

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Чэнь Болуня

«Методика оценки шумового воздействия на окружающую среду винтов легкомоторной авиации с распределенными гибридными и электрическими силовыми установками с учетом компоновки летательных аппаратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. – «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов»

Актуальность диссертационной работы. Диссертация посвящена исследованию аэроакустических характеристик самолета с распределенными силовыми установками (PCY) и влияния компоновки силовых установок на шум с учетом акустических характеристик. Она представляется важной для проектирования перспективных летательных аппаратов и решения проблем обеспечения экологических требований в гражданской авиации. Применены современные методы численного решения аэроакустических задач – метод Ffowcs Williams-Hawkings с использованием программного комплекса Ansys Fluent 2019 R1 и метод Лайтхилла в рамках программного комплекса Actran 2020. Для дополнительной верификации задействован метод акустико-вихревой декомпозиции в программном пакете FlowVision. Работа согласуется с Перечнем основных направлений технологической модернизации РФ (5. Стратегические информационные технологии, включая вопросы создания суперкомпьютеров и разработки программного обеспечения). Проблематика диссертации находится в русле приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ (5. Интеллектуальные транспортные и телекоммуникационные системы, включая автономные транспортные средства) и связана с разработкой критических технологий РФ (14. Транспортные технологии для различных сфер применения (море, земля, воздух), в том числе беспилотные и автономные системы). Следует отметить, что работа выполнена в известной российской научной школе «Московского авиационного института (национального исследовательского университета)» (МАИ) под руководством доктора технических наук Темушева С.Ф. Таким образом, представленную диссертацию можно признать актуальной.

Научная новизна не вызывает сомнений.

- предложена новая математическая модель дополнительного источника шума на крыльях, вызванного следом воздушного винта, в отличие от известных математических моделей сосредоточенных на оценке влияния взаимодействия винтов или суперпозиции шума винтов;
– разработаны новые методики, алгоритмы и программы аналитического определения аэроакустических характеристик винтового летательного аппарата с распределенной силовой установкой;

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«11» 06 2022 г.

- проведены численные расчеты для различных типов компоновок винтов и крыла при различных углах установки, причем с помощью численного моделирования впервые определены основные закономерности генерации шума и роль различных источников излучения в шуме винтомоторных самолетов с PCY (DEP);
- получены обобщенные акустические характеристики различных компоновок летательного аппарата с PCY (DEP),
- сравнение уровня шума большого винта и набора малых винтов показало различную долю индуцированного шума в общем уровне шума.

Практическая значимость работы вполне убедительные и заключаются в ориентации разработанной методики на применение в расчётной практике конструкторских и проектных организаций для минимизации уровня шума самолета с распределенной силовой установкой в ходе концептуального проектирования и оптимизации вариантов компоновки, а также во внедрении указанных разработок для развития программного пакета FlowVision. Получен акт внедрения от фирмы ТЕСИС.

Апробация работы приемлемая. Содержание диссертации изложено в тринадцати публикациях, в том числе – в двух изданиях Перечня ВАК по специальности 2.5.12., две публикации проиндексированы в международных базах данных SCOPUS, одна статья в материалах и трудах конференций, индексируемых в базе данных SCOPUS.

Высокая степень достоверности обеспечена применением классической теории на базе аэроакустической аналогии Лайтхилла, верификацией полученных результатов с использованием стандартных пакетов вычислительной аэроакустики, валидацией предложенной методики на базе экспериментальных измерений аэроакустических характеристик винта, отсутствием противоречий полученных в диссертации результатов с известными опубликованными данными.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Работа изложена на 121 странице, содержит 86 рисунков, 10 таблиц, приложение. Список литературы включает в себя 133 наименования.

Диссертация Чэнь Болюня производит приятное впечатление. Ее ориентацию на оценки шумового воздействия в аппаратах с распределенными силовыми установками следует одобрить. Производят хорошее впечатление сделанные выводы:

- 1) разработанный метод быстрого прогнозирования позволяет быстро и относительно точно предсказать уровень звукового давления распределенной силовой установки;
- 2) установлено, что когда самолет работает на низкой скорости полета или в статическом режиме, шум винта является преобладающим шумовым излучением;

3) продемонстрировано, что распределенные воздушные винты имеют более высокий уровень звукового давления по сравнению с одиночным изолированным воздушным винтом, если они имеют одинаковую тягу и требуемую мощность;

4) взаимодействие воздушного винта с другими воздушными винтами или крылом вызывает более высокие колебания нагрузки на лопасть воздушного винта, что увеличивает уровень звукового давления в передней и задней частях плоскости воздушного винта. При проектировании распределенной силовой установки конструктору следует рассмотреть возможность увеличения расстояния между воздушными винтами или применения винто-кольцевых движителей.

Квалификационная состоятельность работы как кандидатской диссертации по техническим наукам по специальности 2.5.12 не вызывает сомнений.

Тем не менее, по работе есть ряд замечаний.

1. На стр. 83 отмечается, что для корректного вычисления поверхностных интегралов акустической модели FW-N необходимы решения во временной области для параметров потока, включая давление, скорость и плотность на поверхностях-источниках. Указанные данные получаются в результате решения нестационарных уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу (URANS). Для их замыкания используется модель турбулентности $k-\omega$ SST. Эта модель действительно является наиболее подходящей для расчета отрывных течений. Однако ссылок на выбранную версию модели не представлено. Также важно отметить, что для расчета отрывных течений необходимо применять SST-модель с поправками на кривизну линий тока. См. Исаев С.А., Баранов П.А., Усачов А.Е. Многоблочные вычислительные технологии в пакете VP2/3 по аэротермодинамике. Саарбрюкен: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 316с.

2. Выбор размеров расчетной области, обоснование сеточной сходимости представляет важную проблему. Это продемонстрировано рядом публикаций, в том числе Баранов П.А., Гувернюк С.В., Исаев С.А., Судаков А.Г., Усачов А.Е. Моделирование периодических вихревых структур в следе за профилем // Ученые Записки ЦАГИ. 2014. Т. XLV. №2. С.63-77.

3. Дискретизация уравнений, методы решения нестационарных уравнений требуют конкретизации.

4. Неплохо было бы изложить детали постановки задачи, заточенной под URANS, и отметить какие-то валидационные тесты.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

