

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»

В диссертации И.А. Селиванова рассматривается постановка задачи панельного флаттера Ильюшина–Кийко, позволяющая учитывать произвольное направление набегающего потока газа в плоскости пластинки. Постановка основана на теории тонких пластинок Кирхгофа и поршневой теории Ильюшина–Лайтхилла для аэродинамического давления потока газа на колеблющуюся пластинку.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Объем работы составляет 105 страниц, она включает 32 рисунка. Список цитируемых научных публикаций содержит 110 наименований.

Во введении диссертации, в соответствии с требованиями к содержанию и оформлению диссертационных работ, формулируются цели и задачи исследования, обоснована его теоретическая и практическая значимость, приведены основные результаты исследования, представлен подробный обзор литературы.

В первой главе диссертации приведено решение задачи о свободных колебаниях защемленной по всем сторонам прямоугольной пластинки. Решение ищется в виде произведения интерполяционных многочленов Лагранжа по обеим координатам, умноженных на функции, обеспечивающие выполнение главных граничных условий. Узлы получившейся сетки выбираются в виде линейных комбинаций координат нулей полиномов Чебышева. Для искомых неизвестных задачи – значений прогиба в узлах сетки – методом коллокаций формируется система линейных уравнений (в

данном случае – однородных). Получается алгебраическая задача о собственных значениях, решение которой позволяет найти частоты и формы свободных колебаний пластинки. Искать решение краевых задач в таком виде предложил К.И. Бабенко¹. Он, правда, для повышения точности предварительно преобразовывал задачу к решению интегрального уравнения, используя функцию Грина, и только потом применял метод коллокации. Свой метод Бабенко назвал алгоритмом без насыщения и обосновал ряд его преимуществ по сравнению с другими численными методами. Таким образом, научная новизна рассматриваемой диссертации заключается и в использовании метода, который ранее для решения аналогичных задач не применялся.

Далее в первой главе приводятся результаты численного расчета безразмерных собственных частот для удлиненной ортотропной пластинки, а также сравнение с результатами, полученными методом конечных элементов другими авторами. Расхождение результатов при этом не превышает 6%. Также в первой главе с помощью традиционного галеркинского подхода рассмотрены свободные колебания пластинки, у которой две стороны шарнирно оперты, а две зашпелены. Полученные результаты для квадратной пластинки сравниваются с результатами другого автора.

Во второй главе диссертации представлено решение задачи о флаттере зашпеленной ортотропной пластинки при помощи метода, описанного в первой главе. Постановка задачи сводится к несамосопряженной задаче на собственные значения для эллиптического уравнения в частных производных. Представлены численные результаты расчета критической скорости флаттера для ортотропных пластинок с различным соотношением сторон. Исследуется зависимость критической скорости флаттера от направления набегающего потока газа. Приводятся вид собственных форм потери динамической устойчивости для различных направлений потока газа.

¹ См., например, *Бабенко К.И.* Основы численного анализа. Москва-Ижевск: РХД, 2002. 847 с.

Сравнение получаемых численных результатов для квадратной изотропной пластинки с результатами других авторов показало, что точность предложенного алгоритма удовлетворительная.

В третьей главе диссертации рассматриваются изотропные и ортотропные пластинки со смешанными граничными условиями, когда две противоположные стороны защемлены, а две других – шарнирно оперты. Решение задачи строится аналогичным второй главе образом, предлагается новый вид дискретизации для удовлетворения граничным условиям. Для изотропных и ортотропных пластинок проводится исследование зависимости критической скорости флаттера от направления потока. При этом изменяется соотношение сторон пластинок.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Актуальность избранной темы

Актуальность темы диссертационной работы заключается в необходимости решения и исследования определенных типов задач флаттера пластинок. Так, в работе рассматриваются изотропные и ортотропные пластинки со смешанными граничными условиями в постановке панельного флаттера, которая учитывает произвольное направление потока газа в плоскости пластины.

Достоверность результатов исследования

Достоверность представленных в работе результатов обеспечивается использованием классических математических методов механики сплошных сред и общепризнанных вычислительных методов. При проведении численных расчетов проверена сходимость решения на различных сетках и проведено сравнение результатов решения тестовых задач с результатами других исследователей.

Научная новизна диссертационной работы

Результаты диссертационной работы обладают научной новизной. В работе использован новый метод решения задач о флаттере прямоугольных

изотропных и ортотропных пластинок со смешанными граничными условиями, решены новые задачи и выявлены новые зависимости. Так, установлено, что для квадратных ортотропных пластинок со смешанными граничными условиями характер зависимости критической скорости флаттера от направления вектора потока отличается от характера зависимости для изотропных пластинок. Кроме того, проведенный анализ показал, 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.

Представленные в диссертационной работе результаты имеют, в том числе, и практическую значимость. Селивановым И.А. для решения задач о флаттере пластин построен эффективный численный алгоритм и выполнена его компьютерная реализация. Представленный численный метод решения, а также результаты многопараметрического анализа и предложенные аппроксимационные зависимости могут применяться для оценки возможности возникновения панельного флаттера и его влияния при проектировании различных конструкций.

Результаты диссертации докладывались И.А. Селивановым и обсуждались на международных конференциях: «Авиация и космонавтика» 2021 г. Москва, «Моделирование нелинейных процессов и систем (MNPS — 2020)» 2020 г. Москва и научно-исследовательских семинарах имени А.А. Ильюшина кафедры теории упругости механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Основные результаты диссертации в полной мере отражены в 7 печатных работах, 3 из которых опубликованы в изданиях, индексируемых в базах Web of Science, Scopus, RSCI.

К диссертации имеется ряд замечаний

1. На стр. 45 сказано: «Применяемая дискретизация реагирует на гладкость отыскиваемого решения, и её точность тем выше, чем более

гладко отыскиваемое решение по x и по y ». Но это справедливо по отношению к любому численному методу. Далее в диссертации говорится: «При этом а priori гладкость знать не нужно, метод сам настраивается под неё». Как это сам настраивается? Здесь необходимо было привести алгоритм этого процесса, обоснование этого алгоритма и примеры его реализации.

2. В формулу (3.1.5) на стр. 60 входит общий множитель $(z^2 - 1)^2$. Это значит, что производная $\partial\varphi/\partial u$ при $u = \pm b$ равна нулю, что не следует из граничных условий. По всей видимости, это опечатка и имеется ввиду множитель $(z^2 - 1)$.

3. На стр. 20 записаны производные не от функции $M_{io}(z)$, как сказано в диссертации, а от функции $M(z)$.

4. Интерполяционная формула (1.1.5) на стр. 21 приведена без вывода. Да и зачем она нужна? Производные от выражения (1.1.4) легко находятся.

Эти замечания не влияют на оценку диссертации.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом им. 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 им. М.В. Ломоносова. Диссертация оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета им. 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:
д-р физ.-мат. наук, доц.,
профессор кафедры вычислительной механики и математики ФГБОУ
«Тульский государственный университет»

ЛАВИТ Игорь Михайлович

«__» _____ 2023г.

Контактные данные:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация:

1.1.8. (01.02.04) «Механика деформируемого твердого тела».

Адрес места работы:

300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92.

ФГБОУ «Тульский государственный университет»

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена
диссертация:

1.1.8. (01.02.04) «Механика деформируемого твердого тела».

Подпись Лавита Игоря Михайловича удостоверяю: