

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»  
(ПНИПУ)**

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29.

Тел.: 8(342) 219-80-67. Факс: 8(342) 219-89-27

E-mail: [rector@pstu.ru](mailto:rector@pstu.ru); <http://www.pstu.ru>

ОКПО 02069065 ОГРН 1025900513924 ИНН/КПП 5902291029/590201001

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке и инновациям  
ФГАОУ ВО «ПНИПУ»,

Доктор физико-математических наук,  
доцент

А.И. Швейкин

« 24 » мая 2026 года



**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на диссертационную работу Чэнь Болуна «Методика оценки шумового воздействия на окружающую среду винтов легкомоторной авиации с распределенными гибридными и электрическими силовыми установками с учетом компоновки летательных аппаратов», представленную в Диссертационный совет ФГБОУ ВО «Московского авиационного института» 24.2.327.09 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов» (технические науки).

Актуальность диссертационной работы связана с необходимостью ужесточения борьбы с воздействием шума на окружающую среду (требования ICAO, ACARE, NASA и т.п.) Взаимодействие между крыльями, фюзеляжем и



Сертифицировано  
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

« 11 » 06 2026 г.

воздушными винтами значительно меняет аэродинамические и аэроакустические характеристики летательных аппаратов. В этой связи разработка конструкций перспективных летательных аппаратов с распределенными силовыми установками и решение проблем обеспечения экологических требований еще на этапе проектирования становится, безусловно, актуальной научной задачей.

**Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.5.12. «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов».**

**Цель работы**, состоящая в создании методики оценки шумового воздействия на окружающую среду винтов легкомоторных самолетов с распределенными гибридными и электрическими силовыми установками с учетом аэроакустических характеристик, изучении влияния компоновки силовых установок на направленность и уровень шума, разработке рекомендаций по снижению уровня шумового воздействия распределённых винтов в компоновке с крылом автором достигнута и **научные задачи**, состоящие в изучении основных источников шума самолетов и БАС с PCY (DEP); разработке математической модели быстрого прогнозирования аэроакустических характеристик одиночного винта и набора винтов с крылом при полете с углом атаки на базе теории аэродинамики, аэроакустики воздушных винтов и анализе взаимодействия винтов с соседними винтами и с крылом; анализе и выборе методов аэроакустических расчетов для верификации и валидации разработанной методики; численном исследовании аэроакустических характеристик самолетов с одиночным и распределенными воздушными винтами и изучении влияния компоновки силовых установок на уровень и направленность излучения шума, решены в полной мере.

**Научная новизна работы** состоит в:

1. Создании новой математической модели дополнительного источника шума на крыльях, вызванного следом воздушного винта, в отличие от известных моделей, учитывающих только влияние взаимодействия винтов или суперпозиции шума винтов;
2. Разработке новой методики и алгоритма аналитического определения аэроакустических характеристик винтового летательного аппарата с распределенной силовой установкой;
3. Определении основных закономерностей генерации шума и роли различных источников излучения в шуме винтомоторных самолетов с распределенной силовой установкой;
4. Получении и анализе обобщенных акустических характеристик различных компоновок летательного аппарата с распределенной силовой установкой.

**Теоретическая значимость** полученных автором результатов состоит в том, что разработана математическая модель быстрого прогнозирования акустических характеристик для винтов легкомоторных самолетов с распределенными силовыми



Сертифицировано  
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

установками, и произведён анализ влияния компоновки распределенных силовых установок на направленность и уровень шума.

**Практическая значимость работы** заключается в возможности использования разработанной расчётной методики в практике конструкторских организаций для минимизации уровня шума ЛА в ходе концептуального проектирования и просчета вариантов компоновки, а также во внедрении указанных разработок в программный пакет FlowVision, что подтверждено соответствующим актом внедрения.

**Достоверность и обоснованность результатов работы** обусловлена применением классической теории на базе аэроакустической аналогии Лайтхилла, используемыми расчетными методами и стандартными вычислительными пакетами. Полученные автором результаты не противоречат расчетным и экспериментальным результатам других авторов.

Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы предприятиям отрасли для оценки аэроакустических характеристик легкомоторных ЛА, а также авиационным вузам и факультетам.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

1. В работе недостаточно полно проведена верификация разработанного автором аналитического метода быстрого прогнозирования акустических характеристик, оценки носят в основном качественный характер, не указаны границы применимости предложенного метода.

2. Во второй главе при построении аналитического метода быстрого прогнозирования введено достаточно много допущений без пояснений или пропущены строки математических преобразований, что нарушает логику изложения материала, например, на стр. 70 в выражении (85) функция  $A_m$  заменена константой, здесь же видим «с помощью некоторых громоздких вычислений уравнение выражено как...».

3. Для исследованных в третьей главе компоновок воздушного винта легкомоторного планера отсутствует четкая постановка задачи.

4. В названии диссертационной работы упоминается методика оценки шумового воздействия, однако, в работе отсутствует инженерная методика как четкий порядок действий.

5. В формулировке цели диссертации (стр. 7) указано, что будет произведена «разработка рекомендаций по снижению уровня шумового воздействия распределённых винтов в компоновке с крылом», однако, в тексте работы такие рекомендации отсутствуют.

Тем не менее перечисленные замечания носят частный характер и не ставят под сомнение новизну полученных результатов, их теоретическую и практическую значимость.



Сертифицировано  
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

Автореферат достаточно полно соответствует содержанию работы и соответствует требованиям п. 25 «Положения о присуждении ученых степеней».

Апробация работы в достаточной степени проведена статьями в журналах ВАК РФ по специальности 2.5.12, статьями, индексируемыми в международных базах данных, материалами всероссийских и международных конференций.

**Заключение**

Диссертация Чэнь Болуня на тему «Методика оценки шумового воздействия на окружающую среду винтов легкомоторной авиации с распределенными гибридными и электрическими силовыми установками с учетом компоновки летательных аппаратов», представленная на соискание степени кандидата технических наук, соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Чэнь Болунь, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.12. «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов» (технические науки).

Отзыв подготовлен Чекалкиным Андреем Алексеевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой механики композиционных материалов и конструкций (МКМК) ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» и Писаревым Павлом Викторовичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры МКМК ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры МКМК ФГАОУ ВО «ПНИПУ» (протокол №30 от 27.05.2026 г.).

Заведующий каф. МКМК  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет»  
доктор физико-математических наук, профессор

Чекалкин А.А.

Доцент кафедры МКМК  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет»  
кандидат технических наук

Писарев П.В.

*С отзывом ознакомлен*  
*Чэнь Болунь*   
*11.06.2026*



Сертифицировано  
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»



Подпись  
Заведующий

*Чекалкин А.А.*  
*Писарева П.В.*

Специалист по персоналу УК  
Е.И. Овчинникова