

## ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ПИЛОТИРОВАНИЯ САМОЛЁТА ВО ВЗЛЁТНО-ПОСАДОЧНОМ ЦИКЛЕ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЕГО ЗВУКОВОГО СЛЕДА

© 2012 Б. С. Замтфорт, Ю. В. Медведев

Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е.Жуковского, г. Москва

Возможность снижения шума самолёта при взлёте и посадке оценивается по изменению площади звукового следа. Изложена методология проведения расчётов, представлены исходные и варьируемые траектории. Показано, что использование двухлучевой глиссады на посадке даёт заметное уменьшение площади звукового следа. На режиме набора высоты использование дросселирования двигателя может не всегда приводить к уменьшению площади звукового следа.

*Звуковой след, взлётно-посадочный цикл, двухлучевая глиссада на посадке.*

Развитие и эксплуатация гражданской авиации во многом будет зависеть от возможности выполнения экологических требований, сформулированных ИКАО в виде Томов 1 и 2 к Приложению 16: «Авиационный шум» и «Эмиссия авиационных двигателей». Идёт подготовка к созданию 3-го критерия нормирования – норм по выбросу парниковых газов. Это заставляет использовать все пути для снижения вредного воздействия авиации на окружающую среду. Речь идёт о том, чтобы на всех этапах жизненного цикла самолёта, начиная с проектирования, производства и включая эксплуатацию, добиваться снижения уровней шума и уменьшения вредных выбросов в атмосферу.

Наряду с оценкой акустических характеристик самолёта по уровням шума в контрольных точках применяется и другой метод оценки его шумности – по величине площади звукового следа. Площадь звукового следа более полно описывает акустические качества самолёта, чем уровни шума в трёх контрольных точках, так как для получения этой величины используется существенно больший объём информации об уровнях шума на местности. При расчёте уровня шума только в контрольных точках из-за возможных изменений в диаграмме направленности, а следовательно и звукового следа, эффективность тех или иных мероприятий по снижению уровней шума самолёта может быть охарактеризована неверно. Использование площади звукового следа для описания акустической обстановки в окрестностях

аэропорта позволяет представить всю складывающуюся картину, в том числе как днём, так и ночью, с учётом дополнительно введённых шумовых ограничений на вечерние и ночные полёты. Руководство аэропорта получает возможность управлять акустической обстановкой, выбирать те или иные трассы взлёта и захода на посадку в зависимости от времени суток, розы ветров, специфики расположения населённых пунктов и т.д.

Для оценки уровня шума исследуемые окрестности аэропорта покрываются расчётной сеткой с одинаковыми прямоугольными ячейками, в узлах которой и рассчитываются уровни шума. При этом сделаны следующие допущения: шум, излучаемый при взлёте самолёта, воздействует только на площадь, ограниченную линией, перпендикулярной оси ВПП и проходящей через точку начала разбега самолёта, а шум, излучаемый самолётом при заходе на посадку, воздействует только на площадь, ограниченную линией, перпендикулярной оси ВПП и проходящей через точку приземления самолёта. Принято, что точка приземления самолёта совпадает с точкой начала его разбега при взлёте. Изложенные выше допущения не обусловлены какими-либо принципиальными техническими трудностями, а вызваны необходимостью задать определённые граничные условия. Результатом расчёта является матрица уровней эффективно воспринимаемого шума, полученных в узлах расчётной сетки. На основе этой матрицы и строятся линии рав-

ного уровня шума. Для их построения используется линейная интерполяция. Величина площади, ограниченной линией с уровнем шума  $N$  EPN дБ называется площадью звукового следа (уровень шума внутри этой линии превышает  $N$  EPN дБ).

Аналогичная работа проводится в группе по моделированию и базам данных КАЕП ИКАО. При прогнозировании развития экологической ситуации рассчитывается положительный эффект от введения тех или иных шумовых ограничений для воздушных судов гражданской авиации. Таким образом, определяется наиболее оптимальное ограничение по шуму относительно Главы 4, которое было бы гармоничным для всех заинтересованных сторон. Помимо этого, учитывается также инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в зависимости от вводимых процедурных рекомендаций и требований. Это необходимо для поддержания баланса между негативным воздействием гражданской авиации на окружающую среду по факторам шумового загрязнения и качества атмосферного воздуха и эмиссии парниковых газов.

Расчёт площади звукового следа проводился по двум программам: одна программа была создана в Авиапроме, а вторая – программа «SOPRANO».

Программный продукт SOPRANO, разработанный компанией Anotec Consulting и приобретённый ЦАГИ, является комплексной программой. Первоочередное назначение данной программы заключается в определении уровней звукового давления от существующих и перспективных моделей воздушных судов в стандартных контрольных точках. Положение этих точек (рис. 1) определяется согласно требованиям Приложения 16, Т.1 документа КАЕП ИКАО.

Это программное обеспечение позволяет рассчитывать значение уровней шума как от существующих, так и от проектируемых типов воздушных судов. Несмотря на различия в подходах к моделированию и расчёту, оба программных продукта крайне полезны на начальных этапах проектирования новых типов воздушных судов и проведения экологического анализа в районах, подверженных шумовому воздействию гражданской авиации.

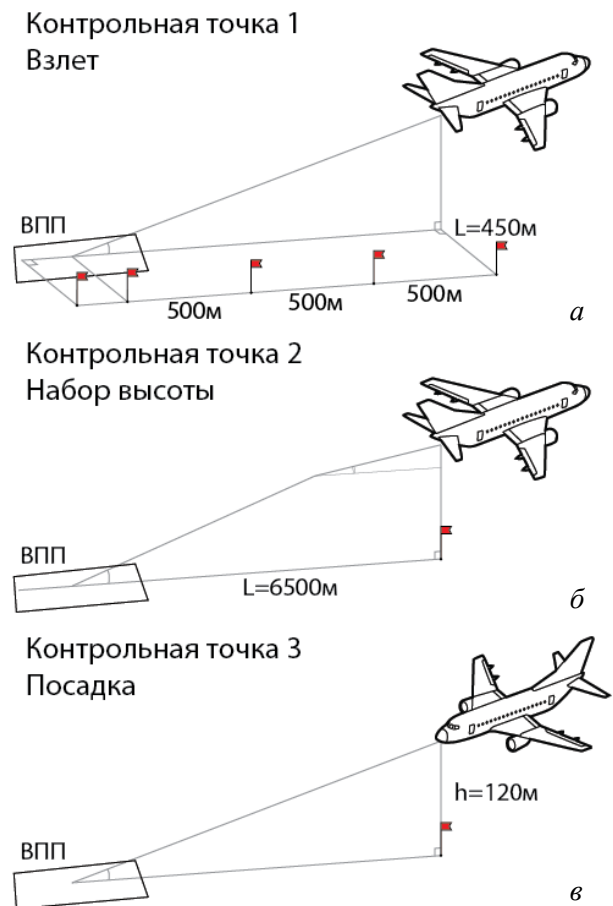


Рис. 1. Расположение точек измерения уровня шума ВС при сертификации

Методы расчёта, применяемые в SOPRANO, условно можно разделить на табличные и полуэмпирические. Для реализации табличного метода требуются матрицы источника шума (зависимости уровней звукового давления от угла на диаграмме направленности и частоты излучаемого звука); дополнительно могут использоваться матрицы, учитывающие эффекты установки звукопоглощающих конструкций. Полуэмпирические методы основаны на анализе и обобщении результатов многочисленных экспериментов и реализованы в виде ряда алгоритмов. Так, для расчёта шума вентилятора ТРДД может быть использована методика Хейдманна. Эффекты затухания в атмосфере, поглощения и отражения от поверхности земли могут учитываться в нескольких вариантах при выполнении расчётов.

На основании полуэмпирических методов есть возможность выстраивать матрицы источников шума. Среди самих подысточников можно выделить авиационный двигатель

и планер, которые, в свою очередь, также делятся на более «элементарные» подысточники. Поэтому рассмотрение отдельно двигателя и отдельно планера не будет являться полноценным анализом авиационного источника шума. Более того, в настоящее время в ЦАГИ ведутся исследования взаимодействия реактивной струи и закрылка: отдельные подысточники взаимодействуют друг с другом.

Расчёты шумового воздействия по обеим программам проводились на основании газодинамических, а также геометрических параметров моделируемых авиационных двигателей и самолётов. Наличие каких-либо установленных звукопоглощающих конструкций или иных методов шумоглушения, кроме эксплуатационных процедур, в данных расчётах не предусматривалось.

В качестве примеров, иллюстрирующих возможности эксплуатационных процедур, рассмотрим влияние дросселирования двигателей на режиме набора высоты для современных четырёхдвигательного дальнемагистрального самолёта (ДМС) и двухдвигательного среднемагистрального самолёта (СМС). Для получения максимально возможной величины снижения уровня шума при наборе высоты надо решить задачу по минимизации уровня шума на этом режиме, перебирая набор возможных траекторий, причём каждой из траекторий будет соответствовать свой режим дросселирования двигателей, своя точка начала дросселирования. Для каждой из траекторий должен быть рассчитан свой уровень шума в контрольной точке, из этих значений выбрано минимальное и уже для этой траектории следует считать площадь звукового следа. Для иллюстрации возможности этого подхода проводится сравнение площадей звукового следа при наборе высоты без дросселирования и с дросселированием. В качестве траекторий для СМС и ДМС выбраны представленные на рис. 2 и 3. Под исходной траекторией понимается траектория с заданной точкой дросселирования, после чего понижается режим работы двигателя и траектория становится более полой, а под изменённой – траектория без дросселирования, когда набор высоты выполняется на взлётном режиме с сохранением исходного траекторного

угла и угла атаки.

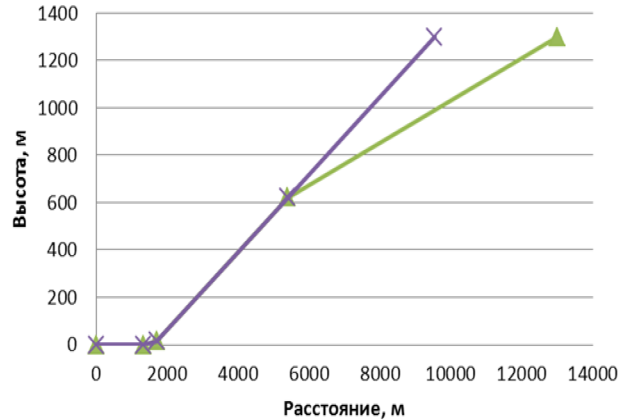


Рис. 2. Траектории взлёта и набора высоты для СМС

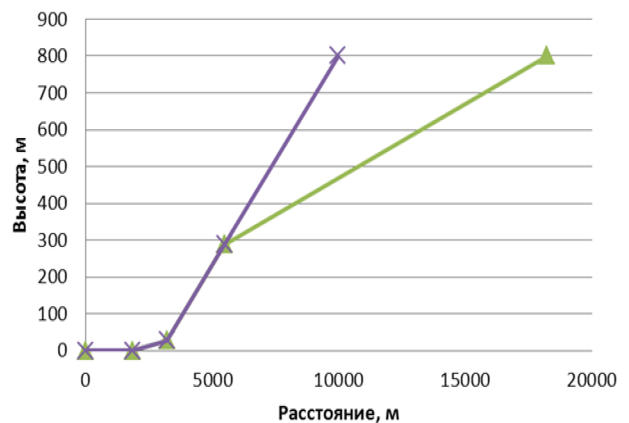


Рис. 3. Траектории взлёта и набора высоты для ДМС

Из результатов выполненных расчётов следует:

1) использование дросселирования двигателей при наборе высоты для ДМС позволяет уменьшить площадь звукового следа с уровнем в 85 ЕРНдБ примерно на 1,3% , а с уровнем в 100 ЕРНдБ - примерно на 3% (рис. 4);

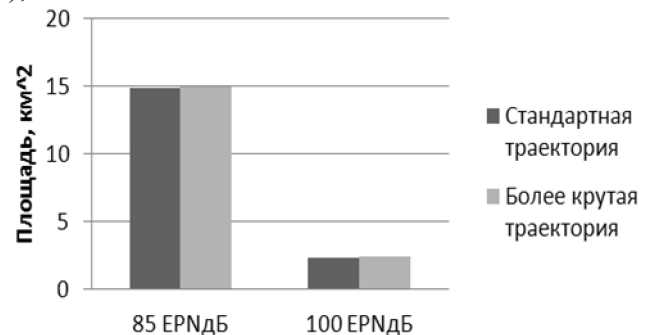


Рис. 4. Изменение площади звукового следа за счёт использования более крутой траектории взлёта

2) использование дросселирования двигателей при наборе высоты для СМС приводит к увеличению площади звукового следа с

уровнем в 85 ЕРНдБ примерно на 13%, а с уровнем в 100 ЕРНдБ даёт уменьшение площади звукового следа примерно на 17% (рис. 5).

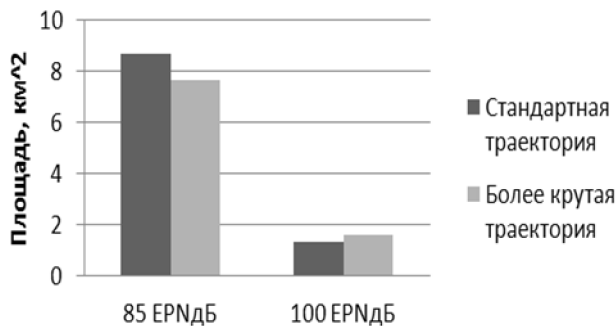


Рис. 5. Изменение площади звукового следа за счёт использования более крутой траектории взлёта

При заходе на посадку рассматривается одно- и двухлучевая глиссада для обоих типов ВС (рис. 6). Эффективность захода на посадку по однолучевой (3 град.) и двухлучевой (6 град. и 3 град.) глиссадам оценивались для тех же СМС и ДМС. Проведённые расчёты показали, что при заходе на посадку СМС по двухлучевой глиссаде площадь звукового следа с уровнем шума в 85 ЕРНдБ уменьшается на 11,5%, а в 90 ЕРНдБ уменьшается на 15,8%. Для ДМС получены следующие результаты: площадь звукового следа с уровнем шума в 85 ЕРНдБ уменьшается на 9,4%, а в 90 ЕРНдБ уменьшается на 18,2% (рис. 7, 8).

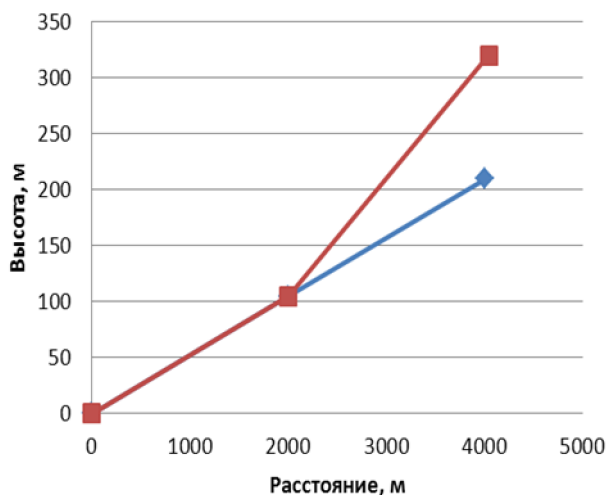


Рис. 6. Одно- и двухлучевая посадочные глиссады

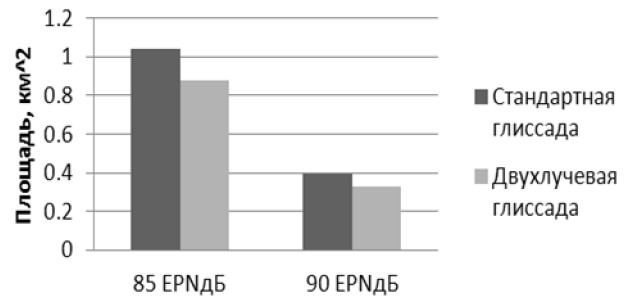


Рис. 7. Изменение площади звукового следа СМС при использовании двухлучевой глиссады

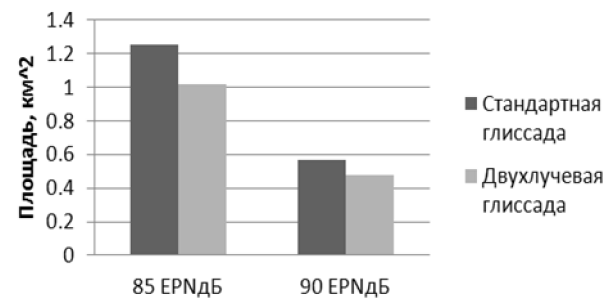


Рис. 8. Изменение площади звукового следа ДМС при использовании двухлучевой глиссады

По результатам проведённых расчётов можно сделать следующие выводы:

1) для каждого эксплуатируемого в данном аэропорту типа самолёта на режиме взлёта – набора высоты необходимо провести предварительные расчёты, позволяющие оценить эффективность приёма дросселирования двигателей и в случае положительных результатов рекомендовать их использование;

2) использование двухлучевой глиссады даёт заметный выигрыш в уменьшении площади звукового следа, и этот приём всегда можно рекомендовать для применения.

Имеется удовлетворительное соответствие результатов расчётов, выполненных по обеим программам.

### Библиографический список

1. Замтфорт, Б.С. Расчет влияния акустических характеристик силовой установки на звуковой след самолёта [Текст] / Б.С. Замтфорт, А.И. Майоров, Р.А. Шипов // Тр. ЦИАМ - 1978. - № 752.

## OPTIMIZATION METHODS PILOTAGE AIRCRAFT IN TAKE-OFF AND APPROACH CYCLE FOR DECREASE SQUARE HIS SOUND TRACK

© 2012 B. S. Zamtfort, Yu. V. Medvedev

Scientific Research Moscow Complex Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI)

The evaluation of the noise exposed area during the landing and take-off cycle is performed. The calculations based on two different methods provide satisfactory results and show the decrease in the noise exposed area with the implementation of the alternative piloting techniques for approach operations. In some take-off cases application of the alternative piloting techniques does not result in decrease of the noise exposed area.

*Sound track, take-off and approach cycle, two-rays glide for landing.*

### Информация об авторах

**Замтфорт Борис Соломонович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ведущий инженер, Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е.Жуковского. E-mail: [bsz@inbox.ru](mailto:bsz@inbox.ru). Область научных интересов: авиационная акустика (экспериментальные модельные и натурные исследования; построение расчётно-теоретических моделей, описывающих процессы генерации, излучения и распространения шума авиационных двигателей и самолётов; нормирование акустических характеристик).

**Медведев Юрий Владимирович**, младший научный сотрудник, Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского. E-mail: [yuriy.medved@gmail.com](mailto:yuriy.medved@gmail.com). Область научных интересов: авиаэкология (акустика и эмиссия загрязняющих веществ и парниковых газов).

**Zamtfort Boris Solomonovich**, candidate of technical sciences, senior scientist worker, leading engineer. Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI). E-mail: [bsz@inbox.ru](mailto:bsz@inbox.ru). Area of research: aviation acoustics.

**Medvedev Yury Vladimirovich**, research assistant. Scientific Research Moscow Complex Central Aerohydrodynamics Institute (TsAGI). E-mail: [yuriy.medved@gmail.com](mailto:yuriy.medved@gmail.com). Area of research: aviation ecology (acoustics and pollutant emission).