

УДК: 534.836.2
OECD: 01.03.AA

Классификация аэропортов по уровням шума и разработка шумозащитных мероприятий

Буторина М.В.*

Доцент, Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

Результаты картирования шума на территории Санкт-Петербурга показывают, что под влиянием шума аэропорта Пулково находится порядка трети городских территорий. Авиационный шум является наиболее раздражительным по сравнению с другими видами шума, что вызывает увеличение количества жалоб со стороны населения. В настоящее время на территории РФ действует методика по оценке уровней шума аэропортов на основании максимальных уровней звука, создаваемых самолетами российского производства, разработанная на основании эмпирических данных, относящихся к 1980-м годам прошлого века. На основании технических параметров аэропортов разработана классификация аэропортов по эквивалентным уровням звука, которая может являться основанием для разработки карт шума авиатранспорта. На основании предложенной классификации рекомендованы шумозащитные мероприятия для аэропортов различных категорий.

Ключевые слова: авиационный шум, карты шума, классификация, шумозащитные мероприятия.

Classification of airports by noise levels and noise protection measures

*Butorina M.V.**

*Assistant professor, Baltic State Technical University 'VOENMEH' named after D.F. Ustinov,
St. Petersburg, Russia*

Abstract

The results of noise mapping in St. Petersburg show that about a third of urban areas are affected by the noise of Pulkovo Airport. Aviation noise is the most annoying compared to other types of noise, which causes an increase in the number of complaints from the public. Currently, the Russian Federation has a methodology for assessing airport noise levels based on maximum sound levels created by Russian-made aircraft, developed on the basis of empirical data relating to the 1980s of the last century. Based on the technical parameters of airports, a classification of airports by equivalent sound levels has been developed, which may be the basis for the development of noise maps of air transport. Based on the proposed classification, noise protection measures for airports of various categories are recommended.

Keywords: *aviation noise, noise mapping, classification, noise protection.*

Введение

Аэропорт – это комплекс сооружений, предназначенный для приема и отправки воздушных судов и обслуживания воздушных перевозок, включающий аэродром со взлетно-посадочной полосой, служебно-техническую территорию, объекты радионавигации и другие сооружения. Наиболее значимым источником шума в составе аэропорта является осуществление воздушными судами взлетно-посадочных операций. Поскольку траектории взлета и посадки самолетов имеют значительную протяженность, а уровни шума самолетов высоки, под влиянием повышенного шума аэропортов оказывается территория на расстояниях до 30 км от аэропорта. Как показывают результаты картирования шума на территории Санкт-Петербурга, под влиянием шума аэропорта Пулково находится порядка трети городских территорий.

Результаты анализа воздействия уровней авиационного шума на человека свидетельствуют о том, что авиационный шум является наиболее раздражительным по сравнению с другими видами шума [1]. Для оценки авиационного шума используются такие единицы, как эквивалентный и максимальный уровни, эффективный уровень воздействия SEL, уровень воспринимаемого шума PNL и эффективный уровень воспринимаемого шума EPNL. Эффективный уровень воздействия SEL характеризует общую энергию звукового события, приведенному к опорному интервалу и определяется как эквивалентный по времени уровень звука. Уровень воспринимаемого шума (PNL) связан с субъективной реакцией человека на самолетный шум и определяется путем добавления коррекции к максимальным уровням звука. Эффективный уровень воспринимаемого шума (EPNL) базируется на измерении уровней звукового давления по частотам и учете времени действия. Однако в целях нормирования все уровни воздействия авиационного шума приводятся к эквивалентным и максимальным уровням звука для сравнения с предельно допустимыми уровнями.

Допустимые значения эквивалентных уровней звука, создаваемых на селитебных территориях в районе аэропортов при эксплуатации воздушного транспорта, в различных странах составляют от 70 дБА в Норвегии, Дании и Швеции до 75 дБА в Австрии, Германии, Японии и США [2]. В большинстве стран за допустимый уровень принимается величина 75 дБА для критерия L_{dn} , который рекомендован ИКАО [3]. В России допустимые эквивалентные уровни звука для авиационного транспорта, как и для любого другого, составляют 55 дБА в дневное и 45 дБА в ночное время согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Действующий в России ГОСТ 22283-2014 допускает для вновь проектируемых аэропортов и территорий превышение указанных в СН 2.2.4/2.1.8.562-96 уровней на 10 дБА. Таким образом, в России для существующих аэропортов действует показатель допустимого эквивалентного уровня звука в дневное и ночное время, который на 20-30 дБА ниже значений, рекомендуемых ИКАО и установленных в странах ЕС, что приводит к невозможности обеспечения допустимого уровня авиационного шума на территории жилой застройки.

1. Процессы шумообразования авиационного транспорта

На процессы шумообразования самолетов влияют тип самолета, обусловленный, в первую очередь, типом его двигателя, а также режим пилотирования (взлет, посадка, максимальная тяга).

Основным источником шума при взлете и посадке самолета является его силовая установка (двигатель). К внутренним источникам шума газотурбинного двигателя относятся все источники акустического излучения, расположенные в тракте газогенератора, за исключением вентилятора, компрессора, турбины и реактивной

струи. Камера сгорания создает широкополосный низкочастотный шум, обусловленный турбулентным горением и резонансными явлениями в камере сгорания, а также взаимодействием потока на выходе из камеры сгорания с лопатками турбины. Обтекание потоком различных конструкций в тракте двигателя также приводит к возникновению широкополосного шума. Шум этих источников испытывает дифракцию на кромке сопла, рассеяние и преломление при пересечении пограничного слоя струи и направлен преимущественно в заднюю полусферу двигателя [4].

Шум винта состоит из двух компонентов: шума от вращения, который имеет частоту, равную числу оборотов в секунду, умноженную на число лопастей винта, и шума от вихрей. Основным является шум от вращения, который имеет низкую частоту.

Шум обтекания элементов планера определяется пульсациями параметров турбулентных потоков в щелевых объемах, образуемых предкрылками и закрылками при взлетно-посадочных режимах полета, в пограничных слоях на поверхностях обшивки и в следах за элементами планера самолета. Шум наибольшей интенсивности образуется при обтекании шасси, закрылков задней кромки и прорезей передней кромки крыла. При выпущенной механизации крыла из-за вихревых течений в щелевой области создается значительный аэродинамический шум, который доставляет сильное беспокойство, особенно вблизи земли.

На уровень шума турбореактивных двигателей влияет скорость истечения струи, которая определяется степенью двухконтурности (отношение расхода воздуха через внешний контур к расходу через внутренний контур) двигателя. Ранее применявшиеся одноконтурные двигатели имели более высокую скорость истечения струи, поэтому их уровни шума почти в два раза выше, чем у более новых двухконтурных двигателей. С повышением степени двухконтурности двигателя уровни шума снижаются до 15 дБА.

Шум струи образуется в результате скачков уплотнения и смешения реактивной струи с атмосферным воздухом. Шум, обусловленный скачками уплотнения, характерен только для турбореактивного двигателя с низкой степенью двухконтурности, а также при работе в режиме максимальной тяги, когда велика скорость истечения струи. Смешение струи с атмосферным воздухом является основным источником шума выхлопа двигателя при больших значениях степени двухконтурности. Этот источник играет существенную роль при взлете.

В отличие от промышленных вентиляционных установок авиационные вентиляторы характеризуются большим числом и длиной лопаток, сложностью формы и конструктивного исполнения. Уровень шума вентилятора зависит от окружной скорости его вращения. На дозвуковых скоростях шум вентилятора проявляется в большей степени при заходе самолета на посадку. При сверхзвуковых скоростях появляется шум вращающихся ударных волн, который возникает при взлете и носит низкочастотный характер. Общий шум вентилятора на сверхзвуковых скоростях выше, чем на дозвуковых. Поэтому при взлете уровни шума на 3-6 дБА выше, чем при посадке.

Основным источником шума винтовых самолетов является вращение воздушного винта, который используется в качестве движителя дозвуковых самолетов. Винт создает аэродинамический шум вследствие турбулентности натекающего потока, образования вихрей, срыва вихрей, взаимодействия ударных волн с потоком на концах лопастей и др. Интенсивность шума определяется частотой вращения винта, а также его аэродинамическими и геометрическими параметрами. В настоящее время шум винтовых самолетов в среднем на 5-10 дБА выше, чем реактивных.

2. Факторы, влияющие на шумовую характеристику авиационного транспорта

В соответствии с СП 51.13330.2011 [5] шумовой характеристикой воздушного транспорта являются эквивалентный и максимальный уровни звука в расчетной точке. В соответствии с международной базой данных летно-технических характеристик, расстояния, на которых определяются уровни шума воздушного судна, составляют от 200 футов (ок. 61 м) до 25000 футов (7620 м), базовое расстояние составляет, как правило 300 м, измерения проводятся на высоте 1,2 м над поверхностью земли [6].

Согласно действующим измерительным и расчетным методам на практике шумовая характеристика потока воздушного транспорта не применяется, определяются шумовые характеристики отдельных воздушных судов, которые потом суммируются по каждому пути пролета. Однако зная параметры аэропорта, где функционируют воздушные суда, можно приблизительно оценить зону повышенного уровня шума, которую они создают.

В России принята классификация аэропортов по годовому объёму пассажирских перевозок (пассажирообмену) – выделяется 7 классов, по длине взлетно-посадочной полосы (ВПП) выделяются категории А-Е, по взлётной массе принимаемых самолётов (5 классов). В соответствии с руководящими документами ИКАО классификация аэродромов осуществляется по кодовому обозначению. Кодовое обозначение состоит из двух элементов. Элемент 1 является номером, основанным на длине летной полосы – от 800 м для 1 класса до более 1800 м для 4 класса, а элемент 2 является буквой, соответствующей размаху крыла самолета (от 15 м для класса А до 60 м для класса Е) и расстоянию между внешними колесами основного шасси (от 4,5 м для класса А до 14 м для класса Е). Таким образом, эмиссию шума взлетно-посадочных операций можно определить исходя из таких характеристик аэропорта, как интенсивность операций, длина ВПП и тип принимаемых самолетов.

От типа самолета зависит большинство параметров эмиссии шума, таких как процедурные этапы (взлет, посадка и т.п.), траектория полета, боковая направленность звука, обусловленная местом установки двигателей и боковое затухание.

Местоположение двигателей влияет на характер излучения шума, обусловленный процессами отражения, преломления и рассеивания твердыми поверхностями и аэродинамическими полями скоростей потока. Это приводит к неоднородной направленности звука, излучаемого в боковом направлении от продольной оси самолета, называемой «боковой направленностью». Величина боковой направленности для винтовых самолетов составляет 0 дБА, а для реактивных двигателей достигает 3,5 дБА.

Боковое затухание представляет собой эффект переотражения прямого звука и звука, отраженного от поверхности земли. При малых углах визирования он может вызвать значительное снижение уровней звука, на которое оказывает влияние преломление звука, вызванное градиентами ветра и температуры, а также турбулентностью. В настоящее время в расчетных методиках учитывается боковое затухание звука над мягкой поверхностью. Влияние данного эффекта может достигать величины от 1 до 11 дБА (рис. 1).

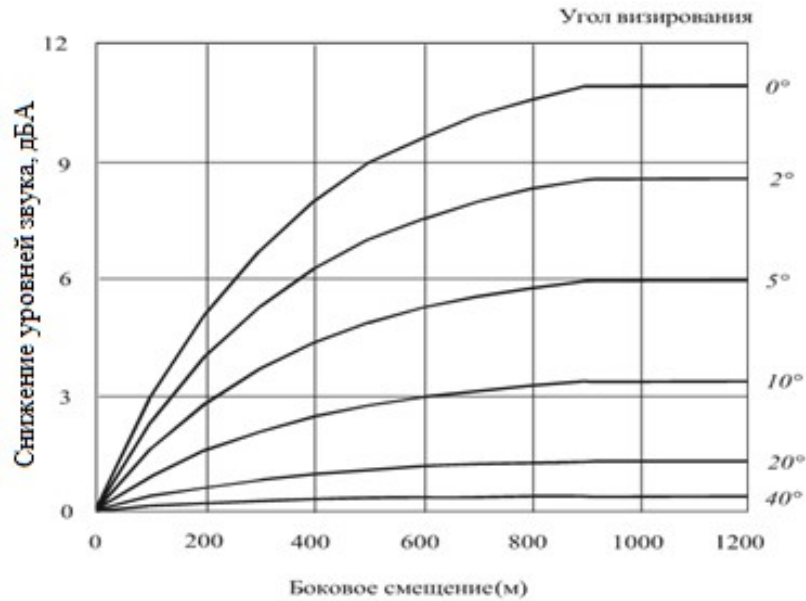


Рис. 1. Снижение уровней звука (в дБА) в результате бокового затухания в зависимости от угла визирования [6]

Уровень воздействия шума воздушного судна, приведенный в базе летно-технических характеристик, относится к самолету, выполняющему непрерывный, прямолинейный и установившийся горизонтальный полет. Применение отрицательного значения поправки для участка конечной длины $\Delta F = 10 \log(F)$, где F – коэффициент звуковой энергии, позволяет дополнительно скорректировать этот уровень до значения, которое соответствовало бы полету самолета только по участку конечной длины. Коэффициент звуковой энергии F зависит от треугольника «обзора». Вклад данного фактора в шумообразование зависит от дистанции пробега самолета по ВПП и может достигать на базовом расстоянии в 300 м величины от -3,5 дБА для ВПП длиной 500 м до -0,5 дБА для ВПП длиной 3200 м.

Эмиссия шума реактивных самолетов, особенно самолетов с более низкой степенью двухконтурности, характеризуется лепестковой диаграммой направленности (рис. 2), что вызвано шумом, производимым выхлопной струей. Такая направленность характерна для случая, когда скорость истечения реактивной струи выше скорости самолета. Это происходит, когда расчетная точка оказывается позади точки начала разбега. Направленность истечения струи может дать увеличение уровней звука на величину до 6 дБА при взлете самолета [6].

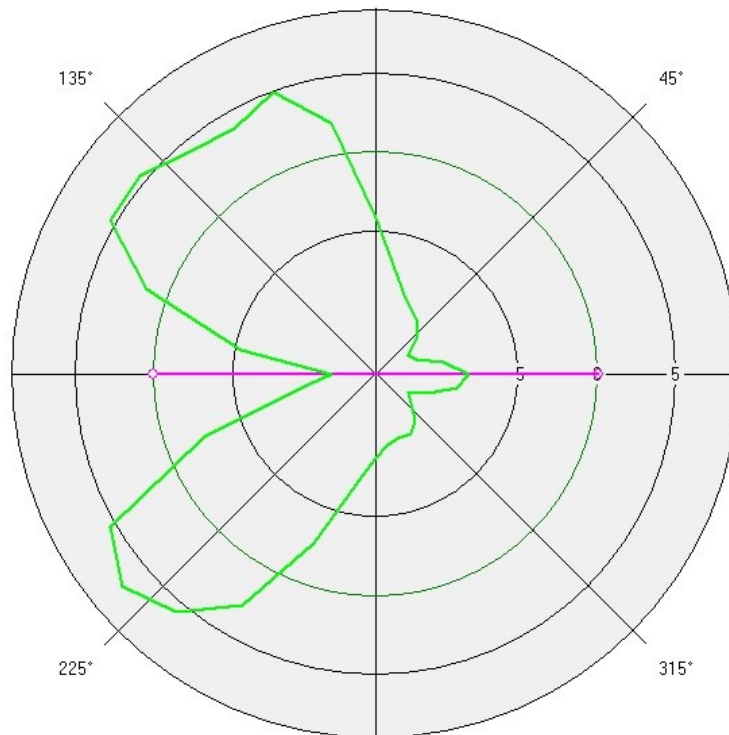


Рис. 2. Направленность излучения реактивного самолета [6]

На уровень шума самолета значительное влияние оказывает мощность, используемая при пилотировании. На рис. 3 представлена зависимость максимального уровня шума самолета при различных мощностях на различных расстояниях. Как показывает анализ рисунка, при удвоении мощности уровень шума увеличивается на 5 дБА.

Одним из факторов, влияющих на уровень эмиссии шума самолета, является также реверс тяги, который включают, когда необходимого торможения невозможно достичь с помощью колесных тормозов. В результате быстрого изменения мощности двигателей с режима малого газа на режим реверса возникает резкое увеличение уровня шума на величину до 5 дБА. Однако, учитывая, что реверс тяги включают довольно редко, а каждая ВПП используется как для взлета, так и для посадки самолетов, данный фактор при оценке шумовой характеристики самолетов, функционирующих на данной ВПП допускается не учитывать.

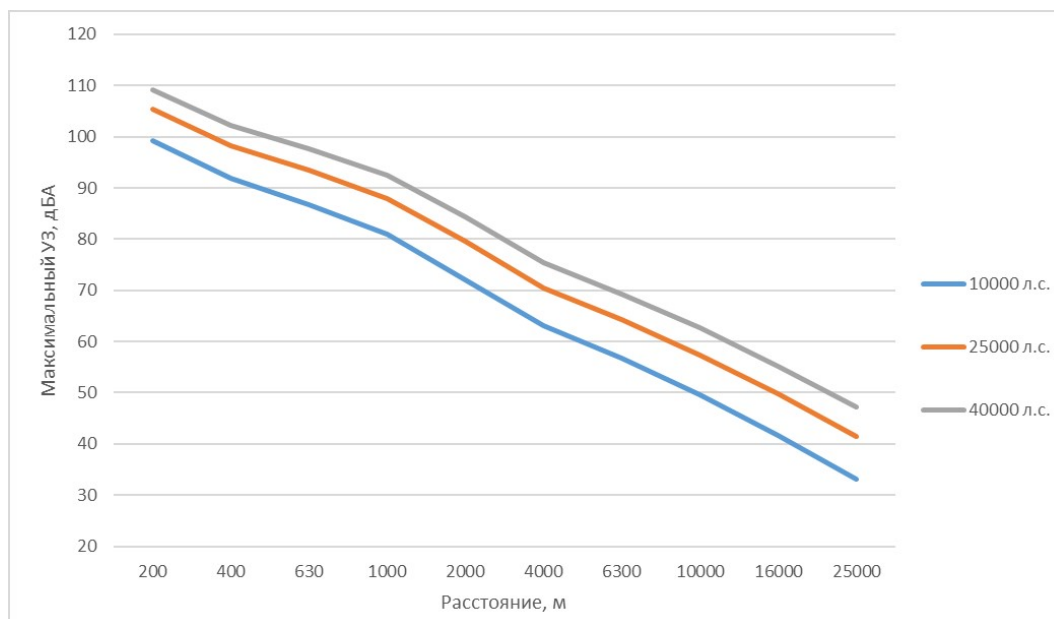


Рис. 3. Направленность излучения реактивного самолета [6]

Кроме того, из рис. 3 видно, что расстояние является основным фактором, который влияет на затухание авиационного шума в пространстве. Анализ данных показывает, что при увеличении расстояния в 2 раза максимальный уровень звука самолета снижается на величину порядка 7 дБА, т.е. примерно соответствует характеру излучения точечного источника шума.

3. Расчетные методики для оценки шумовой характеристики авиационного транспорта

По методике, действующей в РФ, разработанной еще в СССР и приведенной в «Рекомендациях по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума» [7], можно оценить максимальные уровни звука в данной точке при пролете самолета, на основании кривых приведенных максимальных уровней звука на местности в зависимости от удаления от торца ВПП или от начала разбега, которые были получены эмпирическим способом для самолетов, выпускаемых в СССР в 1980-е годы прошлого века.

Наибольшие уровни были установлены для самолетов первой группы (ИЛ-86, Ан-22), наименьшие для пятой группы (типа Ан-28, Л-410). Базовой группой является II группа самолетов, для остальных групп устанавливаются отклонения от базового уровня, которые составляют от +5 до -15 дБА. Максимальные уровни звука для базовой группы самолетов при удалении от торца ВПП, а также при боковом удалении от оси ВПП приведены на рис. 4. Для остальных классов максимальные уровни определяются при помощи интерполяции с учетом отклонения от базового уровня звука, установленного для данного класса самолетов.

Огибающая кривых равных приведенных максимальных уровней звука для всех трасс представляет собой границу воздействия соответствующего уровня звука.

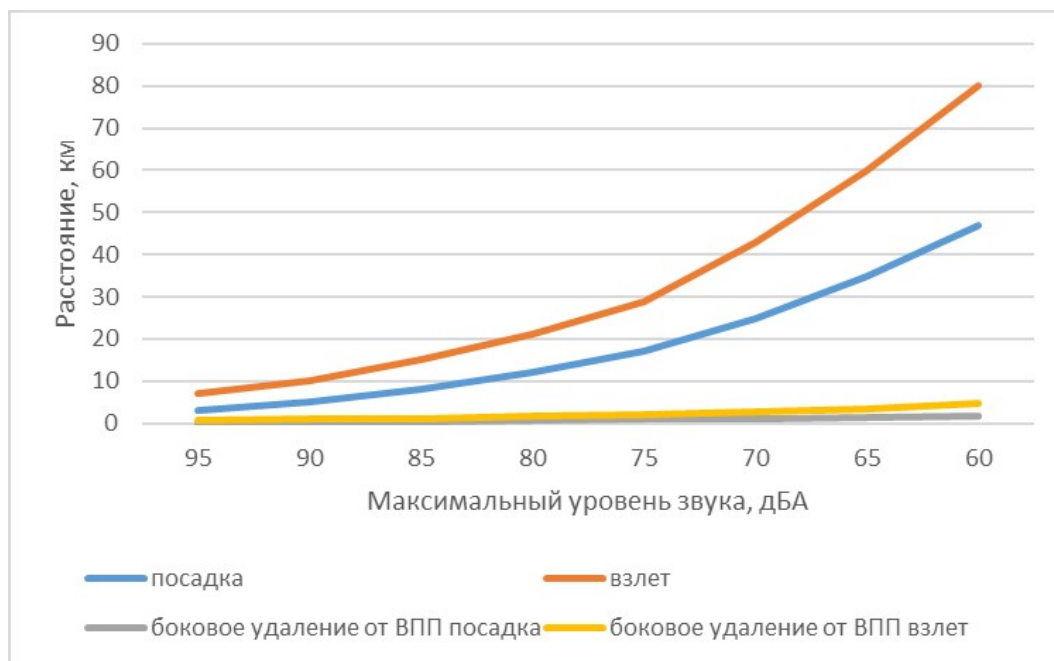


Рис. 4. Расстояние достижения максимальных уровней звука воздушных судов 2 класса на различных режимах [7]

Вышеописанный подход довольно грубый, он не учитывает тот факт, что устаревшие самолеты российского производства выводятся из обращения и все больше заменяются на самолеты импортного производства, которые имеют максимальные уровни звука 70 дБА и менее уже на расстоянии 10 км от торца ВПП.

Новый подход к построению контуров равных уровней звука отражен в «Руководстве по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов» [6]. Согласно Руководству ИКАО контуры шума строятся для каждой трассы пролета самолета, исходя из шумовой характеристики самолета, отраженной в лётно-технических характеристиках воздушного судна, которые приводятся в паспорте воздушного судна, а также в международной базе данных. В качестве исходных данных для расчета также выступают описание геометрии траектории полета, профиля скорости и тяги (мощности).

В базе данных по каждому конкретному самолету содержится базовая информация о кривых зависимости шум-мощность-расстояние. По умолчанию в базе данных содержится информация о процедурных этапах, таких как взлет, набор высоты, посадка и т.п. Определяемые через базу данных базовые уровни звука единичного воздействия корректируются с учетом разницы между фактическими и исходными атмосферными условиями, скоростью самолета и разницы между уровнями звука, излучаемого вниз и в боковом направлении.

При моделировании шумовых контуров производится сегментация траектории полета. Сегментация представляет собой процесс, с помощью которого модель построения контуров шума адаптирует данные по каждому самолету, соответствующие бесконечной траектории, и данные боковой корректировки в целях вычисления уровня шума, генерируемого при неравномерной траектории полета. Для целей расчета уровня звука при единичном пролете самолета траектория полета представляется в виде ряда смежных прямолинейных участков, каждый из которых может рассматриваться как конечная часть бесконечной траектории, для которой известны значения NPD и боковые корректировки. За максимальный уровень шумового события принимается наибольшее значение из соответствующих величин по отдельным участкам. Эквивалентный по времени уровень

звука всего шумового события вычисляется путем суммирования значений уровня шума участков, которые вносят существенный вклад в суммарный уровень звука данного шумового события.

Данный подход отражен в современных расчетных программах, таких как SoundPLAN (Германия) и INM (США). Сравнение результатов расчета по различным методикам приведено в [8]. Контур, рассчитанный по программам INM и SoundPLAN, по площади значительно меньше контуров, определенных по российским программам. Отличием зарубежных программ является отсутствие в их базах действительных данных для российских самолетов, отличаются методы пилотирования, что изменяет вид траектории полета, и сами расчетные методы имеют различную точность.

Для оценки российского и западного подходов к расчету уровней шума авиационного транспорта был проведен анализ уровней шума на примере аэропорта Пулково, который соответствует классу «внеклассные» исходя из российской классификации. Для оценки уровней авиационного шума были выбраны расчетные точки на жилой территории на различном удалении от аэропорта. Результаты измерений приведены на рис. 5.

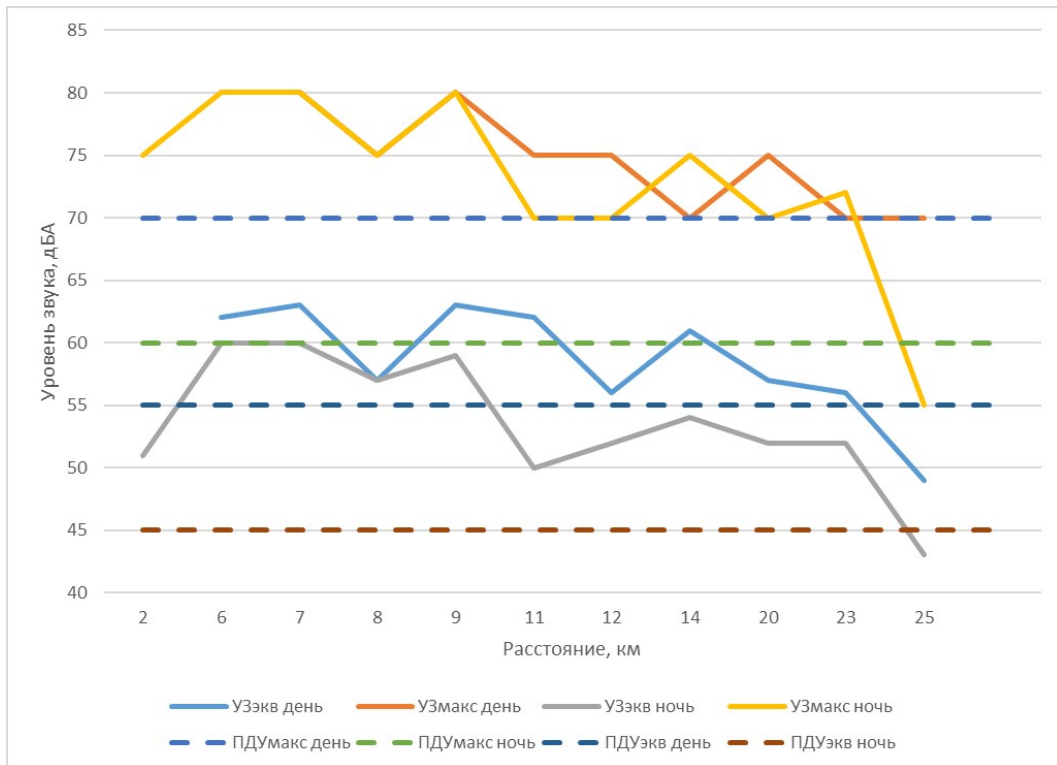


Рис. 5. Результаты измерений уровней звука авиационного транспорта на различном расстоянии от аэропорта Пулково [10]

Анализ результатов измерений показывает, что допустимые уровни соблюдаются на расстоянии 25 км от аэропорта Пулково, при применении российского подхода оценки уровней расстояние обеспечения ПДУ составило бы 35 км, т.е. из состава территорий, пригодных для жилой застройки, выводится площадь более 10000 м².

Результаты расчетных данных и измерений указывают на необходимость оценки уровней шума аэропортов по эквивалентным уровням звука. В целях разработки классификации аэропортов эквивалентные уровни звука, создаваемые аэропортами различных категорий, могут быть рассчитаны с учетом их основных параметров, приведённых в нормативной документации (таблица 1).

Таблица 1

Классификация аэропортов по уровням шума

Класс	Тип	Средняя расчетная интенсивность, взл-пос/ч	Параметры ВВП (ширина), м	Поправка на длину полосы, дБА	Эквивалентный УЗ (на $r_0=300$ м), дБА		Расстояние обеспечения ПДУ, км	
					посадка	взлет	посадка	взлет
внеклассные	-	22	3500-4000	0,0	72	75	19	25
I	A	19	3200 x 60	-0,6	66	70	11	18
II	B	17	2600 x 45	-0,7	62	66	7	11
III	B	16	1800 x 42	-1,0	58	62	4,2	7
	Г	14	1300 x 35	-1,4	57	61	3,8	6
IV	Д	10	1000 x 28	-1,9	51	56	2	3,3
V	-	5	-	-2,5	44	48	0,9	1,4
неклассифицированные	Е	4	500 x 21	-3,5	39	43	0,5	0,75

Как показывают результаты расчетов, при оценке уровней шума аэропортов по эквивалентным уровням звука размер зоны обеспечения ПДУ значительно меньше, чем при оценке максимальных уровней звука и лучше коррелирует с результатами, полученными в ходе измерений. Таким образом, предложенная оценка на основании эквивалентных уровней звука более точная, чем ранее принятый подход к определению размера зоны санитарного разрыва на основании максимальных уровней звука.

Классификация аэропортов по уровням шума является основанием для разработки карт шума и шумозащитных мероприятий.

4. Снижение шума воздушного транспорта

Методы, используемые для снижения шума авиационного транспорта, могут носить как административный, так и конструктивный характер [9]. К административным мероприятиям относятся: введение ограничений на эксплуатацию самолетов в ночное время, ограничения на взлеты и посадки воздушных судов, выделение маршрутов с минимальными уровнями шума, ограничение интенсивности полетов, смещение входной кромки ВПП, введение платы за отклонение от установленных трасс пролета воздушного судна, замена устаревших самолетов более новыми с пониженными уровнями шума.

К мероприятиям по снижению уровня шума в источнике относится повышение степени двухконтурности двигателя, за счет чего обеспечивается снижение уровня создаваемого им шума. Для снижения шума двигателя в задней полусфере выходное сопло двигателя обрабатывается при помощи шевронной обработки. При такой обработке в области максимума спектра снижение шума струи достигает величины 4-5 дБ как при отсутствии спутного потока, так и при его наличии.

Системы шумоглушения силовых установок современных самолетов основаны на применении в каналах мотогондол и двигателей звукопоглощающих конструкций с резонансными или объемными поглотителями, которые являются сегодня наиболее эффективным методом снижения интенсивности шума, генерируемого лопаточными

машинами турбореактивного двигателя. В практике снижения шума пассажирских самолетов широкое применение получили резонансные «сотовые» звукопоглощающие конструкции.

Для стоек шасси и кромок самолетных закрылок в Японии разработаны накладки, способные снизить образование турбулентного потока воздуха. Кроме этого, модификация закрылок служит уменьшению зазоров между их краями и крылом самолета. Накладки улучшают аэродинамику элеронов и способствуют уменьшению угла их выпуска. Результаты испытаний показали значительную эффективность подобной разработки в области снижения шума: аэродинамический шум был снижен на 3 дБА, а шум от шасси – на 4 дБА.

Процедуры, направленные на уменьшение шума при взлете и посадке, включают уменьшение тяги за счет частичного или полного закрытия закрылков на взлете или за счет дросселирования двигателей. В этих целях применяется прием взлета и резкого набора высоты при выдерживании сравнительно невысокой скорости полета и дросселировании тяги двигателей во время пролета самолетов над населенными пунктами, что позволяет обеспечить снижение шума от 2 до 6 дБА. При заходе на посадку по двухлучевой глиссаде уровни звука снижаются на величину примерно 2-3 дБА. При снижении самолета используется улучшение аэродинамического качества планера, приводящее к уменьшению режима работы двигателей и снижению шума на 8–14 дБА в зависимости от степени двухконтурности двигателя.

Для снижения уровней шума в жилой застройке применяется практика взлета вдоль незаселенных природных территорий, а также равномерное распределение нагрузки по всем направлениям полета.

Смещение входной кромки ВПП является еще одним эффективным мероприятием по снижению шума аэропорта. В аэропортах эту точку смещают таким образом, что реализуемая траектория снижения на посадку или взлета воздушного судна располагается выше земной поверхности. С увеличением этой высоты сокращается высота полета по глиссаде, а, следовательно, размеры шумового контура, создаваемого самолетом.

Эффективным мероприятием по снижению шума в ночное время является введение условий эксплуатации воздушных судов, что успешно применяется в международных аэропортах таких городов как Вашингтон, Женева и Лондон, где установлены ограничения на полеты в ночное время. Особенно эффективным является запрет функционирования в ночное время самолетов с уровнями шума, определенными в ходе летно-технических испытаний, более 95 дБ PN.

В качестве дополнительных мероприятий по снижению пролетного шума применяется увеличение звукоизоляции жилых домов и других нормируемых объектов, а также введение ограничений зон застройки вблизи аэропортов.

Обобщенная эффективность мероприятий по снижению шума авиатранспорта приведена в таблице 2.

Таблица 2

Эффективность мероприятий по снижению шума авиатранспорта

Меры и конструкции шумозащиты	Эффективность, дБА
Замена устаревших самолетов новыми с большей степенью двухконтурности	8-14
Применение шумозащитных мероприятий в источнике	3-5
Смещение кромки ВПП	1-3
Уменьшение тяги (применение режима пилотирования на малой скорости и дросселирование тяги)	2-6
Запрет использования реверса тяги	5
Использование малой мощности	5 дБА на каждое снижение в 2 раза
Удаление траекторий пролета от нормируемых объектов	7 дБА на удвоение расстояния
Снижение шума в домах (шумозащитное остекление)	до 37

В соответствии с классификацией аэропортов по уровням шума, приведенной в таблице 1, для аэропортов различных категорий могут быть рекомендованы следующие мероприятия:

- внеклассные – удаление траекторий пролета от жилой застройки, замена устаревших самолетов, снижение шума в источнике, шумозащитное остекление, ограничение операций в ночное время;

- I класс – удаление траекторий пролета, замена устаревших самолетов, снижение шума в источнике, шумозащитное остекление;

- II класс – удаление траекторий пролета, замена устаревших самолетов, снижение шума в источнике, ограничение операций в ночное время;

- III, IV классы – замена устаревших самолетов, снижение шума в источнике;

- V класс, неклассифицированные – уменьшение тяги, замена устаревших самолетов.

Таким образом, для всех российских аэропортов первоочередным мероприятием является использование новых современных самолетов с высокой степенью двухконтурности, в которых используются новейшие методы снижения шума. Эта тенденция в настоящее время все больше прослеживается, что подтверждается данными российского реестра воздушных судов, согласно которому в настоящее время на территории РФ в эксплуатации находится порядка 2000 устаревших воздушных судов, которые, в основном, используются для нужд военных, МЧС и в частной авиации.

Кроме того, пилоты воздушного судна должны соблюдать режим пилотирования, исключая использование реверса тяги, пилотирование на малой мощности и на малой скорости с использованием дросселирования тяги. Самолеты не должны отклоняться от установленной трассы пролета, которую необходимо выбирать в обход жилой застройки.

При проектировании аэропортов и новых ВПП следует выбирать трассы взлета вдоль территорий, на которых отсутствуют защищаемые объекты, а также соблюдать размеры рекомендованных санитарных разрывов, вынося за их пределы объекты с нормируемыми уровнями шума.

Заключение

Под влиянием шума аэропорта может находиться порядка трети городских территорий. При этом авиационный шум вызывает наибольшее раздражение у населения по сравнению с другими видами шума.

На уровень шума самолетов влияют тип самолета, обусловленный, в первую очередь, типом его двигателя, а также режим пилотирования (взлет, посадка, максимальная тяга). От типа самолета зависит большинство параметров эмиссии шума, таких как процедурные этапы (взлет, посадка и т.п.), траектория полета, боковая направленность звука, обусловленная местом установки двигателей и боковое затухание.

На практике шумовая характеристика потока воздушного транспорта не применяется, определяются шумовые характеристики отдельных воздушных судов, которые потом суммируются по каждому пути пролета. Затухание уровней шума оценивается в зависимости от расстояния.

На основании российской методики можно определить максимальные уровни звука воздушных судов, полученные эмпирическим путем для российских самолетов, и оценить расстояние, на котором обеспечиваются предельно допустимые уровни шума при пролете самолетов на данном режиме пилотирования.

С использованием нового подхода, рекомендованного ИКАО, разработана классификация аэропортов по эквивалентным уровням звука, основанная на параметрах аэропортов и определены расстояния, на которых достигаются допустимые уровни шума. Как показывают результаты измерений, выполненных для аэропорта Пулково, предложенный подход более точный, чем ранее принятая оценка зоны санитарного разрыва аэропорта.

На основании разработанной классификации предложены шумозащитные мероприятия для аэропортов разных классов, включающие удаление траекторий пролета от жилой застройки, замену устаревших самолетов, снижение шума в источнике, шумозащитное остекление, ограничение операций в ночное время.

Список литературы

1. А.И. Запорожец, О.А. Картышев. Социальные и санитарно-гигиенические аспекты шума окружающей среды и их значимость для экологического нормирования. Научный вестник МГТУ ГА, 2010, № 160, с. 132-140.
2. О.А. Картышев. Работы по установлению границ зон ограничения жилой застройки вблизи аэропортов по неблагоприятному фактору «авиационный шум». Научный вестник МГТУ ГА, 2010, № 160, с. 141-147.
3. Руководство по проектированию аэропортов. Использование земельных участков и контроль над окружающей средой. – Монреаль: ИКАО, Дос. 9184-AN/902/2. – изд.3-е. – 2005. – Ч.2.
4. Авиационная акустика [текст] /под ред. А.Г. Мунина. –М.: Машиностроение,1986. – Т. 1.
5. СП 51.13330.2011 Защита от шума (Актуализированная версия СНиП 23-03-2003).
6. Руководство по рекомендуемому методу расчета контуров шума вокруг аэропортов. Дос. 9911, Международная организация гражданской авиации, 2008.– 131 с.
7. Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума, НИИ СФ, ГосНИИ ГА, МНИИ гигиены, 1987.

8. О.А. Картышев. Расчетно-экспериментальный метод построения контуров авиационного шума при осуществлении зонирования окрестности аэропортов. Научный вестник МГТУ ГА, 2012, № 175, с. 30-35.

9. Н.И. Иванов. Защита от шума и вибрации / Н. И. Иванов. – СПб: НИЦ АРТ, 2017. – 267 с.

10. Шашурин А.Е. Научное обоснование и применение новых технических и технологических решений для снижения акустического загрязнения основными типами шумозащитных экранов / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, СПб: 2018.

References

1. A.I. Zaporozhets, O.A. Kartyshev. Sotsial'nyye i sanitarno-gigiyenicheskiye aspekty shuma okruzhayushchey sredy i ikh znachimost' dlya ekologicheskogo normirovaniya. Nauchnyy vestnik MGTU GA, 2010, № 160, p. 132-140.

2. O.A. Kartyshev. Raboty po ustanovleniyu granits zon ogranicheniya zhiloy zastroyki vblizi aeroportov po neblagopriyatnomu faktoru «aviatsionnyy shum». Nauchnyy vestnik MGTU GA, 2010, № 160, p. 141-147.

3. Airport Planning Manual Part 2 Land Use and Environmental Control. Doc. 9184-AN/902/2. – Third edition. – 2005. – Part 2.

4. Aviatsionnaya akustika /pod red. A.G. Munina.– М.: Mashinostroyeniye,1986.–Т.1.

5. SP 51.13330.2011 Sound Protection.

6. ICAO Doc 9911, “Recommended Method for Computing Noise Contours around Airports”, First edition, 2008 – 131 p.

7. Rekomendatsii po ustanovleniyu zon ogranicheniya zhiloy zastroyki v okrestnostyakh aeroportov grazhdanskoy aviatsii iz usloviy shuma, NII SF, GosNII GA, MNII gigiyeny, 1987.

8. O.A. Kartyshev. Raschetno-eksperimental'nyy metod postroyeniya konturov aviatsionnogo shuma pri osushchestvlenii zonirovaniya okrestnosti aeroportov. Nauchnyy vestnik MGTU GA, 2012, № 175, p. 30-35.

9. N.I. Ivanov. Zashchita ot shuma i vibratsii / N. I. Ivanov. – SPb: NITS ART, 2017. – 267 p.

10. Shashurin A.Ye. Nauchnoye obosnovaniye i primeneniye novykh tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh resheniy dlya snizheniya akusticheskogo zagryazneniya osnovnymi tipami shumozashchitnykh ekranov / Dissertation for the degree of doctor of technical Sciences, SPb: 2018.