

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.414.01, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 03.03.2023 г. протокол № 1

О присуждении **Вешкину Максиму Сергеевичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Расчёт и оптимизация упругих стержневых систем при импульсном нагружении» по специальности 2.1.9. – «Строительная механика» принята к защите 14 декабря 2022 г. (протокол заседания № 12) диссертационным советом 24.2.414.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 634003, г. Томск, пл. Соляная, д. 2, приказ № 714/нк от 02.11.2012 г. Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 20.10.2017 № 1017/нк о внесении частичных изменений в состав совета; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 24.09.2021 № 968/нк о внесении частичных изменений в состав совета; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 12.10.2022 № 1215/нк о внесении частичных изменений в состав совета; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 26.01.2023 № 94/нк о внесении частичных изменений в состав совета.

Соискатель Вешкин Максим Сергеевич, 30 августа 1975 года рождения, в 1997 году окончил Новосибирскую государственную академию строительства, в 2001 году окончил обучение в аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном

образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно - строительный университет (Сибстрин)», по специальности «Строительная механика»,

работает старшим преподавателем на кафедре строительной механики в ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре строительной механики ФГБОУ ВО НГАСУ (Сибстрин), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Гребенюк Григорий Иванович, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра строительной механики, профессор.

Официальные оппоненты:

Дмитриева Татьяна Львовна, доктор технических наук, доцент, зав. каф. «Механика и сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»;

Красноруцкий Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прочность летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград, в своем **положительном отзыве**, подписанном Игнатьевым Владимиром Александровичем, д.т.н., профессором кафедры «Строительная механика», утвержденным Бурлаченко Олегом Васильевичем, доктором технических наук, заместителем директора ИАиС ВолгГТУ по научной работе, **указала, что** диссертационная работа является завершенной самостоятельной научно-исследовательской работой, характеризуется внутренним единством, содержательностью и достаточностью совокупных научных результатов, выносимых автором на публичную защиту, подтверждает личный вклад соискателя в решение проблемы развитие методов динамического расчёта и алгоритмов оптимизации упругих стержневых систем при импульсном нагружении.

Работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Вешкин М.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. – Строительная механика.

Соискатель имеет 22 опубликованных работ, в том числе 21 по теме диссертации, из них 7 – в журналах из перечня ВАК РФ, 1 – в изданиях, индексируемых в международной базе SCOPUS и Web of Science. Получены авторские права на программу ЭВМ. Общий объём изданий 16 печ. л., авторский вклад составляет не менее 70 %. Опубликованные научные труды в достаточной степени раскрывают содержание диссертации и полностью соответствуют её теме. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных по теме диссертации научных работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Гребенюк Г.И., Максак В.И., **Вешкин М.С.** Оценка эффективности использования обобщенных переменных проектирования в задаче оптимизации стержневых систем при импульсном нагружении // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 2. С. 76-86.

2. Гребенюк Г.И., **Вешкин М.С.** Расчет упругих стержневых систем на динамические воздействия с использованием модели "комплексной жесткости" для внутреннего трения в материалах // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2020. № 5 (737). С. 18-30.

3. **Вешкин М.С.**, Гребенюк Г.И. Об использовании комплексной модели внутреннего трения в расчетах стержневых систем на импульсные воздействия // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. № 5 (725). С. 5-17.

4. Гребенюк Г.И., **Вешкин М.С.** Разработка алгоритмов численного расчёта и оптимизации стержневых систем при действии импульсных нагрузок // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 4 (45). С. 106-116.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Барсуков Владимир Георгиевич, д.т.н., доцент, зав. каф. «Механика и строительные конструкции» Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, г. Гродно;

Отзыв положительный. Имеются замечания:

Несколько небольших огрехов при оформлении текста автореферата не снижают общего положительного впечатления о работе.

2. Потапов Александр Николаевич, д.т.н., профессор, член-корреспондент РААСН, профессор кафедры строительного производства и теории сооружений НИУ ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. На стр. 12 не приведены численные значения исследуемых характеристик внутреннего трения.

2. На стр. 16 в конце верхнего абзаца используется термин «вектор обобщенных ВП» а на стр. 20, третий абзац, термин «глобальных векторов ВП» по отношению к одним и тем же векторам.

3. Серых Инна Робертовна, к.т.н., доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов ФГБФУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», г. Белгород

Отзыв положительный. Имеются замечания:

Исходя из вариационных принципов механики деформируемого твердого тела, принятие в качестве целевой функции объёма материала системы возможно при ограничениях, имеющих энергетический характер, каковым является условие (37). В этом плане принимаемое параллельно условие (36) может внести некоторый диссонанс. Контроль прочности обычно выносится в проверочный блок алгоритма перед корректировкой варьируемых параметров.

4. Кучеренко Ирина Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин Новосибирского высшего военного командного училища, г. Новосибирск.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. На стр. 9 автореферата предложение «Мнимая единица в (3) математически

означает...» является некорректным. Более правильный вариант: «Умножение на мнимую единицу в (3) позволяет получить отставание...»

2. На стр. 11., третий абзац снизу: не указано, какая точность определения $\gamma_{\text{экв}}$, F_k принималась в качестве критерия остановки итераций перерасчёта.

5. Гаврилов Александр Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства», ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В описании к третьей главе не указано количество экспериментов для каждой серии, но эта информация является важной, так как для статистической обработки необходим достаточно большой объём данных;

2. На рис. 7 и далее по тексту обозначение индекса у варьируемого параметра, характеризующего размер сечения, δ_i не совпадает с обозначениями индексов, принятыми выше для нумерации других параметров сечений (EI_j и погонные массы $\tilde{m}_j$);

6. Степанова Людмила Николаевна, д.т.н., профессор кафедры «Физика, электротехника, диагностика и управление в технических системах», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Достаточно мелкий масштаб некоторых формулах в автореферате, например в (8) (14) и некоторых других, затрудняет восприятие излагаемого материала.

2. В автореферате не указано, как получены экспериментальные сигналы. Судя по рисункам экспериментов, речь идёт о тензометрической системе?

7. Петров Марк Григорьевич, к.т.н., ведущий научный сотрудник ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина», г. Новосибирск.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Исходя из содержания представленной работы, её правильнее было бы назвать «Расчёт и оптимизация неупругих стержневых систем при импульсном нагружении», так как упругие системы в природе не встречаются.

2. В любом твёрдом теле при малых амплитудах нагружения всегда присутствует релаксационный фон внутреннего трения, характеризующийся постоянным коэффициентом вязкости (демпфирования, поглощения). Самая простая модель, описывающая этот тип неупругого поведения материала, – модель стандартного неупругого тела. Если же рассматривается процесс колебаний системы с таким типом неупругости, то дифференциальное уравнение затухающих колебаний имеет третий порядок, а его решение содержит дополнительное слагаемое вида $C_1 \cdot \exp(-nt)$, описывающее нестационарный процесс колебаний в начальный момент времени. То есть, вначале колебания будут несимметричными и негармоническими.

При импульсном воздействии нестационарность демпфирования в начальный момент будет играть заметную роль. Это, по-видимому, и присутствует на рис. 4, б автореферата, где в начале процесса колебаний отклонения расчёта от показаний тензодатчика подобны случаю расчёта без учёта внутреннего трения, хотя и несколько меньше (рис. 4, а). Поэтому следовало бы отметить, что использованная обобщённая модель не учитывает нестационарность демпфирования в начальный момент времени при импульсных воздействиях. Ведь в эксплуатации мы во многих случаях имеем дело с непрерывным потоком нестационарных воздействий.

3. В работе приведены экспериментальные данные для стержней из алюминия и органического стекла. Каждый из этих материалов имеет свою амплитудную зависимость демпфирования, которая связана с появлением в них неупругости гистерезисного типа³. В алюминиевых сплавах гистерезисный тип неупругости обнаруживается при амплитудах порядка 10 МПа, а при амплитудах около 40 МПа начинает интенсивно нарастать, в органическом стекле – при амплитудах около 50 МПа. В более прочных углеродистых сталях без специальной термообработки он появляется при амплитудах 140–200 МПа, а в термообработанных – при 300 МПа и более. Этот тип неупругости возникает в результате появления в материале локальных пластических деформаций и также имеет период неустановившегося демпфирования. Следовало бы провести измерения неупругости для каждого материала и стыкового соединения стержней, проанализировать их амплитудную зависимость и сопоставить с рассматриваемой моделью неупругого

деформирования, показав тем самым приемлемость обобщённой модели и границы её применения.

4. Следует писать декремент колебаний, а не затухания, так как слово декремент уже означает убывание.

8. Максимова Ольга Михайловна, к.т.н. (специальность 2.1.9. – «Строительная механика»), доцент кафедры «Строительные конструкции и управляемые системы», ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В начале и в конце работы (Актуальность проблемы и Заключение) говорится «развитие алгоритмов оптимального (рационального) проектирования». Т.е. понятия оптимальности и рациональности конструкции приравниваются друг к другу, что недопустимо. Они во многом совпадают, но отождествлять их нельзя. Можно, к примеру, говорить о выборе рациональной формы конструкции и оптимизации её параметров.

2. Не ясно, зачем в Главе 1 такой огромный список тех, кто занимался динамикой и оптимизацией в целом. Хотелось бы более подробный работ ближе к теме диссертации и более конкретно о достижениях их авторов, о том, какие вопросы остаются открытыми, соответственно, какие проблемы и задачи требуют своего решения. В частности, прямой метод учёта неупругого сопротивления материалов в динамических расчётах, предложенный Е.С. Сорокиным ещё в 1956 году, на котором основаны разработки диссертанта, вряд ли ни кем до него не использовался.

3. В Главе 3 (стр. 15) в таблице 1 приведены результаты сравнения численных и экспериментальных данных, но никаких выводов из результатов не сделано. Конечно, можно, посмотрев на таблицу, сделать выводы самому, но лучше, чтобы это сделал автор. К примеру, для 4-го стержня (3-я форма наблюдаются серьёзные отличия в результатах).

Возможно, это недочёт только в автореферате.

4. Технические недочёты: стр.14 Список вариантов стержней – либо все с заглавной, либо все с маленькой буквы; стр. 17 Разный межстрочный интервал.

9. Талантова Клара Васильевна, д.т.н., профессор кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения», ФГБОУ ВО «Петербургский университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Представление работы было бы более полным, если бы в автореферате во второй серии экспериментов (стр. 14) было представлено обоснование выбора параметров экспериментальных исследований.

2. В описании экспериментальной части исследования (по главе 3) в автореферате не уделено внимание значениям контролируемых (интересующих) физических параметров, полученных экспериментально (в частности, коэффициент внутреннего трения или декремент затухания).

10. Ижендеев Алексей Валерьевич, к.т.н., доцент кафедры строительного производства и инженерных конструкций, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск.

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В блок-схеме формально необходим блок <<Начало>>, даже если интуитивно понятно, какой блок выполняется первым.

2. Блок <<Конец>> следует рисовать овальным, а блоки ввода и вывода данных – в форме параллелограмма.

11. Тухфатуллин Борис Ахатович, к.т.н., доцент. г. Томск

Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Значительный объем исследования, как с теоретической, так и с практической (в том числе экспериментальной) стороны, посвящен вопросу учёта внутреннего трения. Логично было бы к названию диссертации добавить концовку «... с учётом внутреннего трения».

2. В приведённой на стр. 19 автореферата схеме поперечного сечения размеры полок и стенки составного двутавра, по сути, являются функциями одного варьируемого параметра. Для разработки и апробации алгоритма на тестовых примерах этого вполне достаточно. Дальнейшая практическая реализация потребует увеличения числа варьируемых параметров в сечении.

3. По приведённым в автореферате примерам оптимального проектирования неясно, рассматривалась ли возможность использования в рамках одной конструкции различных материалов

Все отзывы положительные. Критических замечаний, ставящих под сомнение ценность и достоверность полученных результатов, нет. В отзывах отмечены актуальность темы, научная новизна положений и результатов, а также их значимость для науки и практической деятельности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью, своими достижениями в области оптимального проектирования строительных конструкций и динамических расчётов стержневых систем, в том числе с учётом внутреннего трения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея использования метода декомпозиции пространства варьируемых параметров и дискретно-континуального подхода при динамическом расчёте, что позволило практически реализовать решение задач оптимизации стержневых систем, испытывающих импульсные воздействия без существенного снижения точности решения;

предложен нетрадиционный подход использования метода декомпозиции пространства варьируемых параметров, разработанного Гребенюком Г.И., на случай решения задач многопараметрической оптимизации стержневых систем при импульсных воздействиях, включая новый принцип формирования матрицы базисного преобразования и разработку вариантов вычисления её элементов в зависимости от видов варьируемых параметров и активных ограничений;

доказано наличие закономерностей, дополняющих методику учета внутреннего трения в расчётах на импульсные воздействия, для случая неоднородных стержневых систем (под неоднородными понимаются системы, элементы которых различаются механическими характеристиками).

введена измененная трактовка термина – коэффициента внутреннего трения неоднородной стержневой системы, представляющей собой интегральную характеристику неоднородной стержневой системы, зависящую от формы

собственных колебаний системы, на некоторой частоте собственных колебаний, свойств внутреннего трения и жесткостных характеристик её элементов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в развитие представлений о динамических расчётах при импульсных воздействиях и расширение представлений о закономерностях рационального распределения жесткостных и инерционных характеристик в стержневых системах при импульсных воздействиях;

применительно к проблематике диссертации эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов, использован комплекс известных базовых методов расчёта стержневых систем, основанных на дискретно-континуальном и спектральном подходах и методах оптимизации конструкций;

изложены факты существенного влияния внутреннего трения на точность результатов динамического расчёта при импульсных воздействиях;

раскрыты существенные проявления взаимосвязи подхода к формированию матрицы базисного преобразования с видами варьируемых параметров и активных ограничений при использовании приёма декомпозиции пространства варьируемых параметров для решения задач многопараметрической оптимизации;

изучены факторы, влияющие на чувствительность ограничений оптимизационной задачи, на основании которых предложены эффективные способы формирования элементов матрицы базисного преобразования;

проведена модернизация

– существующей математической модели «Комплексная модель внутреннего трения», обеспечивающая существенное уточнение результатов динамических расчётов при свободных и неустановившихся вынужденных колебаниях неоднородных стержневых систем.

– существующего метода декомпозиции пространства варьируемых параметров;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены алгоритмы динамического расчёта с использованием предложенной методики учёта внутреннего трения в неоднородных стержневых системах, алгоритмы решения задачи поиска оптимального решения на основе предложенной модернизации метода декомпозиции пространства варьируемых

параметров. Разработанные программные модули применены в работе ООО «Техпром-Инжиниринг». Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении курсов «Динамика и устойчивость сооружений», «Сейсмостойкость сооружений» и «Методы оптимизации строительных конструкций и сооружений» в ФГБОУ ВО НГАСУ(Сибстрин);

определены пределы и перспективы практического использования предложенной методики учёта внутреннего трения в неоднородных стержневых системах и модернизации метода декомпозиции пространства варьируемых параметров;

создана модель эффективного применения знаний о моделировании напряженно-деформированного состояния динамически нагруженной неоднородной стержневой системы при учете внутреннего трения и система практических рекомендаций оптимального распределения жесткостных и инерционных характеристик в стержневых системах при импульсных воздействиях;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию и развитию методов оптимизации систем при импульсных воздействиях в части разработки алгоритмов поэтапной оптимизации для случаев варьируемых параметров разной природы и различных активных ограничений;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ научные результаты получены с использованием известных методов численной обработки сигналов (преобразование Фурье и разложение сигнала по частотам), полученных с использованием сертифицированного оборудования.

теория построена на известных положениях строительной механики, сопротивления материалов, теории оптимизации строительных конструкций и сооружений и проверяемых данных результатов динамических расчётов и результатов решения задач оптимизации и согласуется с экспериментальными данными, полученными в ходе исследования;

идея базируется на анализе практики динамических расчётов и методов оптимизации, системном анализе литературы по теме диссертации;

использовано сравнение авторских данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике по определению коэффициента внутреннего трения;

результаты решения задач оптимизации в целом для стержневых систем, испытывающих импульсные воздействия, в литературе отсутствуют, поэтому результаты, описанные в диссертации, **являются оригинальными;**

установлено количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки информации по расчёту и оптимизации строительных конструкций и сооружений, практические рекомендации ведущих специалистов строительной индустрии, методы статистической обработки данных;

Личный вклад соискателя:

- разработка и программная реализация алгоритмов динамического расчёта свободных и неустановившихся вынужденные колебания с учётом внутреннего трения для неоднородных стержневых систем с использованием «комплексной модели» трения, предложенной Е.С. Сорокиным;
- экспериментальное обоснование методики учёта внутреннего демпфирования для системы элементов, выполненных из различных материалов;
- проведение расчётов с использованием разработанного программного модуля;
- формирование и решение задач оптимизации стержневых систем при импульсном воздействии;
- выявление закономерностей, анализ и обобщение результатов исследований, формулировка выводов, положений прикладных решений и разработок;
- подготовка материалов к публикации и апробации результатов работы.

Диссертация написана автором самостоятельно, охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, обладает внутренним единством.

В ходе защиты диссертации критических замечаний, ставящих под сомнение ценность и достоверность полученных результатов в работе высказано не было.

В ходе защиты диссертанту были заданы вопросы, требующие уточнения и разъяснения отдельных положений диссертации. В выступлениях оппонентов также высказаны замечания. На все вопросы и замечания соискатель дал развернутые ответы, с которыми оппоненты и члены диссертационного совета, задавшие вопросы, согласились.

На заседании 03.03.2023 диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи расчёта и оптимизации упругих стержневых систем при импульсных воздействиях, имеющей существенное значение для развития строительной отрасли, присудить Вешкину М.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой специальности 2.1.9. – «Строительная механика», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 21, против – нет .

Председатель диссертационного совета _____ Ляхович Леонид Семенович

Ученый секретарь диссертационного совета _____ Копаница Наталья Олеговна

03 марта 2023 г.