

Соглашение о предоставлении субсидии № 075-11-2018-178

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы»

Проект: «Разработка новых методов определения эффективности экранирования шума силовой установки элементами планера перспективных компоновок самолетов»

Руководитель проекта: Копьев Виктор Феликсович

Этап 2. Разработка методов расчета эффективности экранирования вращающихся звуковых мод и эффективности экранирования шума струи

Цели и задачи проекта:

Настоящее исследование проводится в рамках выполнения совместного научно-исследовательского проекта ARTEM (Aircraft noise Reduction Technologies and related Environmental Impact) рамочной программы Европейского Союза «Горизонт 2020», в составе международного консорциума, координатором которого является Deutsches Zentrum fuer Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR, Германский центр авиации и космонавтики, Германия).

Целью данного исследования является развитие расчетных и экспериментальных методов исследования эффекта экранирования шума силовой установки перспективных компоновок самолетов, с целью развития способов оценки шума на местности самолета типа «летающее крыло», использующих перспективные двигатели со сверхвысокой степенью двухконтурности.

Для достижения этой цели в ходе реализации проекта необходимо решить следующие задачи:

1. Формирование базы данных, включающей в себя результаты экспериментов по эффектам экранирования шума струи и азимутальных вращающихся мод, излучаемых из круглого канала, полигональными экранами, имитирующими планер самолета интегральной компоновки.

2. Разработка метода расчета экранирования шума полигональным экраном на основе Геометрической Теории Дифракции (ГТД) на случай излучения азимутальных вращающихся звуковых мод, излучаемых из открытого цилиндрического канала.

3. Разработка метода расчета экранирования шума полигональным экраном на основе Геометрической Теории Дифракции (ГТД) на случай излучения шума турбулентной струей на основе адаптированной корреляционной теории.

4. Разработка метода оптимизации положения силовой установки для самолета интегральной компоновки (типа «летающее крыло») на основе оценки шума на местности с использованием экспериментальных данных и разработанных методов расчета эффективности экранирования.

Ожидаемые результаты проекта:

1. База данных, включающая в себя результаты экспериментов по эффектам экранирования шума струи и азимутальных вращающихся мод, излучаемых из круглого канала, полигональными экранами, имитирующими планер самолета интегральной компоновки.

2. Метод расчета экранирования шума полигональным экраном на основе Геометрической Теории Дифракции (ГТД) на случай излучения азимутальных вращающихся звуковых мод, излучаемых из открытого цилиндрического канала.

3. Метод расчета экранирования шума полигональным экраном на основе Геометрической Теории Дифракции (ГТД) на случай излучения шума турбулентной струей на основе адаптированной корреляционной теории.

4. Метод оптимизации положения силовой установки для самолета интегральной компоновки (типа «летающее крыло») на основе оценки шума на местности с использованием экспериментальных данных и разработанных методов расчета эффективности экранирования. Разработанный метод предназначен для разработчиков и производителей самолетов интегральной компоновки, с целью улучшения экологических характеристик и повышения конкурентоспособности отечественной авиационной техники.

Перспективы практического использования:

В целом, проект направлен на создание технологий существенного снижения шума на местности перспективных самолетов.

Главным социальным эффектом от внедрения результатов проекта на перспективных самолетах должно стать снижение отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду, каковым является авиационный шум в окрестности аэропортов.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 30.11.2018 г. № 075-11-2018-178 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» на этапе № 2 в период с 01.01.2019 по 31.12.2019 выполнялись следующие работы:

1) Развитие метода расчета экранирования звука полигональным экраном на основе Геометрической Теории Дифракции (ГТД) на случай излучения азимутальных вращающихся звуковых мод, излучаемых из открытого цилиндрического канала.

2) Верификация разработанного расчетного метода экранирования шума полигональным экраном на основе ГТД на случай излучения азимутальных вращающихся звуковых мод, излучаемых из открытого цилиндрического канала.

3) Развитие метода расчета экранирования звука полигональным экраном на основе ГТД на случай излучения шума турбулентной струей на основе адаптированной корреляционной теории.

4) Верификация метода расчета экранирования шума струи, моделируемого с помощью адаптированной корреляционной теории, на основе ГТД.

5) Разработка программы и методики проведения исследовательских испытаний в заглушенной камере эффекта экранирования шума полигональными экранами, имитирующими планер самолета интегральной компоновки.

6) Исследование аэроакустических свойств элементов планера самолета.

7) Численное моделирование шума элементов планера самолета и шума взаимодействия.

Работы в рамках задач (1)-(5) проводились Получателем субсидии за счет средств субсидии, а в рамках задачи (6), (7) – Иностранцами партнерами за счет внебюджетных средств.

В ходе работ, выполненных в течение этапа 2 проекта, были получены следующие результаты:

1) Проведено развитие метода расчета экранирования звука полигональным экраном на основе Геометрической Теории Дифракции (ГТД) на случай излучения азимутальных вращающихся звуковых мод, излучаемых из открытого цилиндрического канала. В рамках ГТД получено выражение для дифракции звука, излучаемого точечным дипольным источником на бесконечной полуплоскости при произвольной ориентации декартовой системе координат, которое допускает обобщение на случай плоских полигональных экранов.

2) Выполнена верификация разработанного расчетного метода экранирования шума полигональным экраном на основе ГТД на случай излучения азимутальных вращающихся звуковых мод, излучаемых из открытого цилиндрического канала. Выполнено сравнение экспериментальных и расчетных значений Уровней Звукового Давления (УЗД) шума излучения азимутальных вращающихся звуковых мод, излучаемых из открытого цилиндрического канала при шести различных положениях экрана размером 1500×1000 мм относительно задней кромки канала, а также при отсутствии экрана. Выявлено, что для нулевых азимутальных мод имеет место хорошее качественное, а при определенных положениях экрана и количественное совпадение между расчётными и измеренными УЗД. Однако для ненулевых азимутальных мод картина дифракции звука носит более сложный характер, приводя к формированию в зоне тени устойчивой во времени интерференционной картины, что демонстрирует высокую чувствительность к фазовой структуре звукового поля, излучаемого из круглого цилиндрического канала.

3) Проведено развитие метода расчета экранирования звука полигональным экраном на основе ГТД на случай излучения шума турбулентной струей на основе адаптированной корреляционной теории. В рамках ГТД получено выражение для дифракции звука, излучаемого точечным квадрупольным источником на бесконечной полуплоскости при произвольной ориентации декартовой системе координат, которое допускает обобщение на случай плоских полигональных экранов.

4) На основе адаптивной корреляционной теории и ГТД построена модель для расчета экранирования шума круглой одноконтурной турбулентной струи прямоугольным экраном. Выполнено сравнение экспериментальных и расчетных спектров УЗД шума круглой одноконтурной струи диаметром 39.5 мм при скоростях истечения струи, равных 173 м/с, 233 м/с, 273 м/с и 302 м/с при отсутствии экрана, а также при четырёх различных положениях экрана размером 1300×450 мм относительно кромки сопла. Установлено, что сравнение расчетных и экспериментальных спектров УЗД демонстрирует хорошее качественное, а при определенных положениях экрана и количественное согласие, для углов наблюдения свыше 60° градусов при всех рассмотренных скоростях истечения струи. При углах наблюдения от 30° до 50° градусов не учет эффектов рефракции звука струей приводит к разнице до 8-10 дБ между расчетными и экспериментальными спектрами УЗД.

5) Разработана программа и методика проведения исследовательских испытаний в заглушенной камере эффекта экранирования шума полигональными экранами, имитирующими планер самолета интегральной компоновки, при помощи метода последовательностей максимальной длины с целью валидации разрабатываемых расчетных методов.

6) Проведено исследование аэроакустических свойств элементов планера самолета. Выполнены экспериментальные исследования масштабной модели шума шасси, шума элементов механизации крыла, а также шума взаимодействия шасси с элементами механизации крыла и фюзеляжем. Анализ результатов показал, что в дальнем поле конфигурация с установленными шасси увеличивает шум планера на 5-7 дБ.

7) Проведено численное моделирование шума элементов планера самолета и шума взаимодействия. Результаты численного моделирования шума элементов планера самолета и шума взаимодействия продемонстрировали, что для компоновки NOVA, реализующей эффект засасывание пограничного слоя, имеет место усиление широкополосного шума на 10-20 дБ, по сравнению с традиционной компоновкой. Однако эффект экранирования позволяет минимизировать этот эффект для частот, превышающих вторую частоту следования лопаток.

Таким образом, план работ, проводимых Получателем субсидии, выполнен полностью и в установленные сроки.