

УДК 629.7:656.71

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КОНТУРОВ АВИАЦИОННОГО ШУМА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ЗОНИРОВАНИЯ ОКРЕСТНОСТИ АЭРОПОРТОВ

О.А. КАРТЫШЕВ

По заказу редакционной коллегии.

Статья представлена доктором технических наук, профессором Шапкиным В.С.

В статье приведены и обобщены результаты аналитических и экспериментальных исследований построения контуров авиационного шума в окрестности аэропорта гражданской авиации.

Ключевые слова: контур авиационного шума, зонирование, метод расчета.

Введение

Шумовое зонирование приаэродромной территории аэропортов применяется практически во всех авиационно развитых странах в качестве физической меры планирования жизнедеятельности окрестного населения в целях недопущения появления новых чувствительных к шуму проектов развития территории вблизи аэропорта. Зонирование наиболее эффективно применять в аэропортах, которые еще не ощутили давление со стороны застройщиков, а также при размещении отдельных объектов в шумовых зонах.

Учитывая многие факторы, определяющие шумовую обстановку в конкретном аэропорту, и в дополнение к измерению авиационного шума (АШ), создаваемого при отдельных операциях воздушных судов (ВС) в конкретных местах, в процессе исследования шума на приаэродромной территории необходимо определить (как правило, рассчитать) с достаточной точностью для установленных количественных критериев воздействия контуры АШ [1]. Выполненные под руководством автора экспериментальные исследования выявили значительную неопределенность при расчете контуров АШ и показали возможность их объективного построения.

Постановка задачи

Провести анализ методов построения контуров АШ, выявить факторы неопределенности, влияющие на точность расчетов контура равного уровня звука АШ, которая должна обеспечиваться в соответствии с рекомендациями ИКАО [2], что оказывает существенное влияние на размер установленных границ зон регулируемой застройки [3].

Недостатки (неопределенности) в построение контуров шума

В соответствии с требованиями [4] построение контуров АШ производится для эквивалентных $L_{A_{ЭКВ}}$ и максимальных уровней звука $L_{A_{МАКС}}$, которые или определяются для сезона максимальной интенсивности эксплуатации ВС, или усредняются за длительный период времени (например, по ГОСТ 22283-88 [4] – за летний период года). По границам контуров равного уровня звука определяются границы зоны воздействия АШ для проведения шумозащитных мероприятий и запрета застройки, что частично отражено в Рекомендациях [3]. Принято выполнять построение контура АШ расчетными методами с подтверждением измерений в отдельных точках планируемого строительства.

Разработчики генеральных планов развития территорий, органы Роспотребнадзора и местного самоуправления, аэропорты и застройщики каждый для своих целей нуждаются в достаточной точности определения расчетных границ АШ, что, к сожалению, по ряду причин не обеспечивается известными отечественными и зарубежными расчетными методами [3, 4, 5, 6]. Проведенные под руководством автора многозачные многоточечные измерения АШ для различных этапов полета ВС и метеорологических условий на приаэродромной территории ряда аэропортов объективно подтверждают это.

На рис. 1 показаны экспериментальные контуры максимального уровня звука (L_{Amax}) для взлета/набора высоты самолета типа Ту-154М в сравнении как с графической методикой [4], так и с результатами расчета контуров по программе INM [5], алгоритм и база данных которой полностью совместимы с требованиями ИКАО [2].

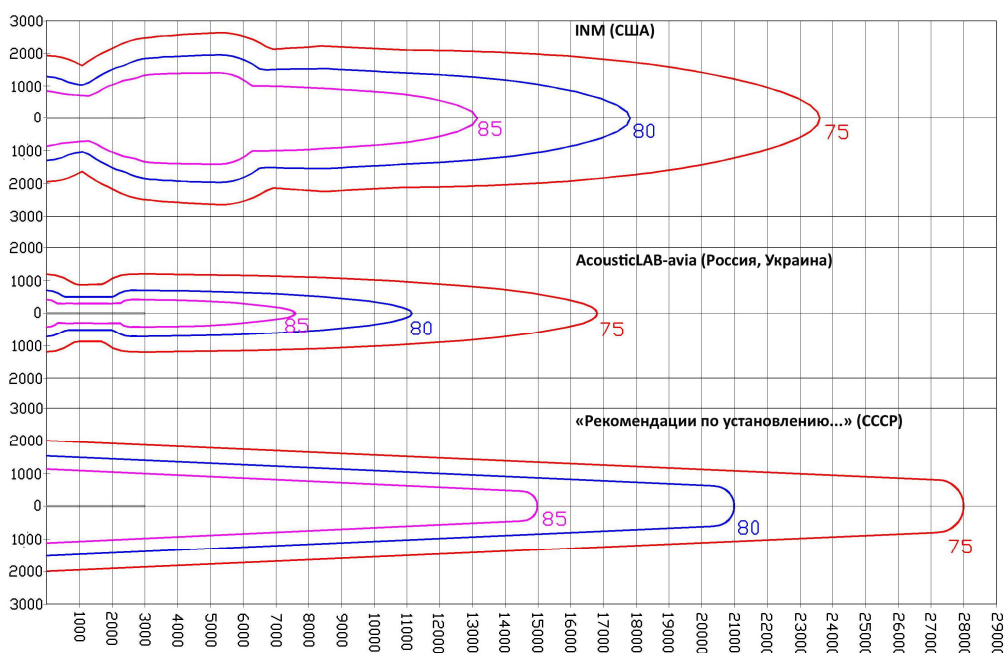


Рис. 1. Сравнение расчетных и экспериментальных контуров максимальных уровней звука (75, 80, 85 дБА) для ВС типа Ту–154М, построенных с использованием различных методик (программ)

Заметные расхождения подтверждаются расчетом площади зашумления, результаты которого представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение площадей территорий, ограниченных контурами максимального уровня звука для ВС типа Ту-154М и А-320, построенными с использованием различных методик (программ)

Значение максимального уровня звука, дБА	Площадь территории, ограниченной контуром максимального уровня звука, построенным с использованием различных методик (программ), км ²							
	INM		SoundPlan		AcousticLAB-avia		"Рекомендации по установлению..." - М.: ГосНИИГА, НИИСФ, МНИИ гигиены, 1987	
	Ту-154М	А-320	Ту-154М	А-320	Ту-154М	А-320	Ту-154М	А-320
75	90,71	6,46	–	10,55	32,06	13,66	77,17	23,36
80	49,04	3,73	–	4,55	12,41	3,38	44,26	11,95
85	25,23	1,57	–	2,52	4,96	1,78	23,36	3,87

Для ряда других отечественных самолетов (типа Ту-134, Ил-76, Ил-86 и др.) эта тенденция является характерной. Здесь недостатком программы INM (впрочем, как и всех остальных известных зарубежных программ) является отсутствие в их базах действительных данных для самолетов отечественного производства как по шуму, так и для расчета траекторий полета. Программа INM в этом случае использует данные самолетов-аналогов. Важным моментом является использование отечественными пилотами принципов пилотирования, изложенных в нормах летной годности, которые во многом отличаются от FAR-95, используемых в методике расчета траекторий в программе INM и рекомендациях ИКАО [2].

Еще одной возможной причиной расхождения результатов расчета с результатами измерений является неполный учет в расчетных моделях профиля местности (ВПП) и условий выполнения полетов в исследуемом аэропорту, когда разбег самолета по ВПП выполняется не от торца полосы, а от смещенного старта в районе стыка ВПП с одной из рулежных полос; экипажем не точно выдерживаются требования по управлению самолетом (двигателем, шасси, механизацией крыла, углом скорости и т.д.), не говоря уже о выполнении требований по выполнению малозумных процедур взлета и выдерживанию установленных маршрутов полета. Отсутствие в отечественных аэропортах контроля со стороны диспетчерских служб и автоматизированных систем контроля АШ позволяет экипажам допускать отклонения от установленных схем как на этапах выхода, так и при заходе на посадку, которые, как правило, обуславливают более высокие уровни шума на отдельных участках местности, нежели расчетные значения.

Для зарубежных типов ВС рассчитанные контуры, например, по программе INM [5] и SoundPlan [6], как правило, значительно меньше экспериментальных (рис. 2).

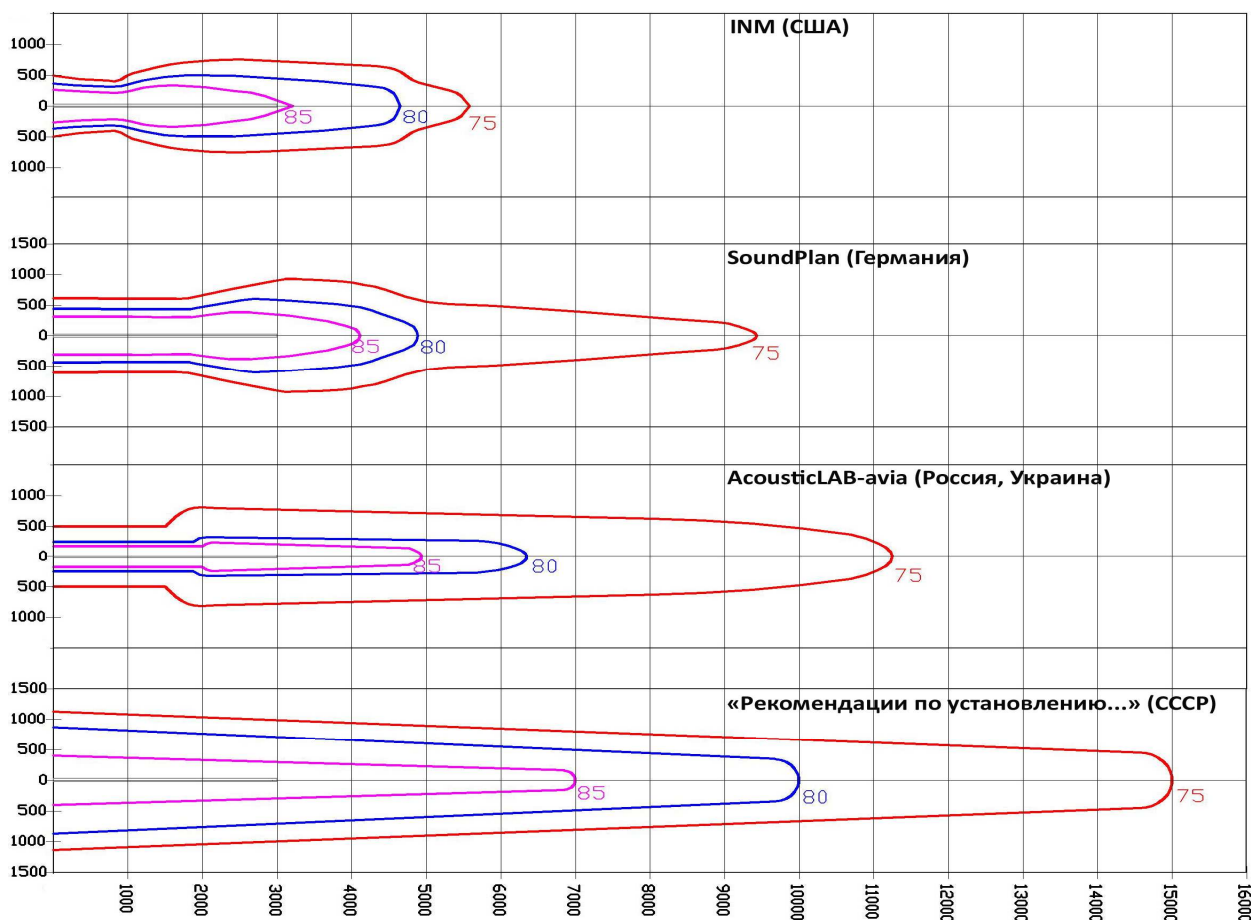


Рис. 2. Сравнение расчетных и экспериментальных контуров максимальных уровней звука (75, 80, 85 дБА) для ВС типа Б-320, построенных с использованием различных методик (программ)

Особенно заметно это проявляется для значений L_{Amax} , превышающих расчетный уровень 80 дБА. Объяснение такого расхождения в результатах измерений и расчета, в частности по программе INM можно искать, во-первых, в значительном упрощении (идеализировании) методики расчета траекторий взлета/набора высоты, реализованной в программе INM по данным сертификационных испытаний, и во-вторых, значительными отличиями этих результатов от реальных условий эксплуатации, отмеченных в аэропорту во время измерений шума. Использование отечественных рекомендаций [3] для самолетов типа А-320, В-737 и других типов ВС вообще затруднено из-за отсутствия сведений по ним, поэтому результаты графического построения нельзя признать успешными.

Таким образом, говорить о какой-либо точности известных расчетных моделей не приходится. При этом за основу точности расчетов может быть принята погрешность работы бортового компьютера, прокладывающего маршрут взлета на местности, равная ± 50 м. Одним из выходов из сложившейся ситуации может быть построение расчетно-экспериментального контура с учетом реальных эксплуатационных условий конкретного аэропорта.

Разработка базы данных шума и траекторий полета самолетов

Как известно, базы данных шума и траекторий полета самолетов должны иметь в своем составе типичный профиль взлета/набора высоты до 3000 м, который может включать до 10 характерных отрезков [2]. Он должен начинаться с разбега самолета по ВПП. После отрыва самолета от поверхности ВПП следует отрезок набора высоты с постоянной скоростью. Отрезки ускорения полета (до значений скорости или высоты принятия решения, например, уборки закрылков и перевода двигателей со взлетного на номинальный режим) и набора высоты следуют один за другим до высоты 3000 м (большие высоты полета, как правило, не привносят вклад в исследуемый контур шума). База данных должна включать все необходимые коэффициенты (аэродинамические, тяги, скорости) для расчета траекторий ВС.

Данные типа Шум–Режим–Расстояние (данные ШРР) определяют уровень шума самолета, движущегося вдоль идеализируемого горизонтального пути бесконечной длины с постоянными значениями скорости и режима работы двигателя (характеризуется в базе данных в зависимости от типа двигателя или величиной тяги, или мощности). Их применение к маршрутам (траекториям) полета, которые характеризуются частыми изменениями режима работы двигателя и особенно скорости, профиль полета разбивается на множество прямолинейных отрезков, вклад шума от каждого из них потом суммируется в точке контроля шума (в узле расчетной сетки рассматриваемого сценария полетов).

Данные ШРР дополняются эксплуатационными и акустическими характеристиками ВС для конкретного аэропорта в виде осредненных значений траектории движения, установленных посредством специальной инструментальной системы наблюдения, и результатов измерений АШ в отдельных точках по типам ВС. Под руководством автора в 2007-2011 гг. выполнен большой объем экспериментальных исследований АШ в окрестности аэродромов гражданской авиации и совместного базирования (Внуково, Домодедово, Остафьево, Пермь, Пулково, Шереметьево и др.) для апробации "Метода расчета контуров авиационного шума" [7]. Сегодня отработанная методика сбора инструментальных данных массива точек вдоль маршрутов взлета-посадки самолетов позволяет построить как обобщенный эксплуатационный контур L_{Amax} АШ типа ВС, так и расчетные эксплуатационные контуры $L_{Aэкв}$ АШ для суммы конкретных ВС в условиях эксплуатации данного аэропорта. При этом точность построения расчетного контура АШ будет зависеть в первую очередь от погрешности измерительной системы и не превысит указанной погрешности бортового компьютера.

Одновременно в рамках деятельности САЕР и его рабочей группы MDG (моделирование и базы данных) была осуществлена разработка методик и программного обеспечения оценки

данных шума и траекторий полета самолетов. Они используются для обоснования необходимых данных для самолетов производства РФ, Украины и СССР [8, 9].

Соответствующий метод [7] и программные средства для оценки данных профиля полет-шум были разработаны на основе баз данных и программы **NoBel**, рассчитывающей характерные авиационные источники шума и шум самолета в целом:

– **PROGRAM INM_coeff** - рассчитывает коэффициенты **C** и **D** для стандартных аэродинамических конфигураций каждого типа самолета, описаны в соответствующих Руководствах по летной эксплуатации самолетов, а также для двух специфических конфигураций с закрылками 2 и 5 градусов их отклонения;

– **PROGRAM SAETOlenth** - рассчитывает эквивалентную длину разбега и коэффициент **B** в соответствии с требованиями методики [10];

– **PROGRAM Thrust_coeff** - рассчитывает методом аппроксимации наименьших квадратов коэффициенты уравнений тяги двигателей в формате методики [10];

– **Program NOIRAD** - рассчитывает ШПП-данные, используя данные и модели характерных авиационных источников шума в формате метода ИКАО [2];

– **Program AcousticLAB-avia** - по результатам экспериментальных исследований рассчитывает эксплуатационный контур шума конкретного аэропорта.

Расчетно-экспериментальный метод, основанный на экспериментальных исследованиях, который реализует Program AcousticLAB-avia, позволяет выполнять построения контура авиационного шума по условиям эксплуатации конкретного аэропорта. Применение метода позволило обоснованно построить шумовые карты аэропортов Внуково, Краснодар, Нижний Новгород, Омск, Остафьево, Печора, Ухта и др., где эксплуатируются практически все типы ВС.

Существующий метод [7] и форматы используемых данных полностью соответствуют рекомендациям ИКАО [2]. Расчетные алгоритмы метода [7] и далее будут совершенствоваться в соответствии с накапливаемым опытом измерения шума в окрестности аэропортов гражданской авиации, в том числе с использованием инструментальных систем мониторинга авиационного шума.

Выводы

На основании проведенных экспериментальных и численных исследований АШ разработан и апробирован новый метод оценки шума в окрестности аэропортов гражданской авиации, который обладает достаточной точностью и находится в полном соответствии с рекомендациям ИКАО. Для обеспечения реализации метода разработаны программы расчета контуров АШ с учетом реальных условий эксплуатации, исходные данные для которых, в частности для отечественных самолетов, обосновываются с использованием верифицированных в рабочих группах КАЕП моделей и программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструктивный материал по сбалансированному подходу к управлению авиационным шумом. ИКАО, Doc. 9829 AN/451, 2008.
2. Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов. ИКАО, Doc 9911/1, 2008.
3. Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов ГА из условий шума. - М.: ГосНИИГА, НИИСФ, МНИИ гигиены, 1987.
4. ГОСТ 22283-88 "Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения", 1988.
5. Методика INM 7.0 "The Integrated Noise Model".
6. SoundPlan software, v. 7.1.

7. Метод расчета контуров авиационного шума. ФГУП ГосНИИ ГА, ЗАО ЦЭБ ГА, 2008.

8. Zaporozhets O., Golembievskyy G., Kartyshev O., Jagniatinskis A. Aircraft–noise performances data base for aircraft of FSU, RF and Ukraine design and production // 4–th AVIATION CONGRESS, Symposium "Environment protection from civil aviation impact", Kyiv, NAU, 21–23 September, 2010. - P. 41.18-21.

9. ANP database improvement for FSU, Russian and Ukrainian aircraft types. Aircraft–noise performances data base for aircraft of FSU, RF and Ukraine design and production // Presented by O.Zaporozhets, O.Kartyshev, V.Kopjev at MDG: 2–nd Meeting, London, U.K., CAEP/9_MDG_2_FLIMSY–UA–RF, 7-9 December 2010.

10. SAE AIR–1845: Procedure for the Calculation of Aircraft Noise in the Vicinity of Airports // Society of Automotive Engineers, 1986.

CALCULATIONAL AND EXPERIMENTAL METHOD TO ASSESS AIRCRAFT NOISE CONTOUR ZONING IN THE VICINITY OF AIRPORTS

Kartyshev O.A.

The article describes and summarizes the results of analytical and experimental studies of aircraft noise contours construction in the vicinity of the civil aviation airports.

Key words: aircraft noise contour, zoning, calculation method.

Сведения об авторе

Картышев Олег Алексеевич, 1949 г.р., окончил Ленинградский институт авиационного приборостроения (1976), кандидат технических наук, директор Авиационного экологического центра ФГУП ГосНИИ ГА, автор более 50 научных работ, область научных интересов – авиационная акустика, экология воздушного транспорта, история гражданской авиации.