

## ОТЗЫВ

научного руководителя доктора технических наук,  
Тимушева Сергея Федоровича на диссертационную работу  
Чэня 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»

Диссертационная работа Чэня Болуня посвящена решению важной научно-технической задачи – анализу акустических характеристик и разработке методики расчета шума винтов легких самолетов и БАС с винтовыми двигателями и распределённой силовой установкой (PCY). Шум на местности самолета с распределенной электрической силовой установкой будет существенно отличаться от шума самолетов с обычными силовыми установками. Это связано с взаимодействием воздушных винтов с учётом компоновки с крыльями и фюзеляжем.

Целью работы поставлено исследование акустических характеристик самолета с PCY и влияния компоновки силовых установок на шум на местности. Это представляется актуальным и важным для проектирования перспективных летательных аппаратов и решения проблем обеспечения экологических требований в будущей гражданской авиации.

Для достижения поставленной цели автором решены ряд задач, позволяющих выработать рекомендации по снижению шума и разработке методики и расчетной программы:

- изучение основных источников шума самолетов и БАС с PCY;
- изучение аэродинамических и аэроакустических характеристик воздушных винтов и анализ взаимодействия винтов с винтами и с крылом;
- разработка математической модели быстрого прогнозирования аэроакустических характеристик одиночного винта и винтов с крылом при полете с углом атаки;
- анализ и выбор разных математических моделей для аэроакустических расчетов и сравнение с результатами экспериментов;
- численное исследование аэроакустических характеристик самолетов с PCY и изучение влияния компоновки силовых установок на уровень и направленность излучения шума.

В теоретической части работы проведен анализ литературных источников по проектам самолетов с PCY, включая опубликованные экспериментальные данные по акустическим характеристикам. Соискатель подробно изучает источники шума винта и механизмы его возникновения. В результате автор в развитие теоретических подходов вычислительной аэроакустики для определения аэродинамических и аэроакустических характеристик винтового летательного аппарата с распределенной силовой установкой, в отличие от известных опубликованных работ в этой работе разрабатывает математическую модель дополнительного источника шума на крыле, вызванного следом воздушного винта. В работе большое внимание уделено верификации модели, проведено сравнение результатов двух разных вычислительных методов аэроакустики с экспериментальными данными. На основе численного моделирования определены основные закономерности генерации шума и роль различных источников излучения в шуме винтомоторных самолетов с PCY. Получены обобщенные акустические характеристики различных компоновок летательных аппаратов с PCY, определено влияние размера и взаимодействия винтов. Практическая значимость работы соискателя включает предложения по минимизации уровня шума самолета с распределенной силовой установкой на этапе первоначального проектирования. Разработан быстрый метод прогнозирования уровня звукового давления и направленности шумового излучения для распределенной силовой установки. Метод позволяет быстро (за 5-20 секунд) и относительно точно рассчитать уровни гармонических амплитуд звукового давления по сравнению с полным численным моделированием (20-25 часов) и экспериментальными исследованиями. Это позволяет рекомендовать данный метод для оптимизации акустических характеристик самолетов с распределенной силовой установкой на этапе предварительного проектирования.

Все исследования, результаты которых изложены в диссертационной работе, получены лично соискателем в процессе его научной работы. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, написанной технически грамотным языком, и содержит логически стройный материал. Вопросы, рассматриваемые в диссертационной работе, обсуждались на научных конференциях и опубликованы в журналах из списка ВАК РФ..

Диссертационная работа «Методика оценки шумового воздействия на окружающую среду винтов легкомоторной авиации с распределенными гибридными и электрическими силовыми установками с учетом компоновки летательных аппаратов», соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Чэнь Болунь, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов».

**Научный руководитель:**

д.т.н., профессор кафедры 202 «Ракетные двигатели» МАИ

Подпись д.т.н. Тимушева С. Ф. заверяю:

Директор дирекции института № 2  
«Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки» МАИ



Тимушев С.Ф.

Монахова В.П.