

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Макеева Павла Вячеславовича «Методы численного моделирования нестационарных аэродинамических характеристик и формирования границ области режимов вихревого кольца винтов и их приложение к задачам повышения безопасности полет вертолетов», представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.12 – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов»

Диссертация Макеева Павла Вячеславовича посвящена исследованию сложных газодинамических процессов, протекающих при обтекании винтов вертолѐта на режимах «вихревого кольца».

Тема исследований, главным образом, обусловлена важностью оценки границ области режимов «вихревого кольца» для различных летательных аппаратов и непосредственно связана с задачей повышения безопасности полета вертолетов. Известно, что в подобных режимах наблюдаются опасные и слабо контролируемые явления, такие как, резкая потеря высоты, рост потребной мощности на привод несущего винта, высокий уровень вибраций, беспорядочное маховое движение лопастей, броски вертолѐта по курсу крену и тангажу, ухудшение управляемости. Возможность контроля за подобными негативными явлениями определяет актуальность темы выполненной работы и ее практическую значимость.

Основным методом представленных в диссертации исследований является математическое моделирование, которое в последнее время, во многом благодаря бурному развитию высокопроизводительной вычислительной техники и численных алгоритмов, становится мощным инструментом в помощь, а иногда даже на замену инженерным методикам и физическому эксперименту. Особенно востребованным численное моделирование становится в ситуации, когда воспроизведение реальных полѐтных условий в натурном эксперименте затруднительно или невозможно.

В своей работе Макеев П.В. разработал новый метод расчета нестационарных аэродинамических характеристик (АДХ) винта с использованием созданной им нелинейной лопастной вихревой модели винта, учитывающей диффузию вихревого следа. Этот метод был применен для анализа и формирования границ режимов «вихревого кольца», учитывающие индивидуальные характеристики винтов. Автором проведено исследование широкого диапазона режимов и компоновок винтов и показано значительное влияние индивидуальных параметров винтов и условий проведения экспериментов на АДХ винтов в режиме «вихревого кольца», а также отсутствие универсальной зависимости АДХ и границ области режимов «вихревого кольца» в относительных координатах « $\tilde{V}_x - \tilde{V}_y$ ». Макеев П.В. в своей работе провел масштабные исследование различных винтов существующих вертолетов как классической, так и соосной схемы и показал возможность определения более точных многокритериальных границ режимов вихревого кольца в скоростных координатах « $V_x - V_y$ » с учетом особенностей геометрии винта. Разработанная автором методика позволяет точнее прогнозировать границы опасных режимов, оптимизировать конструкцию винтов для снижения рисков и повысить безопасность эксплуатации вертолетов.

Автореферат написан чѐтко, ясно и последовательно. Его структура соответствует рекомендациям ВАК. В автореферате сформулированы цели и задачи работы, а также выносимые на защиту положения и основные полученные результаты, раскрыта её актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения об апробации результатов, описано краткое содержание работы по главам и дан список публикаций автора. По своему содержанию диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.12 «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов».

Тем не менее, к автореферату имеется ряд указанных ниже замечаний.

1. Автор часто использует иллюстрации «вихревого следа», не поясняя что собой представляет данная визуализация.

2. При сравнении результатов численного моделирования с другими, экспериментальными или расчетными, данными автор оперирует нестрогими терминами «хорошее совпадение», «удовлетворительно согласуется», не приводя никаких количественных оценок. Не говоря уже о том, что совпадение, по смыслу этого слова, не может быть хорошим или плохим.
3. Из автореферата неясно, насколько автоматизирован процесс выбора значения ключевого параметра метода – коэффициента диффузии C_d .
4. В качестве одного из способов ускорения расчета использовалось отбрасывание «старого» вихревого следа, на основании того, что «полное разрушение вихрей происходит достаточно быстро». Не следовало ли на этом основании «удалять» вихри, оценивая степень их диссипации, а не жестко ограничивать время их «жизни»?
5. Из автореферата неясно, насколько велико влияние фюзеляжа вертолета в исследуемых режимах «вихревого кольца».
6. В автореферате есть ошибки в нумерации таблиц, из-за которых не всегда очевидно, на какую именно таблицу ссылается автор в тексте.
7. При всей аккуратности написания автореферата в целом, можно отметить и ряд оформительских недочётов. Самый существенный из них связан с низким качеством иллюстраций. Схемы и двумерные графики, в большом количестве представленные в автореферате, следовало бы представлять в векторном формате, чтобы в электронном варианте автореферата их можно было свободно увеличивать для удобства читателя.

На наш взгляд, высказанные замечания не являются критичными и не умаляют достоинств выполненной научной работы, которая заслуживает высокой оценки.

Судя по автореферату, диссертационная работа по специальности 2.5.12 – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов» – полностью соответствует критериям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Макеев Павел Вячеславович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук.

Главный научный сотрудник

Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
д.ф.-м.н. (05.13.18)


Козубская Татьяна Константиновна

Старший научный сотрудник

Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
к.ф.-м.н. (05.13.18)


Бобков Владимир Георгиевич

Подписи Козубской Т.К. и Бобкова В.Г. удостоверяю.

Ученый секретарь

Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН,
к.ф.-м.н.



А.А. Давыдов

05 мая 2025 года

125047, Москва, Миусская пл., д.4,
ИПМ им. М.В.Келдыша РАН
тел.: +7 499 978-13-14
e-mail: office@keldysh.ru