

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук
Нестеровой Ольги Павловны
на диссертационную работу Гербера Юрия Андреевича
«Надежность линейно деформируемых стержневых систем
с динамическими гасителями колебаний»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.9. – «Строительная механика»

Актуальность темы диссертации.

Защита строительных конструкций зданий и сооружений от вибраций является сложной инженерной задачей, которая, несмотря на большие достижения в данной области, до сих пор остается актуальной. Одним из эффективных средств защиты конструкций от действующих вибрационных нагрузок являются динамические гасители колебаний (ДГК), их изучению посвящены исследования отечественных и зарубежных ученых. Системы с гасителями колебаний являются весьма чувствительными к отклонениям расчетных параметров и требуют тщательной настройки.

Диссертационная работа Гербера Ю.А. посвящена оценке надежности стержневых линейно деформируемых систем с динамическими гасителями колебаний при гармонических воздействиях. Для таких систем предложены методики и алгоритмы оценки надежности и долговечности, а также обозначены пути, позволяющие повысить их (за счет повышенных требований к определенным параметрам системы, а также за счет регулирования напряженно-деформированного состояния (НДС) системы). Рецензируемая работа вносит значительный вклад в решение задач данного класса. В связи с этим рассматриваемая работа, актуальна в теоретическом плане и для практического применения.

Общая характеристика работы.

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 203 источников и двух приложений. Общий объем диссертации составил 181 страницу, в том числе 83 иллюстра-

ции, 15 таблиц и 2 приложения. Автореферат диссертации изложен на 24 страницах.

Во введении дана общая характеристика работы. Обосновывается актуальность, приведенных в диссертации, научных исследований. Сформулированы цель и задачи работы, научная новизна; указаны предмет и объект исследования, теоретическая и практическая значимость работы; отражены основные положения, выносимые на защиту; приводятся данные по апробации полученных результатов и информация о количестве публикаций по теме работы.

В первой главе автором проведен обзор основных работ по теории надежности строительных конструкций и теории динамического гашения колебаний. Из обзора автора следует, что работы, объединяющие в себе динамическое гашение колебаний и расчет надежности малочисленны. Приведены формулировки основных задач вероятностных расчетов и задач теории надежности, расписаны основные методы и алгоритмы их решения с отражением основных расчетных формул. Также показаны принципы формирования и ранжирования системы критериев безотказности.

Во второй главе приведены основные критерии безотказности, которые рекомендуется учитывать для оценки надежности систем с ДГК.

Показана зависимость вида плотности распределения динамического коэффициента для системы с одной степенью свободы от частоты внешнего воздействия в области резонансной частоты. Оценена возможность использования метода статистических испытаний и метода статистической линеаризации для вычисления вероятностных характеристик сильно нелинейных параметров амплитудно-частотных характеристик.

Приведены примеры решения модельных задач, на которых показаны основные методы и алгоритмы расчета надежности систем с ДГК при гармоническом воздействии. Предложен вариант приведения исходной системы к обобщенной модели с одной степенью свободы для упрощенного подбора ДГК с учетом требований надежности. На основе данных литературных ис-

точников приводится вывод о повышении надежности систем с ДГК при учете демпфирования.

В третьей главе предложен метод регулирования динамического НДС систем, подверженных гармоническим воздействиям, с помощью комплекса одномассовых ДГК. Задача решена с применением теории регулирования. Использовались различные формы записи уравнений, описывающих динамическое состояние системы. В качестве регулируемых параметров использовались перемещения в местах крепления гасителей колебаний, а качестве условий регулирования, их равенство требуемым значениям. В итоге были получены формулы взаимосвязи между массой и жесткостью каждого ДГК системы. При определении параметров ДГК (массы и жесткости) таким способом итоговые перемещения в системе (в местах установки гасителей) будут равны требуемым.

С использованием разработанного метода было получено решение ряда задач регулирования динамического НДС для различных типов систем – балок, ферм, рам (статически определимых и неопределимых). Показано положительное влияние комплекса одномассовых ДГК на надежность систем.

Сформулирована постановка оптимизации систем с ДГК с учетом надежности. Приведены алгоритмы расчета с иллюстрацией в виде блок-схем. Показан пример определения области оптимальных параметров регулирования и положения гасителя.

В четвертой главе рассмотрен ряд задач практической направленности. Так дана оценка влияния стохастической изменчивости параметров системы, гасителя и внешнего воздействия. Предложен алгоритм вычисления долговечности систем с ДГК основанный на использовании кривых усталости материала и диаграмм предельных амплитуд. Показано влияние гасителей колебаний на надежность систем со сгущенным спектром собственных частот – увеличение массы гасителя расширяет область эффективного гашения колебаний с позиции надежности. Проанализированы возможности программного комплекса Ansys для определения вероятностных характеристик различных

параметров. Выявлены особенности расчетов систем с ДГК в ПК Ansys на надежность.

Заключение содержит основные выводы по диссертационной работе, соответствующие поставленным задачам.

В приложениях, представлены материалы расчетов, и документы, подтверждающие внедрение результатов диссертационного исследования.

Оценивая работу **в целом**, необходимо отметить, что она логически последовательна и структурирована, написана в соответствующем научном стиле.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Достоверность результатов подтверждается использованием апробированных методов строительной механики, теорий надежности, динамического гашения колебаний и регулирования, а также корректной постановкой решаемых задач. Использование верифицированных программ, совпадением результатов аналитических и численных решений, полученных разными методами и соответствием полученных результатов результатам других авторов.

Научная новизна работы не вызывает вопросов. Автором получены новые важные для теории динамического гашения колебаний результаты:

- разработан метод определения жесткостных и инерционных характеристик гасителей, обеспечивающих выполнение исходных требований к параметрам динамического НДС систем с конечным числом степеней свободы, защищаемых от вибрации при гармонических воздействиях группами из нескольких ДГК. Решение получено в аналитической форме в виде зависимостей между массами и жесткостями гасителей, удовлетворяющими заданным условиям регулирования.

- выявлены особенности и трансформации плотности вероятности динамического коэффициента для модельных систем с одной степенью свободы с учетом и без учета демпфирования, в зависимости от частоты гармонического воздействия и характеристик стохастических свойств расчетных па-

раметров системы и воздействий. Получены оценки влияния уточненных вероятностных характеристик динамического коэффициента на надежность.

– осуществлено ранжирование случайных расчетных параметров защищаемой системы, воздействий и гасителей по их влиянию на показатели надежности. Установлено, что наиболее значимыми являются частота воздействия, масса и жесткость гасителя.

– получено решение задачи определения надежности и долговечности стержневых систем с конечным числом степеней свободы и одномассовыми динамическими гасителями колебаний при длительных гармонических воздействиях по критерию усталостной прочности материала и другим значимым условиям безотказности. Выявлен характер зависимости вероятности отказа от частоты внешнего воздействия или количества циклов нагружения.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии теории динамического гашения колебаний. Получении методик и алгоритмов расчета надежности и долговечности по различным критериям работоспособности. Разработке метода регулирования динамического НДС системы при гармоническом воздействии с помощью нескольких одномассовых ДГК. Дана оценка влияния сильной нелинейности параметров амплитудно-частотных характеристик на показатели надежности систем при гармоническом воздействии. Дана оценка влияния стохастической изменчивости параметров системы гасителя и воздействия на надежность системы с ДГК.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенных методик, алгоритмов и расчетно-формульного аппарата для расчета надежности и долговечности систем с ДГК при гармоническом воздействии, а также использовании метода регулирования динамического НДС для существующих и новых конструкций зданий и сооружений, защищаемых от гармонических воздействий динамическими гасителями колебаний.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность полученных результатов обусловлена корректным использованием общепринятых методов строительной механики, в частности, теорий динамического гашения колебаний, надежности строительных конструкций и теории регулирования, использованием верифицированных ПО и соответствием полученных соискателем результатов данным других авторов.

Замечания и вопросы.

1. Что автор понимает под терминами сильная и слабая нелинейность?
2. Почему при рассмотрении примеров во второй главе для оценки надежности использовались одиночные критерии безотказности, а не поликритериальные? При оценке надежности в примерах не использован критерий ограничения усилий в гасителе.
3. Расчеты системы с ДГК проведены без учета демпфирования в системе и элементе гасителя. Учет демпфирования влияет на оптимальные параметры подбираемого гасителя. Учет демпфирования повысил бы ценность полученных результатов.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы. Отражает основные результаты и выводы.

Заключение.

Указанные замечания не влияют на общее положительное впечатление от работы. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне на актуальную тему, содержащую новые научные результаты.

Результаты научного исследования докладывались на научных конференциях всероссийского и международного уровней, а также материалы исследования хорошо опубликованы в изданиях различного уровня. Так основные положения диссертационной работы опубликованы в 13 печатных рабо-

тах, из которых 4 статьи в ведущих научных рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки России, и 3 статьи в изданиях, индексируемых международной базой данных Scopus.

Считаю, что диссертация Гербера Юрия Андреевича «Надежность линейно деформируемых стержневых систем с динамическими гасителями колебаний» соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней, утвержденного Правительством РФ от 24 сентября 2013 г., № 842, в действующей редакции, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук (специальность
05.23.17 – Строительная механика), доцент
кафедры строительной механики ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно -строительный университет»

О.П. Нестерова

10.02.2023

Тел. +7-960-280-59-75,
E-mail: neona975@yandex.ru



Подпись Нестерова О.П.
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления кадров
Сл.бгасу
10 02 2023 г.

Подпись Нестеровой Ольги Павловны заверяю.

Начальник управления кадров

Сведения об организации: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный архитектурно -строительный университет»
Почтовый адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
тел. (812) 575-05-34; факс: (812) 316-58-72
E-mail: rector@spbgasu.ru