

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
доктора физико-математических наук,
Веденеева Василия Владимировича

на диссертационную работу Абдухакимова Фарруха Адхамовича
«Новые задачи флаттера авиационных конструкций»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа
и плазмы».

За годы учебы в аспирантуре механико-математического факультета МГУ и работы в лаборатории экспериментальной гидродинамики НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова Ф.А. Абдухакимов провёл серию научных исследований в области флаттера авиационных конструкций: панелей обшивки сверхзвукового ЛА, лопатки компрессора газотурбинного двигателя, несущей системы вертолёта, которые легли в основу диссертационной работы.

В первой главе исследуется флаттер прямоугольных панелей обшивки при малых сверхзвуковых скоростях в случае, когда натекание идёт с ненулевым углом скольжения. Аналитически найдено выражение для возмущения давления, возникающего при колебаниях панелей. Была получена интегро-дифференциальная задача на собственные значения связанной аэроупругой системы, для решения которой был разработан численный алгоритм и программа для её решения. При малых углах скольжения существуют две зоны флаттера: одномодовый и связанный тип флаттера, что соответствует нулевому углу скольжения. Однако при увеличении угла скольжения границы зоны неустойчивости становятся нерегулярными, и в разных частях плоскости параметров возникают новые зоны неустойчивости. Была проанализирована причина возникновения новых зон неустойчивости: они вызваны взаимодействием нескольких поперечных мод колебаний, в результате чего колебания происходят с поперечной бегущей волной.

Во второй главе исследован флаттер панелей в случае, когда их форма в плане имеет вид трапеции или параллелограмма. Изучается одномодовый тип флаттера. Получено, что придание панелям формы трапеции слабо сказывается на границе зоны флаттера, что вызвано слабым изменением низших собственных форм при изменении формы панели. В то же время, придание панелям формы параллелограмма стабилизирует панель, что объясняется существенным изменением форм колебаний.

В третьей главе рассмотрена задача о флаттере лопаток, для решения которой был развит энергетический метод расчёта. Предметом исследования являлось влияние на флаттер ряда конструктивных параметров: раскрытия

впереди стоящего направляющего аппарата, величины осевого зазора между статором и ротором, радиального зазора между лопаткой и корпусом, натяга в бандажных полках. Показано, что данные факторы, кроме натяга, слабо влияют на зону флаттера. Однако, изменение монтажного натяга приводит к изменению форм собственных колебаний лопаток и при некоторых значениях натяга может приводить к флаттеру. Практическая важность этого результата заключается в том, что из-за износа контактных поверхностей, величина натяга падает в процессе эксплуатации двигателя, что может привести к возникновению флаттера, хотя при штатном значении натяга лопатка устойчива.

Последняя, четвёртая глава посвящена разработке математической модели и решению задачи о флаттере несущей системы вертолёт с учётом податливости несущего вала. Разработаны математические модели и комплекс программ, проводящий следующую последовательность расчётов: вычисление среднего положения вращающейся лопасти (статическое аэроупругое состояние) с учётом центробежной и аэродинамической сил; расчёт маховых колебаний лопасти, совершаемых вокруг среднего положения из-за нестационарности аэродинамической нагрузки и наличия циклического шага винта; расчёт флаттера в двух постановках: без учёта маховых колебаний (определение границы устойчивости среднего положения лопастей путём решения задачи на собственные значения) и с учётом маховых колебаний (определение границы устойчивости колеблющейся лопасти с помощью теории Флоке). Обнаружено, что податливость несущего вала видоизменяет собственные формы несущей системы в целом по сравнению с колебаниями изолированной лопасти. В свою очередь, это приводит к изменению границы флаттера: продемонстрирован случай, когда на режиме висения изолированная лопасть устойчива, но несущая система в целом неустойчива по нескольким формам колебаний семейства вторых и третьих изгибных форм.

Основные результаты диссертации изложены в 10 печатных работах, из них 5 статей опубликованы в изданиях, индексируемых Web of Science, Scopus или RSCI. Результаты работы Ф.А. Абдухакимова были доложены и положительно оценены на множестве конференций, как фундаментального, так и прикладного характера. Разработанные им модели, методики и программы внедрены в конструкторском бюро “Салют” Объединённой двигателестроительной корпорации и в холдинге “Вертолёт России”.

Диссертационная работа Ф.А. Абдухакимова выполнена на высоком научном уровне и носит законченный характер. Она соответствует специальности 1.1.9 — «Механика жидкости, газа и плазмы» и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационная

работа «Новые задачи флаттера авиационных конструкций» Абдухакимова Фарруха Адхамовича может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. «Механика жидкости газа и плазмы».

Я, Веденеев Василий Владимирович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук (по специальности 01.02.05)

профессор кафедры гидромеханики механико-математического факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова, заместитель директора по НИР НИИ механики

МГУ имени М.В. Ломоносова.

(119991, Ленинские горы, д. 1, телефон +7(495) 939-52-83, e-mail:

vasily@vedeneev.ru)

В.В. Веденеев

Подпись профессора В.В. Веденева удостоверяю:

декан механико-математического факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова

член-корреспондент РАН, профессор



Шафаревич А.И.

11.09.2023