

ОТЗЫВ

официального оппонента
о диссертации Сатанова Андрея Андреевича
на тему «Динамика многомассовых систем, взаимодействующих с
аэродинамическими потоками: эксперимент и численное моделирование»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.1.7. – «Теоретическая механика, динамика машин»
(технические науки)»

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Сатанова Андрея Андреевича посвящена исследованиям влияния аэродинамического воздействия, как источника колебаний, на устойчивость многомассовых механических систем, а именно зданий и сооружений сложной геометрической формы. Рассматривается влияние ветровых потоков на безразмерные характеристики давления. Разработана методика проведения математического моделирования аэродинамических потоков как отдельных объектов, так и системы твердых тел, объединенных общей аэродинамической средой с учетом резонансных эффектов.

Объем и структура диссертации Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и двух приложений. Общий объем работы составляет 149 страниц. Список литературы содержит 164 источника.

Во введении рассмотрен вопрос актуальности темы диссертации, поставлены цели и задачи исследования, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, достоверность и обоснованность результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации представлены общие сведения о динамических нагрузках и колебаниях механических систем, в том числе многомассовых. Обозначены методы оценки повреждений конструкционных материалов в процессе усталости. Приведены описание принципиальной схемы экспериментальной установки и методика численного моделирования аэродинамических нагрузок на механическую систему тел.

Во второй главе представлены результаты математического моделирования аэродинамических воздействий на архитектурные объекты горизонтальной конфигурации, имеющие поверхности сложной формы.

Сделан вывод о том, что результаты физических экспериментов, в целом, соответствуют численным, однако численное моделирование качественно дополняет их в зонах максимальных значений давлений по модулю.

В третьей главе приведены результаты математического моделирования аэродинамических воздействий на архитектурные объекты вертикальной конфигурации – многофункциональных высотных зданий. Представлены результаты численных расчетов аэродинамического воздействия на здание, оснащенное ветрогенератором. Показана эффективность генерирующей установки в зависимости от основных направлений ветра. Даны рекомендации по ориентации здания в пространстве для получения максимальной годовой выработки электроэнергии. В выводах к главе отмечено, что корректировка внешней геометрии здания может существенно снизить ветровое воздействие, в то время как избыточность параметров, характеризующих общую жесткость конструкции, как того требует нормативная документация, ведет к увеличению аэродинамических нагрузок за счет резонансных эффектов.

В четвертой главе приведена методика определения собственных динамических характеристик сложных систем при помощи многомассовых моделей. Представлены результаты резонансного анализа здания с учетом податливости основания и анализа сейсмостойкости высотного здания с определением напряжений, возникающих в конструктивных элементах. Отдельно отмечено и доказано расчетами влияние близкорасположенных объектов на частоты их собственных колебаний с учетом ветровой нагрузки.

В заключении приводятся основные результаты, полученные в диссертационном исследовании. В приложении А приведены акты внедрения разработанных методик. В приложении Б приведены результаты интеллектуальной деятельности, зарегистрированные по результатам исследования.

Научная новизна работы

1. Автором разработана методика экспериментальных аэродинамических исследований, базирующаяся на определении безразмерных характеристик давления. Методика отличается от ранее предложенных тем, что не требует моделирования ветрового потока с различными скоростями и профилями, а позволяет выполнять измерения при фиксированном значении скорости потока и определить реальное распределение давления по поверхности конструкции при помощи вводимых коэффициентов.

2. Разработан способ определения частот собственных колебаний, позволяющий определять частоты конструкций сложной геометрической

формы без трудоёмкого решения систем дифференциальных уравнений механики деформированного твердого тела. Разработано соответствующее для ЭВМ, зарегистрированное должным образом.

3. Разработан алгоритм математического моделирования расчетных синтезированных анемোগрам по требуемым псевдослучайным частотным и скоростным характеристикам. Данный алгоритм учитывает собственные характеристики как проектируемой конструкции или объекта, так и особенности ветрового района строительства. Разработано программное для ЭВМ, зарегистрированное должным образом.

4. Разработана методология моделирования колебаний механических систем, вызванных аэродинамическим воздействием, при помощи упрощенных многомассовых моделей, позволяющая дифференцированно проводить решение задач гидрогазодинамики и динамических задач механики деформированного твердого тела с последующей интеграцией результатов при помощи вводимых динамических коэффициентов, а также выполнять дальнейшие инженерные расчеты перемещений характерных точек конструкций, напряжений в несущих конструкциях и остаточного ресурса материалов технических систем.

5. Проведено исследование динамических режимов работы стационарных электрогенерирующих установок, использующих энергию аэродинамического взаимодействия интегрированных в конструкции, на основании которого предложены алгоритмы поиска рациональных форм и ориентации высотных объектов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов подтверждается использованием общих положений аэродинамики, теории колебаний и механики поврежденной среды, согласованностью численного и экспериментального методов моделирования ветровых воздействий.

Практическая значимость работы состоит в разработке методического подхода к проектированию конструкций, подверженных колебаниям под воздействием аэродинамических потоков и в основаниях для дальнейшего исследования в области расчетов многомассовых систем на динамические нагрузки с учетом аэродинамического воздействия и возможных резонансных эффектов. Практическая реализация разработанных методик и программы для ЭВМ по расчету анемোগрам подтверждена справкой о внедрении ООО «АТОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ»

Апробация результатов работы

По теме диссертации опубликовано 26 работ: 9 публикаций в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных

ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (из них 3 по специальности 1.1.7. «Теоретическая механика, динамика машин»), 3 публикации в журналах, индексируемых международными системами цитирования, 10 публикаций в виде тезисов докладов международных конференций, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, 2 монографии в составе соавторов. Апробация результатов диссертационной работы проводилась на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах.

Замечания по диссертации и автореферату

1. В качестве примера практической реализации сквозных проёмов «сброса давления» был принят (и обоснован в процессе исследования) такой сложный объект, как ветрогенератор. Интересен краткий анализ и сопоставление других, более простых конструкций, для отработки методики расчетов и аэродинамической разгрузки объекта.

2. В п.3.3 представлены результаты аэродинамического исследования здания, имеющего в своей конфигурации ветрогенератор. Однако, в диссертации не представлен анализ влияния собственных колебаний весьма массивного рабочего колеса турбины, на общие частотные характеристики конструктивных элементов здания.

3. Каким образом происходит учет податливости основания в резонансном анализе п.4.2. Каковы численные значения, исходных данных, характеризующих податливость для двух представленных расчетных случаев?

4. По тексту диссертации имеется незначительное количество опечаток, а так же скрины результатов расчета с неинформативной легендой (например рис. 4.23, рис 4.24).

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы, на ее практическую значимость и научную новизну.

Содержание диссертации полностью раскрывает постановку и методы решения поставленных задач, а полученные результаты являются новыми и имеют высокое практическое значение в области теоретической механики и динамики машин. Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает ее содержание, научные положения и основные результаты.

Заключение

Представленная работа Сатанова Андрея Андреевича «Динамика многомассовых систем, взаимодействующих с аэродинамическими потоками: эксперимент и численное моделирование» является законченной научно-

квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне и посвященной актуальной проблеме в области теоретической механики и динамики машин. Полученные в работе результаты являются новыми, представляют как научный, так и практический интерес. Основное содержание работы соответствует паспорту научной специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин, в частности, пунктам 3, 13-15.

Считаю, что диссертация носит законченный характер и удовлетворяет требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней, а её автор Сатанов Андрей Андреевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика динамика машин.

Даю согласие на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета.

Официальный оппонент,
Кандидат технических наук (01.02.06.
Динамика, прочность машин, приборов и
аппаратуры), доцент кафедры
«Энергетические установки и тепловые
двигатели» ФГБОУ ВО «Нижегородский
государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева».

Артем
Александрович
Крайнов

22.12.2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Адрес: 603155, Россия г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

Тел.: +7 (831) 436-78-79. E-mail: Art.kr-91@mail.ru.

Подпись Крайнова Артема Александровича заверяю:

*Земли сержант
Землю совета*



5

И.Н. Мерзляков
С отзовом ознакомлен
13.01.2026 @АА.Сатанов