строительной высоты этажа. Использование безригельного каркаса при проектировании и строительстве многоуровневого гаража при одной и той же высоте здания позволяет организовать хранение гораздо большего количества автомобилей, чем при использовании ребристых перекрытий.

Однако применение безригельного каркаса в сейсмических районах ограничивается строительными нормами, как по высоте зданий, так и по шагу несущих конструкций. При этом нормы Кыргызской Республики, в частности СНиП КР 20-09.2009 «Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования», вообще запрещает применение безригельного каркаса для многоэтажных зданий.

Ограничения связаны, прежде всего, с необходимостью обеспечения прочности плиты перекрытия в зоне ее примыкания к колоннам. Но этот вопрос успешно решается при правильном расчете и конструировании этих участков, что доказывается нормами проектирования Германии, России, Казахстана и других стран.

Например, в Германии для решения проблемы совместной работы гладкой плиты перекрытия с колоннами каркаса компанией ХАЛФЕН (“HALLFEN”) разработаны специальные арматурные системы, работающие против продавливания (НДВ) и среза (НДВ-S). Такие арматурные системы используются при строительстве многоэтажных жилых и производственных зданий не только в Германии, но и в России и других странах, что позволяет рекомендовать их для безригельных каркасов многоэтажных гаражей, которые будут строиться в крупных городах Кыргызской Республики.

Помимо конструктивной системы безригельного каркаса нами рекомендуется в качестве несущих конструкций ребристых перекрытий гаражей применять комбинированное сталежелезобетонное перекрытие с несъемной опалубкой из стального профилированного листа, а ограждающие конструкции открытых гаражей выполнять в виде стальной предварительно напряженной сетки.

**Третья глава** посвящена разработке динамического гасителя колебаний для рамно-связевых каркасов многоэтажных гаражей-стоянок и методами экспериментально теоретического анализа выполнена оценка степени его влияния на параметры колебаний и внутренние усилия в несущих элементах каркаса.

В первом параграфе этой главы приведен обзор систем активной сейсмозащиты зданий и сооружений, их классификации и анализ основных конструктивных решений.

Основные архитектурно-конструктивные принципы проектирования сейсмостойких зданий и сооружений подробно описаны как в инструктивно-нормативной литературе, так и в известных работах С.В. Полякова, Т.Ж. Жунусова, Я.М. Айзенберга, Л.Ш. Килимника, А.В. Черкашина, Б.А. Кирикова, В.М. Бондаренко, Б.М. Гусева, А.М. Курзанова, С.Б. Смирнова, А.М. Уздина, Н.П. Абовского, В.И. Смирнова и др.

Вопросам сейсмостойкости зданий и сооружений, в том числе системам сейсмоизоляции, посвящены работы киргизских ученых и специалистов В.П. Чуднецова, Л.Л. Солдатовой, М.М. Деглиной, А.Х. Абдужабарова, М.К. Абдыбалиева, У.Т. Бегалиева, Т. Ормонбекова, М.Ч. Апсеметова и других.

По принципу работы (свойствам обеспечения сейсмостойкости) все системы сейсмозащиты условно разделены на три группы. К первой группе относятся системы, использующие традиционные принципы сейсмозащиты - увеличение жесткости (прочности) конструктивных элементов за счет увеличения сечений или использования материалов с повышенными прочностными характеристиками. Ко второй относятся, так называемые «специальные системы», которые используют новые, не известные ранее принципы и подходы, также обеспечивающие снижение сейсмических нагрузок на здания и сооружения. К третьей группе можно отнести системы, использующие комбинации традиционных и специальных методов сейсмозащиты, т.е. комбинированные системы.

Одна из первых классификаций систем сейсмозащиты была предложена в 1993 году профессором Уздиным А. М. Однако в ней не предусмотрены разрабатываемые в последние годы способы внешнего снижения сейсмических воздействий, а также защитные устройства, реализующие эти способы. На рис. 3 представлена классификация систем активной сейсмозащиты, которая отражает эти новые способы.

Во втором параграфе приводится описание динамического гасителя колебаний торсионного типа (ДГКТТ) для зданий многоэтажных гаражей-стоянок (рис. 4).

Динамический гаситель колебаний состоит из вала (торсиона), один конец которого жестко соединен с рычагом (плечом торсиона), а другой конец с помощью закладных элементов жестко закреплен в нижнем основании защищаемого объекта. Плечо торсиона выполнено с прорезями (отверстиями) и, в свою очередь, шарнирно соединено с гибкой тягой-подвеской, которая крепится к верхнему основанию защищаемого объекта с помощью закладной детали и упругого демпфера в виде тарельчатой или цилиндрической пружины. Выполнение плеча торсиона с прорезями позволяет менять его длину и жесткостные характеристики гасителя.

Для практического расчета (подбора сечений) элементов ДГКТТ, а также последующего компьютерного моделирования, предложена следующая методика.



Рис. 3. Классификация системы сейсмозащиты зданий

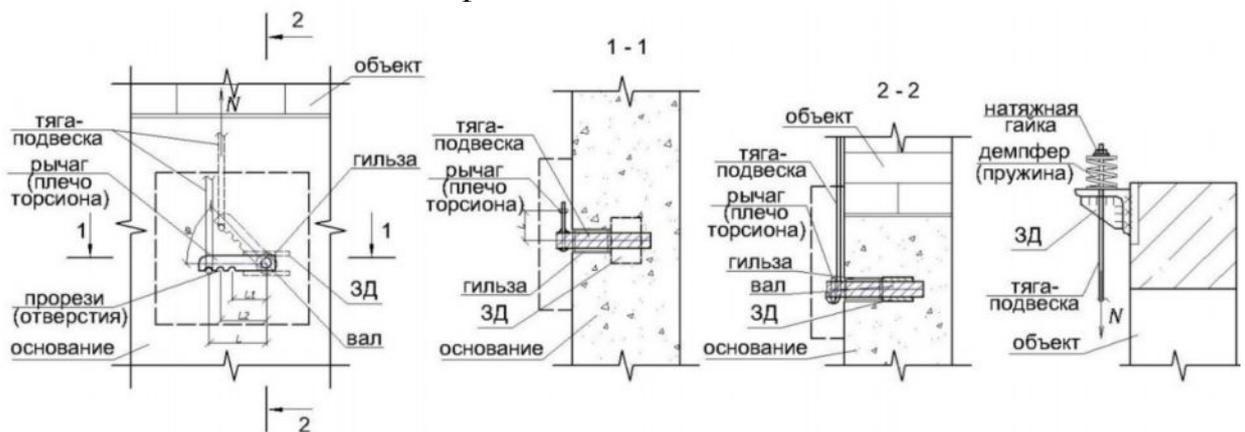


Рис. 4. Гаситель колебаний торсионного типа

От поперечных сил и крутящего момента в опасном сечении торсиона возникают касательные напряжения  $\tau_{Q_y}, \tau_{Q_z}, \tau_T$ , а от изгибающих моментов – нормальные напряжения  $\sigma'$  и  $\sigma''$ . Влиянием поперечных сил часто пренебрегают и учитывают только три момента: крутящий –  $T$  и два изгибающих –  $M_z$  и  $M_y$  от которых возникают три напряжения: одно касательное и два нормальных, т.е. имеет место случай плоского напряженного состояния (рис. 5):

$$\sigma_x = \sigma_{M_z} + \sigma_{M_y} - \frac{M_z}{I_z} y + \frac{M_y}{I_y} z; \sigma_y = 0; \sigma_z = 0; \tau_{xz} = \tau_T = \frac{T}{I_p} \rho. \quad (1)$$

Как при изгибе, так и при кручении стержня круглого поперечного сечения опасными являются волокна на периферии. Учитывая, что для стержня круглого поперечного сечения  $W_z = W_y = W_{oc}$ ;  $W_p = 2W_{oc}$ , эти напряжения будут равны:

$$\sigma_{M_y, max} = \frac{M_y}{W_{oc}}; \sigma_{M_z, max} = \frac{M_z}{W_{oc}}; \tau_{T, max} = \frac{T}{2W_{oc}}. \quad (2)$$

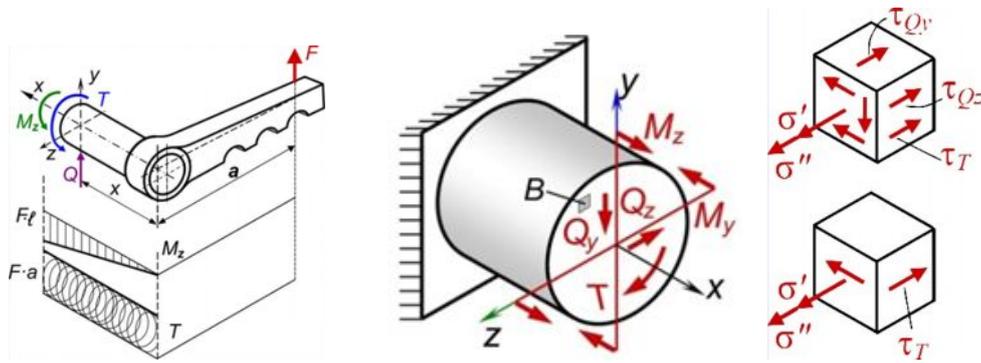


Рис. 5. Внутренние усилия и напряжения в опасном сечении торсиона

Условие прочности для пластичных материалов по III теории прочности (наибольших касательных напряжений):

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma], \quad (3)$$

$$\text{где } \sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}; \quad \sigma_3 = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}; \quad (4)$$

$$\text{Тогда } \sigma_{\text{ЭКВ}} = \left[ \frac{\sigma_x}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_T^2} \right] - \left[ \frac{\sigma_x}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_T^2} \right]; \quad (5)$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_T^2} \leq [\sigma]. \quad (6)$$

Поскольку для круглого и кольцевого сечений не существует точки, одинаково удаленной от обеих осей инерции z, y, то используют **результующий момент** – геометрическую сумму векторов изгибающих моментов относительно осей z, y:

$$M_{\text{рез}} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2}. \quad (7)$$

$$\text{Тогда } \sigma_x = \frac{M_{\text{рез}}}{W_{oc}}, \quad \sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{M_y^2 + M_z^2}{W_{oc}^2} + 4 \frac{T^2}{(2W_{oc})^2}} \leq [\sigma]; \quad (8)$$

$$\text{или } \sigma_{\text{ЭКВ}} = \frac{\sqrt{M_y^2 + M_z^2 + T^2}}{W_{oc}} \leq [\sigma]. \quad (9)$$

Условие прочности при совместном действии изгиба и кручения:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \frac{M_{\text{прив}}}{W_{oc}} \leq [\sigma]. \quad (10)$$

$M_{\text{прив}}$  – приведенный момент, действие которого эквивалентно совместному действию всех внутренних усилий в соответствии с используемыми теориями прочности.

Приведенного момента в действительности не существует, изобразить его нельзя, вектора он не имеет. Величина приведенного момента зависит от используемой теории прочности. Результаты расчетов по III и VI теориям прочности близки, отличаются примерно на 5-10%.

Для вычисления угла закручивания торсиона  $\varphi$  можно воспользоваться следующей формулой:

$$\varphi = \frac{T \cdot l}{G \cdot I_p}. \quad (11)$$

Произведение  $G \cdot I_p$  называют *жесткостью сечения при кручении*. За меру жесткости принимают относительный угол закручивания, то есть угол, приходящийся на единицу длины торсиона:

$$\theta = \frac{\varphi}{l} = \frac{T}{G \cdot I_p} \quad (12)$$

$$\text{Условие жесткости: } \theta = \frac{\varphi}{l} = \frac{T}{G \cdot I_p} \leq [\theta], \quad (13)$$

где  $[\theta]$  имеет размерность рад/м.

$$\text{Чаще пользуются условием: } \theta = \frac{\varphi}{l} = \frac{T}{G \cdot I_p} \frac{180}{\pi} \leq [\theta^\circ] \quad (14)$$

Допускаемое значение угла  $[\theta^\circ]$  закручивания зависит от назначения торсиона. Принимают  $[\theta^\circ] = (0,3 \text{ -- } 1,0)$  град/м.

Приведенная выше методика позволяет вычислить все необходимые геометрические и жесткостные параметры ДГКТТ.

Дальнейшие исследования работы гасителя колебаний показали, что улучшить его диссипативные свойства можно за счет включения в работу ДГКТТ дополнительных элементов, например, пружин кручения (рис. 6).

Расчет винтовой цилиндрической пружины кручения из проволоки круглого сечения производят на изгиб по моменту  $M$ , закручивающему пружину, по известным формулам сопротивления материалов.

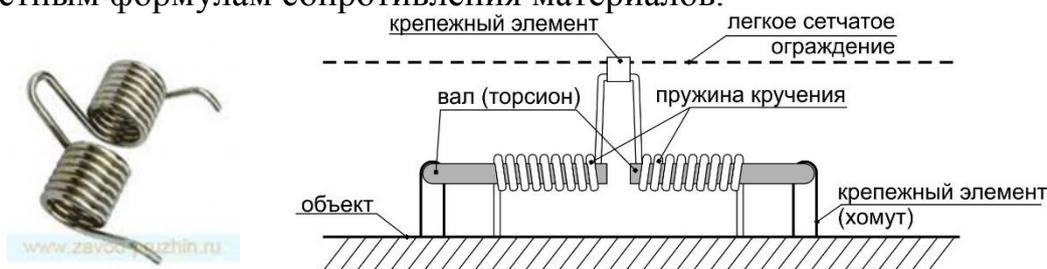


Рис. 6. Комбинированный гаситель колебаний торсионного типа

Примеры использования комбинированного ДГКТТ в конструкции сетчатого ограждения гаража показаны на рисунке 7.

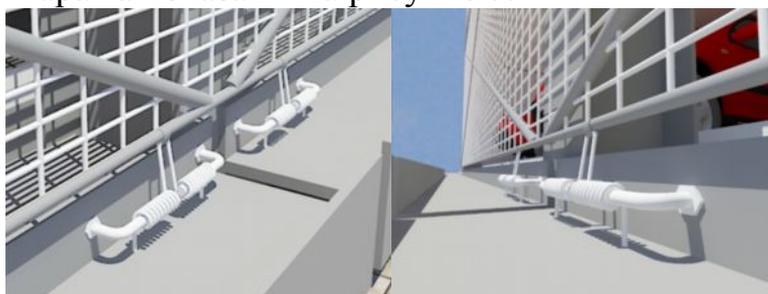


Рис. 7. ДГКТТ в конструкции сетчатого ограждения гаража

Методика и результаты испытаний малых моделей гаражей с динамическим гасителем колебаний торсионного типа приведены в третьем параграфе.

Для исследования влияния ДГКТТ на работу каркаса многоэтажных зданий на кафедре «Архитектура промышленных и гражданских зданий» КРСУ разработан стенд для испытаний малых моделей при динамических нагрузках. Конструкция стенда представлена на рисунке 8.

Стенд состоит из платформы, основания и механизма для возбуждения колебаний. Платформа соединена с основанием упругими опорами, а в зазоре между ними установлены жесткие опорные направляющие цилиндрической формы. Упругие опоры выполнены в виде стальных пружин или резинометаллических стержней. Для регистрации параметров колебаний платформа снабжена сейсмографом, а стенд – высокоскоростной видеокамерой. Механизм для возбуждения колебаний выполнен в двух вариантах: в виде гибкой струны-оттяжки и спускового устройства, или в виде диска с электроприводом и рычажной системой.

Испытания проводились на двух моделях. Первая модель представляла собой 4-х этажный рамный каркас размерами в плане 18x18 см и высотой 60 см, изготовленный из стержневых элементов из стеклопластика сечением 0,2x1 см. Вторая модель таких же габаритов была изготовлена из стальной проволоки диаметром 3 мм.

Легкое ограждение моделировалось тканой сеткой из полимерного материала с ячейкой 2x2 мм, а динамический гаситель пружины кручения, изготовленной из булавки.

Цель испытаний – определение характера работы моделей (параметров собственных колебаний) при включении в работу каркаса ДГКТТ.

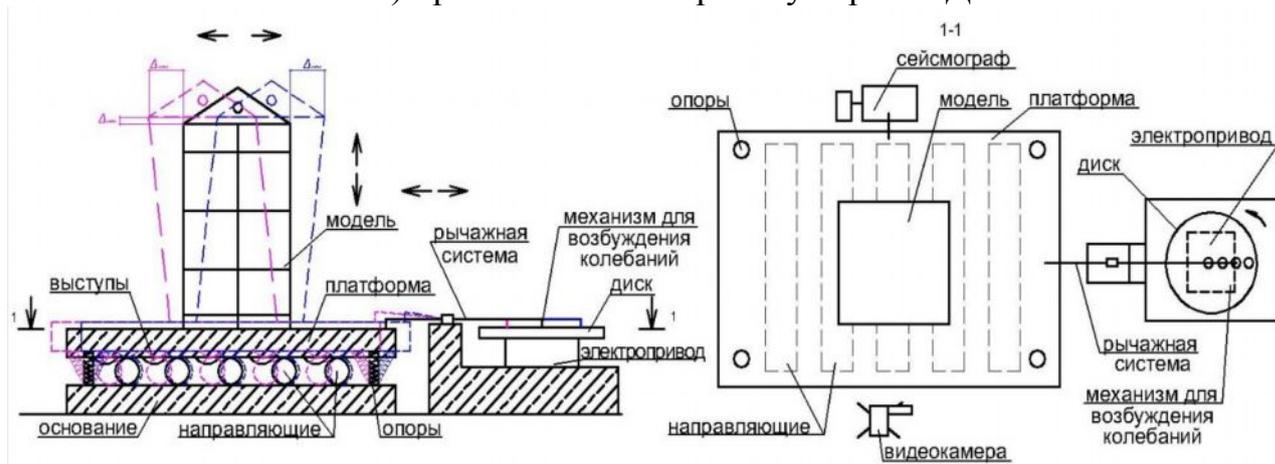


Рис. 8. Стенд для испытания малых моделей

Результаты испытаний показали, что при включении в работу каркаса модели ДГКТТ амплитуды колебаний снижаются на 40-50 %.

С целью подтверждения эффекта гашения колебаний зданий, снабженных ДГКТТ, а также выявления степени его влияния на несущие конструкции многоэтажных гаражей, в параграфе 3.4 приведены результаты численных исследований с использованием программно-вычислительного комплекса ЛИРА 9.6.

Исследования проводились в несколько этапов. На первом проведены расчеты рамного каркаса 4-х уровневый гаража для районов строительства с расчетной сейсмичностью 9 баллов и II категорией грунта по сейсмическим свойствам. Расчеты проводились как для железобетонного, так и для стального каркаса (рис. 9).

На втором этапе в расчетную модель гаража вводились гибкие крестовые диагональные связи, имитирующие легкое сетчатое ограждение. На этом этапе изучалась работа рамно-связевого каркаса без динамических гасителей колебаний.

На третьем этапе в расчетную модель каркаса вводились гасители колебаний. На этом этапе также изучалось влияние жесткости гасителя на работу каркаса.

Завершающий этап численных исследований был посвящен анализу работы 9-ти этажного железобетонного каркаса при включении в его работу ДГКТТ.

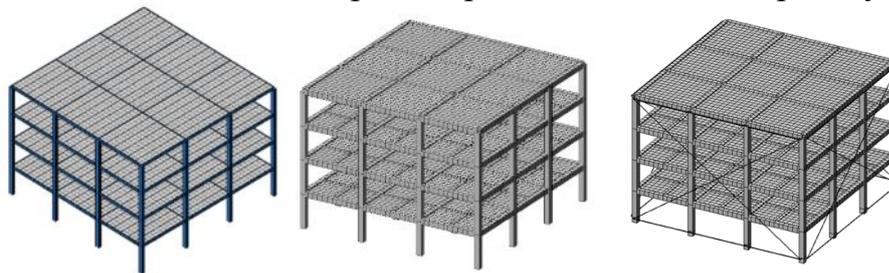


Рис. 9. 3D модели 4-х этажного паркинга

Основная проблема численных исследований заключалась в разработке модели самого гасителя, поскольку в библиотеке конечных элементов ПК ЛИРА такой отсутствует. Сначала гаситель колебаний моделировался как пространственный стержень составного поперечного сечения. Однако после нескольких пробных попыток и анализа полученных результатов, было принято решение принять для дальнейших расчетов конечный элемент КЭ 56.

Анализ полученных результатов (рис. 10) показал, что при включении в работу каркаса диагональных связей, имитирующих сетчатое ограждение, резко меняется не только форма колебаний, но и значительно, до 14 % уменьшаются перемещения. Несколько иная картина наблюдается при включении гасителей колебаний – горизонтальные перемещения снижаются на 28 % и сглаживаются первые формы колебаний. При увеличении линейной жесткости ДГКТТ в пять раз (с  $R=100$  т/м до  $R=500$  т/м) эффект снижения перемещений увеличивается.

То же самое можно сказать о перераспределении внутренних усилий в несущих элементах каркаса. При включении в работу гасителей с линейной жесткостью  $R=500$  т/м продольная сила "N" в стойках снизилась на 47 % изгибающие моменты "M" в стойках каркаса снизились на 32 %; поперечная сила "Q" – на 32 %.

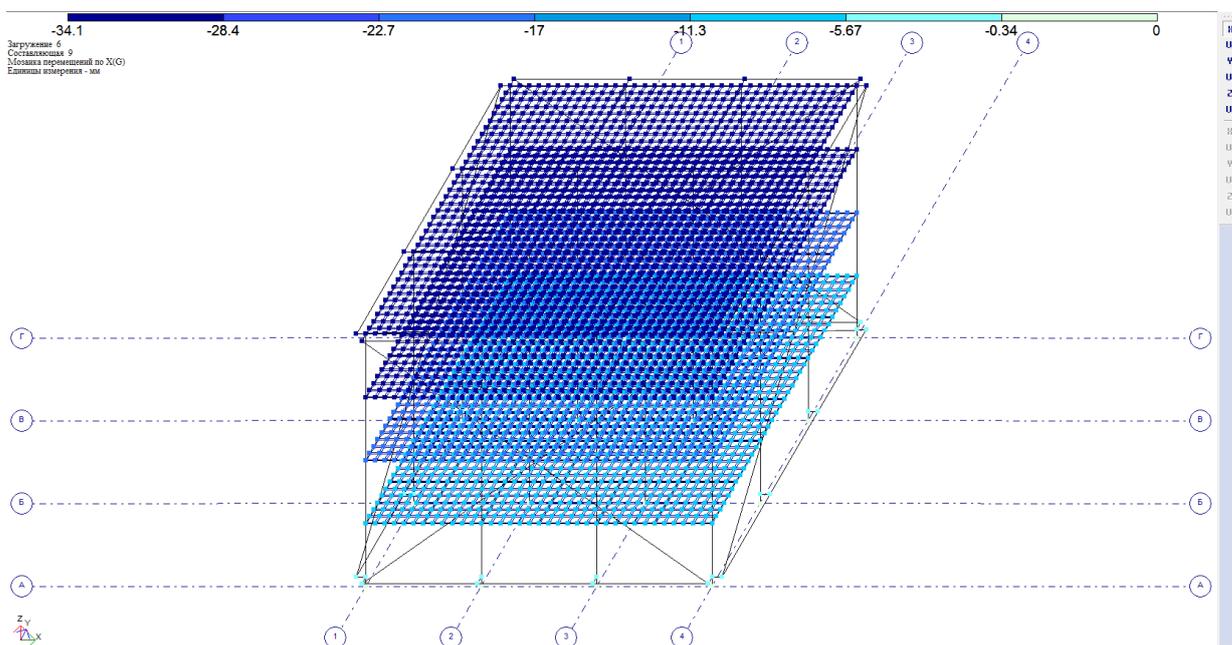


Рис.10.а. Мозаика перемещений, сейсмическая нагрузка (рамно-связ. каркас)

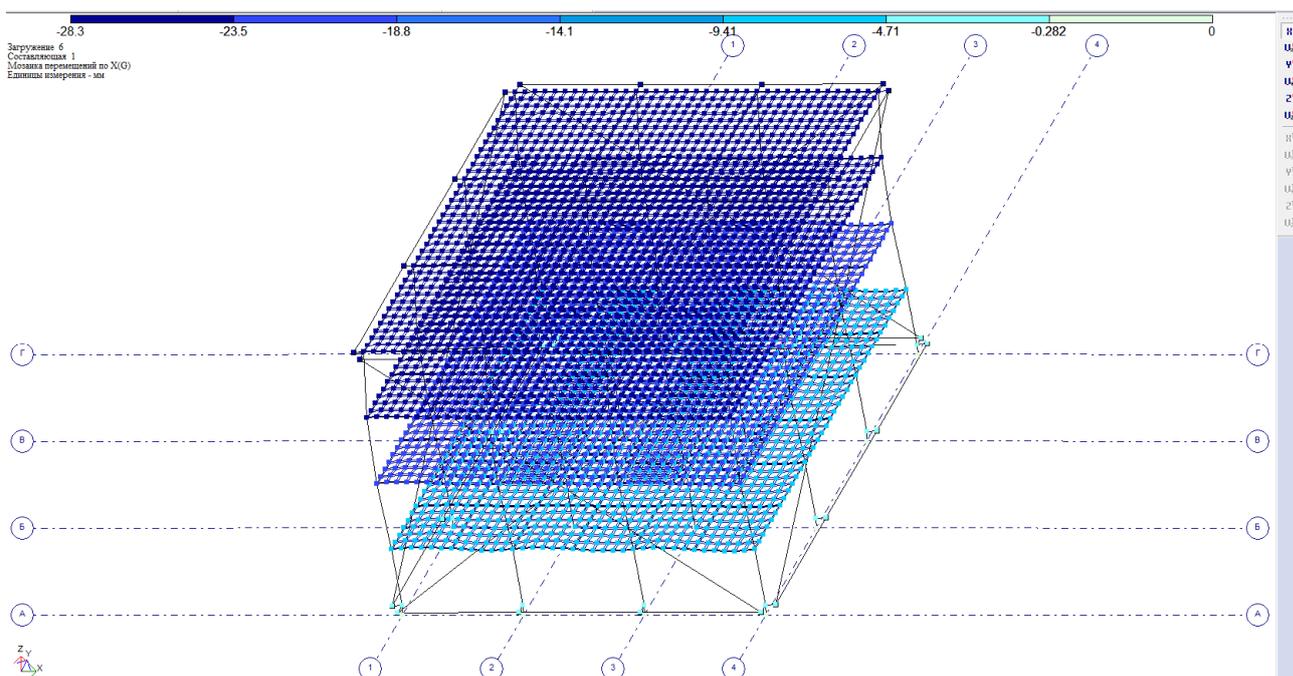


Рис. 10. б. Мозаика перемещений, сейсмическая нагрузка (р.-св. ж/б к.+ДГКТТ)

На основании полученных результатов выполнены сметные расчеты на возведение здания гаража в ж/б каркасе и в ж/б каркасе с применением ДГКТТ.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ планировочных и конструктивных решений многоэтажных гаражей-стоянок выявил целесообразность проектирования и строительства в крупных городах Кыргызской Республики открытых многоэтажных гаражей-стоянок с манежным хранением автомобилей в рамно-связевом каркасе и легкими ограждающими конструкциями.
2. В связи с отсутствием в Кыргызской Республике собственной нормативной базы по проектированию многоэтажных гаражей как специализированных сооружений для временного хранения индивидуального транспорта, предложить Госагентству архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики принять материалы диссертации для разработки такой документации (СНиП, СП и др.).
3. Разработанная при участии автора, схема размещения многоэтажных гаражей-стоянок должна помочь в решении проблемы хранения легкового автотранспорта в г. Бишкеке. Кроме строительства новых зданий гаражей-стоянок, рекомендовано использовать для этих целей нефункционирующие промышленные здания, а также оптимальные схемы единичного и множественного парковочных модулей, которые позволяют эффективно использовать не только внутреннее пространство гаража, но и площадь застраиваемого участка.

4. С целью создания современных инновационных проектных решений многоэтажных гаражей-стоянок, обеспечивающих экономию финансовых и материальных ресурсов, рекомендовано:

А. Использовать в каркасных конструктивных системах перекрытия в виде комбинированного сталежелезобетонного перекрытия с несъемной опалубкой.

Б. Проектным и строительным организациям Кыргызской Республики при проектировании и возведении многоэтажных гаражей разрешить применение конструктивной системы безригельного каркаса.

5. Установлено, что запатентованное устройство для гашения колебаний зданий и сооружений (ДГКТТ) обеспечивает достаточные диссипативные свойства и эффективно влияет на работу каркаса многоэтажного гаража. Это приводит к снижению амплитуды колебаний на 47-60 %; уменьшению изгибающих моментов до 30 %, что позволяет уменьшить размеры поперечных сечений несущих конструкций и/или их армирования на 13-30 %.

6. Экономический эффект от сокращения затрат при возведении железобетонного каркаса 4-х этажного паркинга с ДГКТТ составляет 1 555 950 сом.

7. Результаты исследования дают основание предполагать, что ДГКТТ можно эффективно использовать при проектировании зданий с различной жесткостью вертикальных несущих элементов, например, при надстройке существующих зданий, а также при проектировании и строительстве многоэтажных гаражей-стоянок для площадок с сейсмичностью 9 баллов и III категорией грунтов по сейсмическим свойствам. Кроме того, гасители колебаний торсионного типа целесообразно использовать для повышения сейсмостойкости зданий существующей застройки.

#### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Верременко Т.В. Современные типы автоматизированных парковок [Текст] / Т.В. Верременко // Архитектура, строительство и дизайн стран центральной Азии в начале 10-х годов нового тысячелетия: сб. тр. межд. науч. - практ. конф. – Бишкек : КРСУ, 2011. – С. 37–44.

2. Верременко Т.В. Классификация и типы современных гаражей-стоянок автомобилей [Текст] / Т.В. Верременко // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2011. – Т. 11.– № 9.– С. 97 – 101.

3. Верременко Т.В. Транспортные проблемы крупных городов Кыргызстана. Идеи и пути решения [Электронный ресурс] / Т.В. Верременко // Архитектон: известия вузов. – Екатеринбург: УралГАХА, 2011. – № 34. – URL: [http://archvuz.ru/2011\\_22/61](http://archvuz.ru/2011_22/61).

4. Верременко Т.В. О целесообразности размещения гаражей-стоянок легковых автомобилей в нефункционирующих промышленных зданиях [Текст] / В.С. Семенов, Т.В. Верременко // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2011. – №3(33). – С. 70 – 73.

5. Верременко Т.В. Принципы размещения гаражей-стоянок легковых автомобилей в зонах городской застройки г. Бишкек [Текст] / В.С. Семенов, Т.В. Верременко, Р.Ш. Акбаралиев // Наука и культура стран Центральной Азии: традиции и современные проблемы: межд. сб. науч. тр. / под ред. Р.С. Мукимова. – Душанбе : ICOMOS в Таджикистане, 2012. – Вып. 8. – С. 78 – 87.

6. Верременко Т.В. Влияние экономических факторов на выбор типа стоянки для хранения легковых автомобилей и места ее расположения в структуре городской застройки [Текст] / Т.В. Верременко // Современные техника и технологии в научных исследованиях: сб. материалов 4-й конференции молодых ученых и студентов. – Бишкек : НС РАН, 2012. – С. 129 – 131.
7. Верременко Т.В. Современные системы сейсмозащиты зданий и сооружений. Классификация, основные конструктивные решения [Текст] / В.С. Семенов, Т.В. Верременко // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2012. – Т. 12. – № 6. – С. 65–70.
8. Верременко Т.В. Элементы объемно-планировочной структуры многоэтажных гаражей-стоянок и их влияние на технико-экономические показатели [Текст] / Т.В. Верременко // Современные техника и технологии в научных исследованиях: сб. материалов 5-й конференции молодых ученых и студентов. – Бишкек : НС РАН, 2013. – С. 310 – 315.
9. Верременко Т.В. Качественная оценка работы гасителя колебаний торсионного типа [Текст] / В.С. Семенов, Т.В. Верременко // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2014. – Т. 14. – № 7. – С. 112 – 115.
10. Верременко Т.В. Комбинированное сталежелезобетонное перекрытие безригельного каркаса многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей [Текст] / Т.В. Верременко // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2014. – Т. 14. – № 9. – С. 197 – 201.
11. Верременко Т.В. К расчету параметров гасителя колебаний торсионного типа [Текст] / В.С. Семенов, Т.В. Верременко. // Архитектура, дизайн и строительство в горных условиях: сб. тр. межд. науч. - практ. конф. – Б.: Айат, 2015. – С. 96 – 99.
12. Верременко Т.В. Динамический гаситель колебаний [Текст] : пат. № 1552 КР : МПК Е 04 В 1/98, F 16 F 5/00 / В.С. Семенов, Ж.А. Акматова, Т.В. Верременко; заявитель и патентообладатель Кырг.-Росс. Слав. ун-т. – № 20120045.1 ; заявл. 27.04.12; опубл. 31.05.13, Бюл. № 6. – 21 с.
13. Верременко Т.В. Гаражи и стоянки легковых автомобилей. Материалы для проектирования: учебное пособие [Текст] / В.С. Семенов, Р.Ш. Акбаралиев, Т.В. Верременко. – Бишкек: КРСУ, 2011. – 128 с.

### **КЫСКАЧА МАЗМУНУ**

**05.23.01 – куруучу түзүлүштөр, имараттар жана курулуштар кесип боюнча техникалык илимдеринин кандидаты деген илимий даражасына ээ болуу үчүн Верременко Татьяна Вячеславовнанын «Жеңил автомобилдердин көп кабаттуу токтотуучу жайлар - гараждардын пландаштыруу жана конструктивдик чечимдерин өркүндөтүү» аттуу диссертациясы сунушталган.**

**Ачкыч сөздөр:** көп кабаттуу токтотуучу жайлар – гараждар, паркинг, конструктивдик жана пландаштыруу чечимдер, торсиондук типтеги термелүүнү динамикалык басаңдаткычы, сейсмикалык туруктуулук .

**Изилдоолордун объектиси:** жеңил автомобилдердин көп кабаттуу токтотуучу жайлары – гараждары.

**Изилдоолордун предмети:** Жеңил автомобилдердин көп кабаттуу токтотуучу жайлар – гараждардын пландаштыруу жана конструктивдик чечимдери.

**Изилдөө ыкмалары:** заманбап автоматташтырылган эсептөө жана долбоорлоо каражаттарды пайдаланып теоретикалык, эксперименталдык жана саныриптик изилдөөлөр, патенттик изилдөө методдору жана ошондой эле стандарттык жана атайын иштелип чыккан ыкмалар.

**Иштин максаты:** Жеңил автомобилдердин көп кабаттуу токтотуучу жайлар – гараждардын пландаштыруу жана конструктивдик чечимдерин илимий негиздөө.

**Кабыл алынган жыйынтыктар.** Жеңил автомобилдердин сактоо проблемаларынын анализи өткөрүлдү жана Бишкек шаары үчүн көп кабаттуу гараждарынын жана токтотуучу жайларынын жайгаштыруу схемасы иштелип чыкты. Жаңы конструктивдик чечим жана көп кабаттуу токтотуучу жайлар – гараждардын имаратынын сейсмикалык туруктуусун камсыздоо каражаты катары торсиондук типтеги термелүүнүн динамикалык басаңдаткычынын конструкциясы иштелип чыкты. Заманбап автоматташтырылган изилдөө жана долбоорлоо каражаттарын пайдаланып жаңы конструкциянын теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрү жүргүзүлдү. Изилдөөнүн негизинде көп кабаттуу токтотуучу жайлар – гараждардын оптималдуу пландаштыруу жана конструктивдик чечимдери аныкталды жана торсиондук типтеги термелүүнүн динамикалык басаңдаткычы кошулган рамалык түйүлгөн каркасы менен көп кабаттуу токтотуучу жайлар –гараждардын эсептөө жана долбоорлоо ыкмасы иштелип чыкты.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Верременко Татьяны Вячеславовны на тему «Совершенствование планировочных и конструктивных решений многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения.

**Ключевые слова:** многоэтажный гараж-стоянка, паркинг, конструктивные и планировочные решения, динамический гаситель колебаний торсионного типа, сейсмостойкость.

**Объект исследования:** многоэтажные гаражи-стоянки легковых автомобилей.

**Предмет исследования:** планировочные и конструктивные решения многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей.

**Методы исследования:** теоретические, экспериментальные и численные исследования с применением современных автоматизированных средств проектирования, методы патентных исследований, а также стандартные и специально разработанные методики.

**Цель работы:** научное обоснование конструктивных и планировочных решений многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей.

**Полученные результаты.** Проведен анализ проблемы хранения легковых автомобилей и разработана схема размещения многоэтажных гаражей и наземных стоянок для г. Бишкек. В качестве нового конструктивного решения и обеспечения сейсмостойкости зданий многоэтажных гаражей-стоянок разрабо-

тана конструкция динамического гасителя колебаний торсионного типа. Проведены теоретические и экспериментальные исследования новой конструкции с применением современных автоматизированных средств исследований и проектирования. В результате исследования определены оптимальные планировочные и конструктивные решения многоэтажных гаражей-стоянок легковых автомобилей и разработана методика расчета и проектирования многоэтажных гаражей-стоянок с рамно-связевым каркасом, снабженным динамическим гасителем колебаний торсионного типа.

## SUMMARY

to the thesis of Veremenko Tatiana Vyacheslavovna on the theme «Improvement of planning and constructive decisions for multi-storey parking garages» submitted to confer the scholarly degree of a candidate of engineering sciences, specialty 05.23.01 – engineering structures, buildings and constructions.

**Key words:** multi-storey parking garage; parking; planning and constructive decisions; torsion dynamic vibration absorber; seismic stability.

**The object of the research:** multi-storey parking garages.

**The subject of the study:** planning and constructive decisions for multi-storey parking garages.

**The methods of the research analysis:** theoretical, experimental and numerical investigations using an up-to-date computer-aided design, methods of patent research, standard and specifically developed techniques as well.

**The aim of the research** is a scientific substantiation of the constructive and planning decisions for multi-storey parking garages.

**The obtained results.** It was analysed the problem of a car storage and developed an allocation scheme of multi-storey and surface car parks for Bishkek. A construction of a torsion dynamic vibration absorber was developed as a new constructive decision and an earthquake proofing of multi-storey parking garages. Theoretical and experimental investigations of a new construction were carried out using an up-to-date computer-aided design. As the result of investigation the optimal planning and constructive decisions for multi-storey parking garages were determined as well as the procedure of calculation and design of multi-storey parking garages with braced frame providing a torsion dynamic vibration absorber was developed.

**ТАТЬЯНА ВЯЧЕСЛАВОВНА ВЕРЕМЕНКО**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ  
И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ  
ГАРАЖЕЙ-СТОЯНОК ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

**Автореферат диссертации**

---

Подписано в печать 3.04.2015 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>

Печать офсетная. Объем 1,0 п.л. Тираж 150 экз. Заказ № 138  
Отпечатано в типографии КРСУ: 720048, г. Бишкек, ул. Горького, 2