

## **Соглашение о предоставлении субсидии № 14.625.21.0038**

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

Проект: «Разработка методов снижения акустического воздействия самолета на среду с учетом азимутальной неоднородности звукопоглощающих конструкций (ЗПК) в воздухозаборном канале и изменения амплитуды и направленности звуковых вращающихся мод при натекании потока »

Руководитель проекта: Копьев Виктор Феликсович

### **Этап 3. Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на достижение основных целей работы**

#### **Цели и задачи проекта:**

Целью ПНИЭР является разработка методов повышения эффективности звукопоглощающих конструкций (ЗПК), на основе учета азимутальной неоднородности, присущей реальным конструкциям, устанавливаемым в трактах авиадвигателей, и учета различий, наблюдаемых при излучении звука из воздухозаборника (ВЗ) в стендовых и полетных условиях работы авиадвигателя за счет натекающего потока.

Основными научными задачами ПНИЭР являются:

1. Уточнение метода настройки ЗПК с учетом азимутальной неоднородности ЗПК, обусловленной установленными допусками при их изготовлении или особенностями интегрирования ЗПК в состав двигателя;
2. Уточнение метода пересчета результатов акустических испытаний двигателя в статических стендовых условиях на работу двигателя в составе самолета в условиях реального полета с учетом различий излучения звука из открытого конца воздухозаборника для этих двух ситуаций.

#### **Ожидаемые результаты проекта:**

- 1 Разработка аналитической модели влияния азимутальной неоднородности ЗПК на распространение вращающихся мод в цилиндрическом канале применительно к проблеме бесшовных ЗПК.
- 2 Метод учета азимутальной неоднородности ЗПК при настройке ЗПК.
- 3 Метод пересчета результатов акустических испытаний авиадвигателя в статических стендовых условиях на работу двигателя в составе самолета в условиях реального полета с учетом различий излучения звука из открытого конца воздухозаборника авиадвигателя для этих двух ситуаций.
- 4 Расчетные оценки эффективности работы ЗПК при их настройке с помощью уточненных методов

#### **Перспективы практического использования:**

Отработанный в ходе выполнения ПНИЭР метод использования многомикрофонных решеток для определения модального состава звукового поля, генерируемого вентиляторной ступенью в канале воздухозаборника в условиях стендовых испытаний двигателей, должен быть внедрен в действующую практику разработки эффективных ЗПК. Именно благодаря этому методу настройка ЗПК будет осуществляться на основании реальных данных о модальной структуре звукового поля в канале воздухозаборника, которую генерирует вентиляторная ступень авиадвигателя.

Разработанный метод пересчета результатов акустических испытаний двигателя в статических стендовых условиях на работу двигателя в составе самолета в условиях реального полета должен быть внедрен в процедуру получения оценки шума на местности самолета с

создающимся двигателем. Это позволит получить на стадии разработки двигателя более надежную информацию о результатах предстоящей сертификации самолета на соответствие установленным нормам ИКАО по шуму на местности.

Разработанный метод учета азимутальной неоднородности ЗПК при настройке ЗПК должен быть внедрен для установления допусков при изготовлении ЗПК, которые не ухудшают эффективность их работы.

Отработанный в заглушенной камере ПНИПУ метод исследования эффективности ЗПК, в том числе, ЗПК с неосесимметричным импедансом, на натурной модели воздухозаборника с извлечением модальной структуры звукового поля далее должен использоваться для разработки ЗПК.

В целом, полученные в ходе выполнения ПНИЭР результаты позволят существенно улучшить качество настройки ЗПК на максимальное снижение шума самолетов на местности, что в конечном итоге позволит обеспечить отечественным самолетам с отечественными двигателями конкурентно необходимые акустические характеристики. Это приведет к снижению шума самолетов на местности, и, тем самым, улучшит качество жизни людей, проживающих в районе аэропортов.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 29.09.2016 г. № 14.625.21.0038 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 № 3 в период с 01.01.2018 по 31.12.2018 выполнялись следующие работы:

1) Разработка метода пересчета результатов акустических испытаний двигателя в статических стендовых условиях на работу двигателя в составе самолета в условиях реального полета с учетом различий излучения звука из открытого конца воздухозаборника для этих двух ситуаций.

2) Проведение экспериментальных исследований волновой структуры звукового поля напротив маломасштабного образца ЗПК с переменным импедансом на установке «Интерферометр с потоком».

3) Разработка метода учета азимутальной неоднородности ЗПК при настройке ЗПК.

4) Проведение испытаний крупномасштабной модели воздухозаборника в заглушенной камере для измерения состава азимутальных звуковых мод при отсутствии и наличии ЗПК в воздухозаборнике.

5) Проведение расчетов по разработанной аналитической модели и сравнение с результатами испытаний крупномасштабной модели воздухозаборника в заглушенной камере при отсутствии и наличии ЗПК.

6) Выполнение расчетной оценки эффективности работы ЗПК при их настройке с помощью уточненных методов.

7) Проведение оценки результативности ПНИЭР и эффективности результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем.

8) Проведение технико-экономической оценки ПНИЭР.

9) Разработка предложений и рекомендаций по реализации результатов ПНИЭР.

10) Разработка проекта технического задания на проведение ОКР «Разработка конструкции многомикрофонной антенны для оптимизации ЗПК в условиях испытаний натурального двигателя на открытом стенде».

11) Проведение испытаний натурального двигателя на открытом стенде с целью определения в дальнем поле амплитуды и направленности излучения звука из открытого канала воздухозаборника реального полета.

В результате исполнения указанного Соглашения на этапе 3 получены следующие основные результаты.

В результате выполнения ПНИЭР удалось восполнить практически двадцатилетнее отставание от мирового уровня в части методологии разработки ЗПК с использованием многомикрофонных решеток для определения модального состава звукового поля, генерируемого вентиляторной ступенью в ВЗ в условиях стендовых испытаний двигателей.

Главным результатом настоящей ПНИЭР стала отработка использования многомикрофонных решеток для определения модального состава звукового поля, генерируемого вентиляторной ступенью в канале воздухозаборника в условиях стендовых испытаний двигателей. При этом был разработан и оттестирован соответствующий математический аппарат.

Разработан метод настройки ЗПК с учетом азимутальной неоднородности ЗПК, обусловленной установленными допусками при их изготовлении или особенностями интегрирования ЗПК в состав двигателя.

Разработан метод пересчета результатов акустических испытаний двигателя в статических стендовых условиях на работу двигателя в составе самолета в условиях реального полета с учетом различий излучения звука из открытого конца воздухозаборника для этих двух ситуаций.

Показано, что настройка ЗПК на максимально возможную азимутальную однородность их характеристик может обеспечить улучшенных акустических характеристик создаваемого самолета на величину порядка 2 ЕРНдБ в сумме по двум первым контрольным точкам при проведении сертификации самолета на соответствие нормам ИКАО по шуму на местности, а учет влияния различий диаграмм направленности, измеренных в испытаниях на открытом стенде, и достигаемых в условиях полета улучшает оценку шума на местности, выполняемую при разработке двигателя, приблизительно на величину 3 ЕРНдБ в сумме по двум первым контрольным точкам.

По результатам проведенных работ разработан проект технического задания на проведение ОКР «Разработка конструкции многомикрофонной антенны для оптимизации ЗПК в условиях испытаний натурального двигателя на открытом стенде», в результате выполнения которой будет разработана новая конструкция многомикрофонной антенны, которая позволит удешевить испытания по определению модального состава звукового поля в ВЗ за счет возможности проведения одновременных измерений характеристик поля до и после ЗПК, повысить точность обработки результатов измерений за счет определения характеристик основного потока в темпе испытаний и расширить возможности по определению характеристик коррелированных звуковых мод.

В результате выполнения ПНИЭР были достигнуты следующие результаты, превышающие мировой уровень:

- разработка теоретического метода учета осевых стыков импеданса облицовки в цилиндрическом и прямоугольном каналах;
- разработка аналитической модели влияния азимутальной неоднородности ЗПК на распространение вращающихся мод в цилиндрическом канале на основе метода секулярных уравнений в сингулярной теории возмущений;
- экспериментальное подтверждение в заглушенной камере АК-2 эффекта существенной зависимости диаграммы направленности излучения звука из воздухозаборника от скоростного режима для всасывающего и спутного потоков;
- разработка метода высокоточной настройки системы генерации звука в канале, позволяющего реализовать различные азимутальные моды с наперед заданными азимутальными числами в случаях, когда используются динамики с различными амплитудно-фазовыми характеристиками;
- разработка программы для ЭВМ по определению модального состава звукового поля в канале с потоком при генерации небольшого числа коррелированных доминирующих азимутальных гармоник;

- отработка в заглушенной камере ПНИПУ методологии исследования эффективности неосесимметричных ЗПК на натурной модели воздухозаборника с извлечением модальной структуры звукового поля.

Цели и задачи ПНИЭР «Разработка методов снижения акустического воздействия самолета на среду с учетом азимутальной неоднородности звукопоглощающих конструкций (ЗПК) в воздухозаборном канале и изменения амплитуды и направленности звуковых вращающихся мод при натекании потока» (шифр заявки «2016-14-579-0009-467») выполнены в полном объеме.