

УТВЕРЖДАЮ



зам. директора ИАиС ВолгГТУ

по научной работе

Бурлаченко О.В.

«28» декабря 2022

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» на диссертационную работу **Вешкина Максима Сергеевича «Расчёт и оптимизация упругих стержневых систем при импульсном нагружении»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 – «Строительная механика»

Соискателем Вешкиным М.С. для рецензирования ее диссертационной работы в виде отзыва были представлены все необходимые материалы в электронном и печатном виде в частности:

- текст диссертационной работы, состоящей из: введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 114 наименований, трёх приложений. Общий объём работы составляет 123 страниц машинописного текста, содержит 38 рисунков, 24 таблицы.
- автореферат объемом 24 страницы

Актуальность работы

В представленной работе в качестве объекта исследования рассматриваются стержневые системы, испытывающие импульсные воздействия. Следует отметить существенное возрастание роли таких воздействий в современном мире в связи с повышением высотности и парусности современных зданий и сооружений, а также ростом числа динамических нагрузок техногенного происхождения. Исследование, связанное с оптимизацией подобных систем, представляет интерес не только с позиции экономии материала, но и с точки зрения изучения эффективности тех или иных способов повышения жизнестойкости таких объектов.

При импульсных воздействиях необходимо рассмотрение динамического отклика системы в течение некоторого промежутка времени, что приводит к существенному возрастанию трудоёмкости расчётов. Данный фактор, в свою очередь, оказывается одним из ключевых при решении задач оптимизации рассматриваемых систем. Поэтому исследования, направленные на возможное снижение трудоёмкости как алгоритмов динамического расчёта, так и процесса оптимизации систем подверженных импульсным воздействиям, являются важными.

В связи с этим диссертационная работа, посвященная развитию методов динамического расчёта и алгоритмов оптимизации стержневых систем при импульсных воздействиях, является актуальной.

В работе автором поставлены и решены следующие задачи:

- Анализ существующих исследований, посвященных динамическому расчёту и оптимизации конструкций, зданий и сооружений.
- Анализ разработанных ранее моделей внутреннего трения.
- Разработка алгоритма динамического расчёта на свободные колебания и неустановившиеся вынужденные колебания с учётом внутреннего трения в материале.
- Модификация учёта внутреннего трения в стержневых системах, включающих элементы из различных материалов.
- Программная реализация модуля динамического расчёта для разработанного алгоритма.
- Экспериментальная проверка достоверности расчётов, выполненных с помощью разработанного программного модуля.
- Интеграция модуля динамического расчёта в состав комплекса поиска оптимального решения.

Задачи исследования сформулированы исходя из цели диссертационной работы - развитие методов динамического расчёта и алгоритмов оптимизации стержневых систем, прежде всего при импульсных воздействиях, а также экспериментальная проверка их достоверности.

Структура работы

Во введении обоснована актуальность выбранного направления исследования в связи с необходимостью развития методов динамического расчёта и алгоритмов оптимизации стержневых систем, прежде всего при импульсных воздействиях, сформулированы цель и задачи исследования, показана новизна и научная ценность работы.

В первой главе приведён аналитический обзор истории развития базовых научных знаний в области динамики, учёта внутреннего трения при колебаниях, оптимизации конструкций, а также современных исследований, близких по тематике данной работе. Результаты проведенного анализа позволили обосновать актуальность, цель и задачи исследования.

Во второй главе приводится описание импульсных нагрузок и способов их представления. Описаны этапы расчётов на импульсные воздействия. Приведено подробное изложение формирования и получения решения систем дифференциальных уравнений свободных и неустановившихся вынужденных колебаний стержневых систем с конечным числом степеней свободы (основные неизвестные в уравнениях – функции перемещений узлов стержневой системы от времени и их ускорения) с учётом внутреннего трения материала по модели, предложенной Е.С. Сорокиным. Приводится описание разработанного способа учёта внутреннего трения для стержневых систем, включающих элементы из различных материалов при свободных колебаниях в виде обобщённого (эквивалентного) коэффициента внутреннего трения стержневой системы для каждой собственной формы колебаний. Предложен вариант аппроксимации протяженного импульса во времени. Рассмотрены тестовые примеры расчёта консольной балки на действие периодических импульсов с целью проверки предложенного варианта аппроксимации протяженного импульса.

В третьей главе рассмотрены результаты поставленных и проведённых экспериментов для проверки достоверности разработанных алгоритмов динамического расчёта.

1-я серия экспериментов. Стальная шарнирно-опёртая балка с консольной частью.

Выполнено сравнение экспериментальных данных и результатов расчёта с учётом и без учёта внутреннего трения. Показано значительное искажение результатов расчёта на импульсное воздействие при отсутствии учёта внутреннего трения по отношению к экспериментальным данным. При учёте внутреннего трения достигается достаточно высокое количественное и качественное совпадение результатов аналогичного расчёта с экспериментальными данными.

2-я серия экспериментов. Консольные однородные и составные стержни из различных материалов.

В данной серии экспериментов выполнена оценка свойств внутреннего трения по логарифмическим декрементам затухания свободных колебаний на разных частотах для стержней, включающих два последовательно соединённых элемента.

Выполнены серии экспериментов для следующих вариантов стержней:

1. Алюминиевый стержень.
2. Стержень из оргстекла.
3. Составной стержень из алюминия у заделки и оргстекла в консольной части.
4. Составной стержень из оргстекла у заделки и алюминия в консольной части.

Разработаны программы расшифровки экспериментальных сигналов двумя способами. Результаты расшифровки сигналов экспериментов получены в виде зависимостей между начальными амплитудами относительных деформаций крайних волокон в местах установки тензодатчиков и коэффициентом внутреннего трения. Показано достаточно малое расхождение между этими зависимостями, полученными по предложенной методике с зависимостями, полученными по результатам экспериментов.

В четвертой главе описывается разработанный алгоритм оптимизации упругих стержневых систем при импульсных воздействиях. Предложено использование приёма декомпозиции исходной задачи оптимизации конструкций в случае систем, подверженных импульсным воздействиям, а также его модификации в связи с особенностями НДС динамически нагруженной системы. Рассмотрены прикладные задачи расчёта и оптимизации стержневых систем.

В Приложении 1 приведён список основных публикаций соискателя по тематике настоящих исследований.

В Приложении 2 представлены документы, подтверждающие внедрение результатов диссертационной работы.

В Приложении 3 представлено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и её краткое описание.

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформулированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

Достоверность и обоснованность полученных результатов исследования

Достоверность результатов исследования обеспечивается корректным использованием обоснованных положений, методов строительной механики, сопротивления материалов, ис-

пользованием апробированных численных методов расчёта стержневых систем и методов нелинейного математического программирования, а также экспериментальной проверкой.

Научная новизна

Соискателем разработаны:

- алгоритм расчёта стержневых систем с конечным числом степеней свободы на свободные колебания, с учётом внутреннего трения в материале элементов.
- алгоритм расчёта стержневых систем с конечным числом степеней свободы, испытывающих действие произвольно меняющихся во времени динамических нагрузок, с учётом внутреннего трения в материале.

Соискателем предложена модификация учёта внутреннего трения в стержневых системах, включающих элементы из различных материалов.

Соискателем разработан алгоритм оптимизации динамически нагруженных систем с использованием модификации приёма декомпозиции исходной задачи оптимизации (обобщение варьируемых параметров на основе выбранного физического критерия).

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

1. Разработанный алгоритм расчёта стержневых систем с конечным числом степеней свободы с учётом внутреннего трения в материале элементов имеет достаточно высокую скорость расчёта, что позволяет успешно использовать его в составе комплекса оптимального поиска.
2. Предложенный вариант учёта эффекта внутреннего демпфирования в виде интегральной величины (эквивалентного коэффициента внутреннего трения), учитывающей вклад отдельных элементов в общее внутреннее демпфирование по уровню энергии их деформации, является весьма простым в практической реализации.
3. Предложенный алгоритм оптимизации с использованием обобщения варьируемых параметров значительно снижает трудоёмкость задачи многопараметрической оптимизации.

Потенциальными потребителями разработанной в диссертации методики являются проектные и конструкторские организации, проектные и научно-исследовательские организации.

Теоретическая и практическая значимость выполненных разработок подтверждается поддержкой гранта МО и Н РФ №2.1.2./4822 (2009 г.), а также результатами внедрения работы.

Полученные результаты (методики, алгоритмы расчёта и данные расчётов) используются в учебном процессе НГАСУ (Сибстрин) в курсе «Динамика и устойчивость сооружений», читаемом студентам, обучающимся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» и по специальности 08.03.01 «Промышленное и гражданское строительство».

Результаты исследования внедрены в проектной организации ООО «Техпром-Инжиниринг» (г. Новосибирск).

Апробация работы и публикации

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня и семинарах в городах Новосибирск (2011, 2014, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022), Барнаул (2013), Томск (2017)

По материалам диссертационной работы опубликована 21 статья, включая 7 статей в журналах, входящих в перечень ВАК, 1 статью в журналах, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, а также 14 статей других изданиях. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «dinam3» № 2022619410 от 20.05.2022 г., автор Вешкин М.С. правообладатель: Вешкин М.С.

Замечания по работе

1. В главе 2, при рассмотрении тестовых задач, стр. 46, не указан интервал времени рассмотрения периодических импульсов, либо их количество.
2. В главе 4, в условиях задач оптимизации отсутствуют данные о физических характеристиках материала элементов (плотность, коэффициент внутреннего трения).

Указанные замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертационной работы и не влияют на её положительную оценку.

Рекомендации по использованию результатов исследований

Программные расчётные модули, разработанные автором в ходе исследования, могут быть использованы в проектных и научно-исследовательских организациях строительного профиля занимающихся проектированием высотных зданий и большепролётных сооружений. Полученные в диссертации результаты могут быть включены в курсы лекций для студентов и аспирантов строительных вузов.

Общее заключение – оценка диссертационной работы

На основе вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа **Вешкина Максима Сергеевича на тему «Расчёт и оптимизация упругих стержневых систем при импульсном нагружении»** является завершённой 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 развития методов динамического расчёта и алгоритмов оптимизации упругих стержневых систем при импульсном нагружении.

Заявленная цель диссертации достигнута, поставленные задачи комплексно и успешно решены, основные научные положения, вследствие своей оригинальности и перспективности, в полном объеме могут использоваться для последующих профильных научных исследований. Диссертация написана технически грамотным языком, материал изложен последовательно и соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.1.9. – Строительная механика: п. 2. Линейная и нелинейная механика конструкций и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета; п. 4. Численные методы расчета сооружений и их элементов.

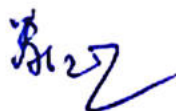
Автореферат и научные публикации соискателя в должной мере раскрывают содержание диссертации. Считаем, что представленная к защите диссертационная работа Вешкина Максима Сергеевича на тему «Расчёт и оптимизация упругих стержневых систем при импульсном нагружении» соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Вешкин Максим Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. – Строительная механика.

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры «Строительная механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

По результатам обсуждения диссертации сформулировано положительное заключение. Присутствовало на заседании 10 человек, из них 3 докторов наук.

Протокол № 05 от 27 декабря 2022 г.

Профессор кафедры «Строительная механика», доктор технических наук по специальности 05.23.17 - Строительная механика, профессор



Игнатьев Владимир
Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Адрес: 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28

Телефон: +7 (8442) 23-00-76

E-mail: rector@vstu.ru

