

О ВОЗМОЖНОМ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ШУМОГЛУШЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Марк Евгеньевич Дискин, к.т.н.

Проведен оценочный анализ влияния гидравлического сопротивления воздушных каналов ТРДД, оснащенных звукопоглощающими конструкциями, на КПД двигателя. Предложено исполнение глушителя шума двигателя, позволяющее исключать глушитель из тракта двигателя с соответствующим уменьшением гидравлического сопротивления и соответственно КПД на режимах полета с ненормированным уровнем шума.

The evaluation analysis of the influence of the hydraulic resistance of the air channels of turbofan engines equipped with sound-absorbing structures on the engine efficiency is carried out. A performance of the engine noise silencer is proposed, which allows to exclude the silencer from the engine path with a corresponding decrease in hydraulic resistance and, accordingly, efficiency in flight modes with an unnormalized noise level.

Keywords: aircraft engine noise, silencer, sound-absorbing structures, noise leveling, engine efficiency.

Ключевые слова: шум авиационного двигателя, глушитель шума, звукопоглощающие конструкции, нормирование уровня шума, КПД двигателя.

На 38-й сессии Ассамблеи ИКАО приняты новые нормы по шуму воздушных судов. Они на 7 EPN dB строже предыдущих. И это не предел, учитывая тенденцию ужесточения экологических требований и достаточно острую конкурентную борьбу на рынке авиационной техники.

В настоящее время в качестве основных методов снижения шума силовой установки самолета рассматриваются следующие два основных направления (1):

- борьба с шумом в источнике, то есть воздействие на генерацию шума элементами двигателя - лопаточными машинами, камерой сгорания, и на генерацию шума реактивной струей;
- снижение интенсивности излучения в процессе его распространения по каналам двигателя и по воздухозаборному каналу.

На рис. 1 показаны основные направления по повышению акустической эффективности системы шумоглушения силовой установки для перспективного самолета (1).

- Управление шумом вентилятора - оптимизация конструкции ступени вентилятора, включающая оптимальные форму лопатки РК и СА, расстояние между колесами РК и СА, соотношение между числом лопаток РК и СА.
- Управление шумом камеры сгорания - оптимизация геометрических и термогазодинамических характеристик камеры сгорания по критерию минимальной интенсивности акустического излучения КС.
- Управление шумом реактивной струи - оптимизация параметров смесителя потоков внутреннего и наружного контуров, размещение на срезе сопла устройств, влияющих на структуру и газодинамические характеристики реактивной струи.

1. Улучшение звукопоглощающих конструкций (ЗПК) в воздухозаборнике - повышение акустической эффективности и расширение диапазона частот характеристики эффективного поглощения звука.

2. Полная облицовка ЗПК стенок канала наружного контура (КНК) - размещение ЗПК как на "холодной" внешней поверхности канала наружного контура, так и на горячей" внутренней поверхности КНК.



Рис.1 Основные направления по повышению акустической эффективности системы шумоглушения силовой установки для перспективного самолета

3. Облицовка ЗПК стенок камеры смешения потоков каналов внутреннего и наружного контуров ТРДД (для двигателей с общей камерой смешения).

Практика создания малозумных ТРДД свидетельствует о том, что снижения шума за счет борьбы с шумом в источнике недостаточно для обеспечения нормируемых уровней шума самолета на местности. Необходимо использовать снижение интенсивности излучения в процессе его распространения по каналам двигателя и по воздухозаборному каналу (1).

Применение ЗПК внутри каналов двигателя связано с усложнением их конструкции и технологии изготовления, усложнением конструкции и увеличением веса выхлопной части двигателя, а также с ухудшением эксплуатационных свойств, а в некоторых случаях и заметное ухудшение тяговых характеристик силовых установок, что в результате приводит к снижению экономических показателей самолета (1).

Остановимся на вопросе ухудшения тяговых характеристик силовых установок. Современные ЗПК представляют собой сочетание элементов, поглощающих звуковые волны и элементов, влияющих на частотную структуру звукового поля в канале. Элементами, влияющими на частотную структуру звукового поля являются любые неоднородности канала, одновременно влияющие на гидродинамику потока. В результате происходит изменение частотной структуры с появлением высокочастотных составляющих, более эффективно поглощаемых ЗПК.

Однако, влияние на пограничный слой или на гидродинамику ядра потока обязательно связано с повышением гидравлического сопротивления течения потока. В публикациях, посвященных авиационной акустике, например (2), (3), (4), данные о гидравлическом сопротивлении каналов, оснащенных ЗПК, отсутствуют. Оценим влияние ЗПК на гидравлические потери в канале на основании опубликованных данных. Согласно работе (5) "... в ТРДД и ТВД на преодоление гидравлических потерь в наружном контуре ... затрачивается соответственно 5 и 8 % от Q_0 ". Длина канала наружного контура не превышает 5 его гидравлических диаметров (1). Примем величину гидравлических потерь 1% на длине канала, равной его гидравлическому диаметру. Произведем оценочный расчет потерь давления в аналогичном канале с гладкими стенками на основании рекомендаций работы (6). При самой высокой оценке коэффициента трения потери давления и, соответственно, Q_0 не превышают 0,025%. Считаем, что гидравлическими потерями в гладком канале наружного контура можно пренебречь.

Если считать, что продолжительность взлета, снижения и посадки, режимов на которых регламентируется уровень шума самолета, в среднем для разных классов воздушных судов составляет 30% общей продолжительности полета, то 3,5% энергии топлива сжигаемого ТРДД затрачиваются впустую.

Кроме того дополнительными препятствиями, не позволяющими выше указанные методы широко использовать на практике, являются перспективы перехода к нетрадиционным компоновкам силовой установки на самолете. "В двигателях с открытым ротором невозможно расположить звукопоглощающие конструкции (ЗПК) вокруг лопаточной машины, вообще средств

снижения шума для такого типа двигателей очень мало. Доведение их до соответствия предыдущей Главе 4 - уже большая проблема". (7). Расположение глушителей рассредоточено по каналам двигателя, существенно затрудняет их совершенствование и оптимизацию.

Решением могло бы быть управление включением глушителя только на требуемых режимах. Но для этого глушитель должен быть расположен вне каналов двигателя (8). Такое решение также упростит процесс оптимизации глушителя, приспособление некоторой типовой конструкции к разным моделям двигателей и упростит эксплуатационное обслуживание и реконструкцию самолетов, находящихся в эксплуатации при изменении акустических норм. Конечно, при этом произойдет некоторое удорожание летательного аппарата. Поэтому целесообразность отказа от расположения глушителей в каналах двигателя и переход к единому глушителю с управлением включением глушителя только на требуемых режимах следует определять, руководствуясь методологией "Совокупная стоимость владения или стоимость жизненного цикла (англ. Total Cost of Ownership, TCO) (9). В рассматриваемом случае стоимость летательного аппарата увеличивается, а эксплуатационные издержки уменьшаются. □

Литература

1. Самохин В.Ф. Шум ГТД (Введение в авиационную акустику). [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://net.knigi-x.ru/24raznoe/89191-1-kurs-lekciy-shum-gtd-vvedenie-aviacionnuyu-akustiku-samohin-valeriy-fedorovich-cagi-created-with-novapdf-print.php>
2. Ю. Д. Халецкий, Я. С. Почкин Роль реактивного элемента в системе шумоглушения авиационного двигателя. Ученые записки физического факультета московского университета № 5, 1751412 (2017).
3. ВИАМ. Материалы для звукопоглощающих конструкций самолетов. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://viam.ru/public/files/2011/2011-205873.pdf>
4. Ю. Д. Халецкий Эффективность комбинированных глушителей шума авиационных двигателей. Акустический журнал, 2012, том 58, № 4.
5. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. - М.: Машиностроение, 2002. .
6. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/Под ред. М. О. Штейнберга. - М.: Машиностроение, 1992.
7. О шуме авиационного двигателя и не только... ИБ Пермские авиационные двигатели. № 29, февраль, 2014.
8. Патент РФ № 2641341. 23.09.2016.
9. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/economic/3572-sovokupnaya...>

Связь с автором: markdiskin@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ

НОВЫЙ ПОЭТИЧЕСКИЙ СБОРНИК ЗАСЛУЖЕННОГО АВИАДВИГАТЕЛИСТА



СССР, работал начальником его Главного управления. Он один из основателей АССАД, лауреат Государственных премий, автор многих изобретений и научных трудов. Автор пишет о тех людях, которых хорошо знает сам и которые так же хорошо знают или знали его. И это особенно интересно.

Эта книга посвящена 110-летию одного из величайших авиадвигателестроителей - А.М. Люлька.

Вышел очередной, уже 29-й по счёту сборник стихов так горячо любимого всеми авиастроителями заслуженного авиадвигателиста, Валентина Михайловича Толоконникова.

Валентин Михайлович, много лет - до самого прекращения работы МАП

Как пишет в предисловии к книге В.М. Толоконников, "Я бы ещё ввёл звание "Гениальный конструктор". Это звание редкое и самой высокой пробы. Это должен быть профессионал, заглянувший за горизонт достигнутых качеств и дающий путь за этим горизонтом развитию тех-



ники и технологии. Именно такому званию соответствует А.М. Люлька."

В книге, как и во всех сборниках Валентина Михайловича, много хорошего о соратников, много жёстких вопросов к тем, кто их достоин и много честных слов к тому положению, в котором мы находимся. С искренней оптимистической надеждой на будущее.

Пожелаем же автору многих ещё творческих успехов, радости ото всех светлых проявлений этой жизни и крепкого здоровья - чтобы как можно дальше радовать нас новыми проявлениями своего таланта. □



Люлька Архип Михайлович
Генеральный конструктор, выдающийся изобретатель и создатель двигателей для самолётов Су-7, Су-19, Су-15, Су-17, Су-24, Су-27 и т. д. Симпатичный товарищ и коллега. Родоначальник реактивных двигателей в России.

БРОНЗОВЫЙ ЛЮЛЬКА

Что Вы задумались, бронзовый Люлька,
В бюсте отлитый?
В памяти всплыли ль Грефа бирюльки?
Сделался взгляд Ваш сердитым.

Идут они — точно — не Вашим путём,
Много шумихи — сплошная реклама,
Эдак далеко мы с ними зайдём,
Не оберёмся и срама.

Нету моторов новейших давно...
Ваших задумок осколки
Ещё не забыты. Сейчас всё равно
Наши печали без толку.