

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Селиванова Ивана Алексеевича
на тему: «Аэроупругие колебания ортотропной прямоугольной
пластинки со смешанными граничными условиями»
по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела»

Моделирование процессов обтекания тел жидкостью или газом является сложной и актуальной задачей при проектировании различных конструкций. В связи с разработкой новых и современных летательных аппаратов возникает необходимость обеспечивать аэроупругую устойчивость, как самих тел, так и элементов их конструкций. Пластинки, как элементы, часто применяются в конструкциях летательных аппаратов, например, как части сопла ракетного двигателя. Численное решение задач позволяет определять возможность возникновения флаттера пластин при различных режимах обтекания, с разной скоростью или направлением потока, что позволяет отказаться от натурных испытаний на начальных этапах проектирования.

Рассматриваемая в диссертации постановка задачи панельного флаттера была предложена А.А. Ильюшиным и И.А. Кийко с использованием формулы поршневой теории. Такая постановка отличается от зачастую используемых в исследованиях тем, что учитывает возможность произвольного направления набегающего потока газа в плоскости пластинки. Кроме того, в диссертационной работе рассматриваются граничные условия смешанного типа, которые не получили достаточного внимания в научной литературе. При этом в работе Селиванова И.А. предлагается для решения задачи численный алгоритм, не имеющий насыщения, по терминологии К.И. Бабенко. Такие алгоритмы показывают высокую эффективность при решении несамосопряженных задач на собственные значения для

эллиптического уравнения в частных производных, что позволило провести в работе параметрическое исследование зависимости критической скорости флаттера пластинки от направления набегающего потока газа.

Диссертация Селиванова И.А. состоит из введения, трех глав и заключения.

Во **введении** обосновывается актуальность проводимых исследований, описывается научная новизна, перечисляются цели и задачи.

В **первой главе** проводятся решения задач о собственных колебаниях ортотропных и изотропных прямоугольных пластин. Для численного решения применяются идеи численных алгоритмов без насыщения и будущей реализации решения задач о флаттере рассматриваемых пластинок. Проводятся численные эксперименты и верификация получаемых результатов на основе сравнения с известными данными, полученными другими авторами. Помимо безразмерных собственных значений приводятся также собственные формы колебаний пластинок. На основании представленных результатов во второй и третьей главах будут решаться задачи о флаттере прямоугольных пластинок с различными граничными условиями.

Вторая глава посвящена решению задачи о флаттере прямоугольной ортотропной пластинки, полностью защемленной по контуру. Приводится детальное описание численного алгоритма решения задачи. Производится переход к безразмерным параметрам, представлен алгоритм поиска критической скорости флаттера. Для численного решения представлена дискретизация, которая автоматически реагирует на гладкость отыскиваемого решения. Предложенный численный алгоритм является развитием идей численных алгоритмов без насыщения К.И. Бабенко. В работе проведено исследование зависимости критической скорости флаттера от направления потока. В исследовании варьировалось соотношение сторон пластинки. На основании проведенного исследования получены характерные зависимости. Также предложена аппроксимационная зависимость

критической скорости флаттера от направления потока. Приводятся виды собственных форм потери устойчивости. Проводится сравнение получаемых результатов с известными результатами других авторов для изотропных пластинок.

В **третьей главе** рассматриваются изотропные и ортотропные пластинки, жестко закрепленные по двум противоположным краям и шарнирно опертые по двум другим. Для решения задачи по предложенному во второй части алгоритму построена дискретизация, основанная на интерполяционной формуле, удовлетворяющая краевым условиям. Вычислительные эксперименты проводятся для изотропных и ортотропных пластинок при изменении соотношения сторон. На основании исследования зависимости критической скорости флаттера от направления потока получены новые результаты. Также приведено исследование зависимости критической скорости флаттера от скорости звука в пластине и толщины и предложена аппроксимационная зависимость.

В **заключении** обобщены результаты диссертационной работы.

Актуальность избранной темы

Актуальность темы исследования обосновывается тем, что в доступной литературе до сих пор в достаточной мере не представлено исследования задач о колебаниях прямоугольных пластинок с определенными комбинациями условий закрепления пластин и учетом как ортотропии материала, так и направления вектора потока газа. Кроме того, полученные результаты имеют **практическую** значимость. Результаты проведенного исследования могут быть использованы при проектировании конструкций из пластинок в научно-исследовательских организациях.

Обоснованность и достоверность

Достоверность результатов диссертационной работы обусловлена применением математических моделей, основанных на классических законах механики сплошной среды, валидацией реализованных численных

алгоритмов по известным результатам тестовых задач, сопоставлением получаемых решений на различных сетках.

Научная новизна диссертационной работы

Результаты диссертации являются новыми и оригинальными. Для численного решения задач представлен эффективный численный алгоритм без насыщения. Проведенное исследование критической скорости флаттера позволило выявить, что для квадратных пластинок критическая скорость флаттера при повороте вектора скорости потока от стороны с шарнирным опиранием и большей жесткостью до заземленной стороны с меньшей жесткостью нелинейно убывает. Кроме того, было установлено, что для удлиненных изотропных и ортотропных пластинок со смешанными граничными условиями, при изменении направления потока в области до 10 градусов наблюдается небольшой рост критической скорости флаттера, сопровождающийся переходом номера собственного значения, на котором она достигается, от первого к более высоким.

Имеются некоторые **замечания** к диссертационному исследованию и его оформлению:

1. Интересно было бы увидеть исследование, в котором, аналогично постепенному изменению соотношения сторон пластинки, для ортотропных пластин изменяется соотношение жесткостей пластинки.

2. В работе, к сожалению, отсутствует информация о том, применялась ли аппроксимационная зависимость для критической скорости флаттера из второй части работы для пластинок со смешанными граничными условиями из третьей части.

3. В работе присутствуют некоторые опечатки и ошибки оформления (перенос строки на странице 5, аббревиатура СЗ, используемая на некоторых рисунках и таблицах нигде не расшифровывается)

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени

М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Селиванов Иван Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Официальный оппонент:

кандидат технических наук,
начальник научно-исследовательского
отделения норм прочности, нагрузок
и аэроупругости ЛА»
ФАУ «Центральный аэрогидродинамический
институт имени профессора Н.Е. Жуковского»

ПАРЫШЕВ Сергей Эмильевич

«__» _____ 2023г.

Контактные данные:

тел.: 7(495)5564356, e-mail: sergey.paryshev@tsagi.ru
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:
05.07.03 «Прочность летательных аппаратов»

Адрес места работы:
140180, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1,
ФАУ «Центральный аэрогидродинамический
институт имени профессора Н.Е. Жуковского»
Тел.: 7(495)5564303; e-mail: info.tsagi.ru

Подпись сотрудника ФАУ «ЦАГИ» С.Э. Парышева удостоверяю: