

УДК: 534.6.08

OECD: 1.03.AA

Мониторинг авиационного шума и выявление типов воздушных судов, оказывающих воздействие на селитебную территорию, вблизи аэропорта

Фиев К.П.

Аспирант, ассистент кафедры «Экология и производственная безопасность»,
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»,
г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

В данной статье рассмотрены факторы вреда от шумового воздействия авиационным транспортом и способы борьбы с ним в разных странах. Показаны данные натурных измерений эквивалентных и максимальных уровней звука при пролете воздушных судов в точках измерений в дневное и ночное время. Приведены нормативная документация, описание точек измерения и методы проведения измерений шума в контрольных точках. Проведено сравнение полученных результатов измерений с предельно-допустимыми значениями и построены графики анализа максимальных уровней звука при пролете воздушных судов в точке измерения №1 и диаграммы типов воздушных судов, отмеченных в период проведения измерений. На основании информации о полетах (время взлета/посадки, направление, тип воздушного судна) проведен анализ эквивалентных и максимальных уровней звука.

Ключевые слова: воздушное судно, эквивалентный уровень звука, аэропорт, шум, максимальный уровень звука.

Aircraft noise monitoring and identification of aircraft types affecting residential areas near the airport

Fiev K.P.

Post-graduate student, The department of Ecology and Industrial Safety, Baltic State Technical University 'VOENMEH' named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia

Abstract

This article considers the adverse factors of the exposure to air transport noise and ways of its mitigation in different countries. The data of full-scale measurements of equivalent and maximum sound levels during the aircraft flight at the measurement points during the day and at night are shown. The normative documentation, measurement points description and methods of noise measurement at control points are given. The obtained measurement results are compared with the maximum permissible values and graphs analyzing maximum sound levels during the aircraft passage at measurement point No. 1 and diagrams of the aircraft types marked during the measurement period are constructed. Based on the flight information (take-off/landing time, direction, aircraft type), the equivalent and maximum sound levels were analyzed.

Keywords: aircraft, equivalent sound level, airport, noise, maximum sound level.

Введение

Шум, который создает авиационный транспорт, а именно самолеты гражданской авиации очень сильно влияет на состояние здоровья жителей городов и со временем его влияние может сильно возрасти. Федеральный закон Российской Федерации № 52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [5] предписывает требования к снижению шума на селитебной территории вблизи аэропортов и аэродромов.

Снижение шума воздушных судов - одна из наиболее распространенных всемирных проблем общества. Начало проблемы датируется серединой прошлого века, после ввода в эксплуатацию больших, быстрых и вместительных самолетов с турбореактивными двигателями, таких как Ту-104, Boeing 707 и др.

Использование данного типа машин было выгодно с экономической точки зрения, другой стороной использования данных типов воздушных судов (ВС) стали высокие уровни звука двигателей, которые существенно меняли акустическую ситуацию в районе аэропортов резко в худшую сторону. Недовольство жителей против деятельности авиакомпаний и аэропортов привело к появлению законодательства в области авиационного шума и поисков путей его снижения. Гражданская авиация в эти годы становится высокотехнологичной отраслью мировой экономики и по этой причине начинается широкое взаимодействие интересов государств, авиакомпаний, аэропортов, компаний – изгтовителей авиационной техники.

Повышенное внимание экологическим аспектам и возникновение конкуренции на рынке авиаперевозчиков поставили проблемы авиационного шума на второе место, сразу же после проблем безопасности полетов.

В конце 60-х годов в ИКАО образован Комитет по авиационному шуму (CAN), который в 1983 г. был преобразован в комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации (CAEP), который занимался вопросами шума и эмиссии авиационных двигателей.

Действия ИКАО реализуют взвешенный подход с учетом неравномерности экономического развития различных стран, географических особенностей, исторических аспектов и научно-технического потенциала. Хотя на данный момент достигнуты серьезные достижения в регулировании проблемы шума воздушных судов существуют и объективные причины обострения данной проблемы. В первую очередь это – высокие темпы развития мировой гражданской авиации. Рост числа взлетов и посадок ведет к увеличению пропускной способности, постройке дополнительных взлетно-посадочных полос (или реконструкции старых) с каждым годом приводит к тому, что сфера влияния аэропорта на прилегающую территорию увеличивается. Эту проблему усугубляет еще и тот фактор, что города ведут строительство жилых домов все ближе и ближе к территории аэропортов.

Затраты на борьбу с авиационным шумом составляют значительные суммы. Например, программы звукоизоляции зданий в районе аэропортов в Сиднее и Аделаиде составляют \$ 470 000 000 в Бостонском аэропорту \$ 140 000 000, в Сан-Франциско \$ 153 000 000 и в Детройте \$ 118 000 000.

Акустическое излучение воздушными судами генерируется во всех элементах двигателя: вентилятор, компрессор, камера сгорания, турбина и реактивное сопло. Таким образом, компрессор гонит воздух в камеру сгорания, сжимая его до 6-7 атм., далее в ходе воспламенения смеси создается, струя раскаленных газов, которая вытекая, создает тягу и турбулизирует окружающий воздух, что и является одной из основных причин возникновения авиационного шума. Одними из важнейших параметров, определяющих энергетику суммарного акустического излучения газотурбинного двигателя и соотношение

между акустическими параметрами отдельных источников шума, являются создаваемая двигателем тяга и степень двухконтурности (отношение расхода воздуха через внешний контур двигателя к расходу через внутренний). Она дала большие резервы по уменьшению уровней шума за счет снижения температуры струи внутреннего контура и уменьшению её скорости.

Таким образом, ежегодный рост пассажирских перевозок, строительство новых домов на территории близкой или прилегающей к границам аэропортов резко обострил проблему шума. Так, взлет среднестатистического ВС приводил к значению уровней шума на прилегающей территории превышающих 100 дБА[6]. Работа над методами снижения шума ВС и продуманного землепользования позволила снизить шум, но окончательно решить проблему в настоящее время не удалось.

В данной работе был проведен статистический анализ типов воздушных судов, оказывающих наибольшее воздействие на, близлежащую от аэропорта одного из крупных городов Российской Федерации, селитебную территорию.

1. Нормативная документация

Измерения шума выполнялись в соответствии со следующими нормативными документациями:

1. ГОСТ 22283-2014 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения» [1];
2. ГОСТ 31296.2-2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления» [4].

В настоящее время уровни шума вокруг аэропортов регулируются следующими документами:

1. ГОСТ 22283-2014 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения» [1];
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [2];
3. Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройки в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума [3].

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 [7]. В России допустимые эквивалентные уровни звука для авиационного транспорта составляют 55 дБА в дневное время и 45 дБА в ночное время согласно СН 2.2.4/2.1.8.562- 96 [2,8]. 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 [1,8].

В данной статье при выборе нормативных значений приведены нормы как по ГОСТ 22283-2014 [1], устанавливающего нормативные значения уровней авиационного шума, так и по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [2], устанавливающих нормативные значения уровней шума на территории жилой застройки и в жилых помещениях. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562- 96 [2] предельно допустимые эквивалентные уровни звука установлены на 10 дБА ниже допустимых значений ГОСТ 22283-2014 [1], а максимальные уровни звука – на 15 дБА.

2. Описание точек измерений

Перед началом проведения мониторинга уровней шума были проанализированы траектории полета воздушных судов, установлены точки измерений авиационного шума.

Было выбрано в количестве 8 установленных точек измерений. Расположение точек измерений приведено на рисунках 1 и 2.



Рис. 1. Карта расположения точек измерения №1



Рис. 2. Карта расположения точек измерения №2

3. Методика проведения измерений

Авиационный шум (АШ) измерялся при пролете воздушного судна (ВС) в определённые интервалы времени дня. Чтобы получить достоверную оценку

эквивалентного или максимального уровней звука, или уровней звукового воздействия, на промежутке, равном продолжительности измерений, было задано минимальное число звуковых событий, в установленный промежуток времени с учётом требований ГОСТ 31296.2-2006[4]. А также в каждой точке максимальные уровни звукового давления измерялись по 20 или более, но не менее 5, пролётам на максимально шумных режимах полёта.

На установленное значение максимального уровня звука L_{Amax} определённого типа ВС для данной точки измерений принимался наибольший корректированный уровень звукового давления на данном временном промежутке.

За установленное значение $L_{A_{\text{экв}}}$ эквивалентного уровня звука для данной точки измерений выбиралось измеренное значение за время измерений при максимальной интенсивности наземной и воздушной с обязательным учётом полётов всех самолётов, оказывающих наибольшее воздействие шума на данную территорию.

Измерения авиационного шума в точке, подверженной воздействию взлётов и посадок, проводились по каждому режиму эксплуатации самолёта (взлёт/посадка). В случае если один из режимов доминировал над другими по значению максимальных уровней звука в точке (взлёт над посадкой или наоборот), выбор в оценке представлялся измерению и выбору результатов для режима с наибольшими уровнями звука.

В период измерений шло наблюдение за выполнением установленных схем полёта, различными сочетаниями метеоусловий и других факторов, которые отразились при анализе и обработке полученных данных.

В случае невозможности проведения измерений в определённой точке (полёты ВС с другим курсом, отсутствие полётов ВС в данное время на данном маршруте) в соответствии с ГОСТ 31296.2-2006 (п. 10) [4] допускалась экстраполяция измерений с похожего участка в другом месте, при условии выполнения требований ГОСТ 31296.2-2006 [4].

Микрофон шумомера устанавливали на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м над уровнем земли. Ось микрофона была направлена в сторону ожидаемого максимального излучения шума. Если скорость ветра была выше 1-2 м/с, то при измерениях использовался ветрозащитный колпак для микрофона.

Измерения проводились при следующих атмосферных условиях:

- отсутствие атмосферных осадков;
- температура воздуха от -10 до $+40^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 90%;
- на высоте скорость ветра 1,5 м (включая порывы) не более 5 м/с.

4. Анализ результатов эквивалентных уровней шума

Измерения эквивалентного уровня звука в каждой точке проводились непрерывно в течение не менее 2-х часов (при этом отсекались внезапные источники шума, не являющиеся характерными для данной точки измерений, например, работа строительной техники и др.). Во всех случаях, измерение эквивалентных уровней звука производились во всех выбранных точках измерений одновременно. Точка 8 была выбрана, как контрольная точка, для оценки уровня воздействия авиационного шума в ближайшей жилой застройке вблизи аэропорта Пулково. Все экспериментальные данные обрабатывались в соответствии с ГОСТ 22283-2014 [1]. Результаты измерений эквивалентных уровней звука в дневное время приведены в таблице 3, результаты измерений эквивалентных уровней звука в ночное время приведены в таблице 4.

Таблица 1

Результаты измерений эквивалентных уровней звука в дневное время (07:00-23:00)

Номер точки проведения измерения	Взлёт/посадка	Эквивалентный уровень звука $L_{A\text{экв}}$, дБА	Фоновый уровень шума, дБА
1	Посадка	59,7	48,2
2	Посадка	55	40,6
3	Посадка	53,5	42,6
4	Взлёт	57,6	46,0
5	Взлёт	53,1	42,9
6	Посадка	60,2	49,4
7	Посадка	57,3	47,1
8	Взлёт/посадка	54,6	42,8
Допустимые уровни шума в дневное время СН 2.2.4/2.1.8.562-96, табл.3, позиция 9, с 07:00-23:00		55	
Допустимые уровни шума в дневное время ГОСТ 22283-2014, табл. 1, с 07:00-23:00		65	

Таблица 2

Результаты измерений эквивалентных уровней звука в ночное время (23:00-07:00)

Номер точки проведения измерения	Взлёт/посадка	Эквивалентный уровень звука $L_{A\text{экв}}$, дБА	Фоновый уровень шума, дБА
1	Посадка	57,5	46
2	Посадка	43,9	40,2
3	Посадка	44,9	40,7
4	Взлёт	50,1	40,6
5	Взлёт	49,2	39
6	Посадка	41,7	38
7	Посадка	54,2	43,8
8	Взлёт/посадка	53,5	43,2
Допустимые уровни шума в ночное время СН 2.2.4/2.1.8.562-96, табл.3, позиция 9, с 23:00-07:00		45	
Допустимые уровни шума в ночное время ГОСТ 22283-2014, табл. 1, с 23:00-07:00		55	

Фоновые уровни шума при измерениях были на 10 и более дБА ниже, чем измеренные.

5. Анализ результатов эквивалентных уровней шума

Измерения максимального уровня шума фиксировались по данным шумометра. Всего за время измерений было отмечено 11 типов реактивных ВС (рис. 3).

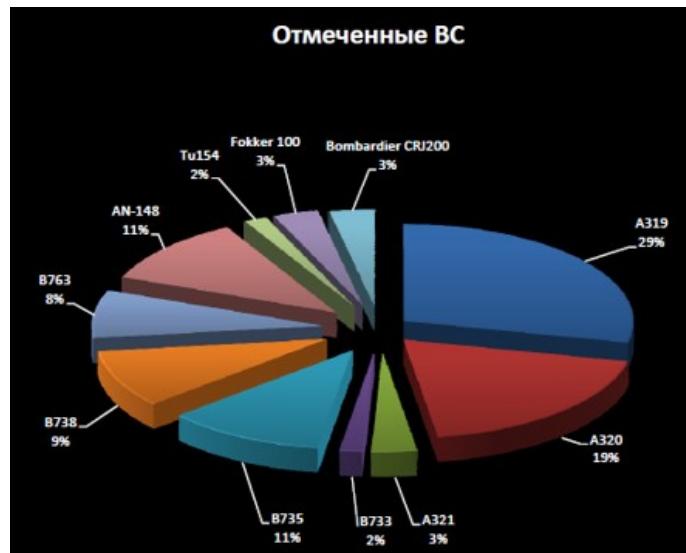


Рис. 3. Типы ВС, отмеченные за время измерений

Значительная часть типов ВС была отмечена при пролете малое количество раз. Исключив типы ВС, для которых невозможно провести сравнительный анализ шумового воздействия, диаграмма приобретет следующий вид (рис. 4).

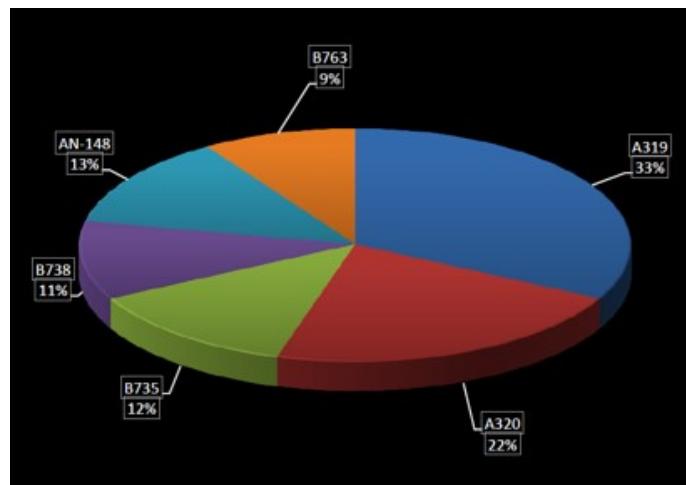


Рис. 4. Типы ВС, наиболее часто отмеченные за время измерений

Итоговая диаграмма позволяет сделать вывод о наиболее используемых на текущий момент типах ВС, для которых возможно проводить сравнительный анализ уровней шума.

В результате проведенных натурных замеров эквивалентных уровней звука согласно ГОСТ 22283-2014 для дневного времени суток превышения не выявлены, исключения составляет точка №1, в которой наблюдаются превышения на 2,5 дБА для ночного времени суток. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 превышения над нормативными значениями для дневного времени и ночного времени суток составляют:

- в точке №1 достигают 4,7 дБА для дневного и 12,5 дБА для ночного;

- в точке №2 для дневного и ночного времени превышений нет;
- в точке №3 для дневного и ночного времени превышений нет;
- в точке №4 достигают 2,6 дБА для дневного и 3,1 дБА для ночного;
- в точке №5 для дневного и ночного времени превышений нет;
- в точке №6 достигают 5,2 дБА для дневного, для ночного времени превышений нет;
- в точке №7 достигают 2,3 дБА для дневного и 9,2 дБА для ночного;
- в точке №8 достигают 7,1 дБА для дневного и 8,5 дБА для ночного.

6. Анализ результатов максимальных уровней шума

Для каждой точки измерений был проведен анализ максимальных уровней звука при пролёте воздушных судов и построены диаграммы «Распределение L_{Amax} » для каждого типа воздушного судна. Т.к. в ходе исследования было получено большое количество данных, то в статье приведён анализ только для одной точки измерения.

ТОЧКА № 1

Анализ максимальных уровней звука при пролете воздушных судов для точки измерений 1 представлен на рис. 5-10.

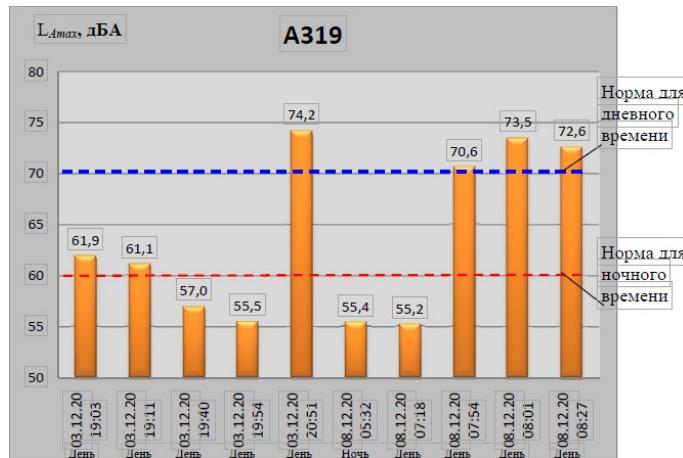


Рис. 5. Распределение L_{Amax} для аэробуса А319

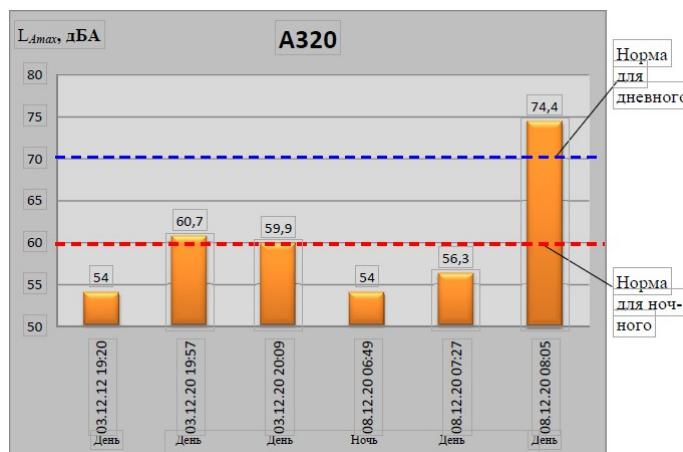


Рис. 6. Распределение L_{Amax} для аэробуса А320

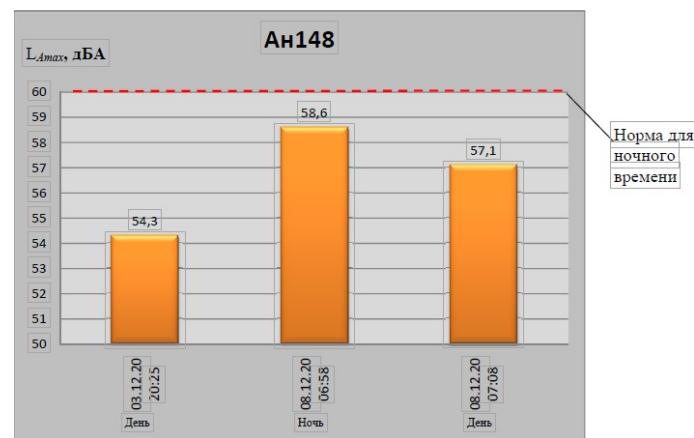


Рис. 7. Распределение L_{Amax} для аэробуса Ан148

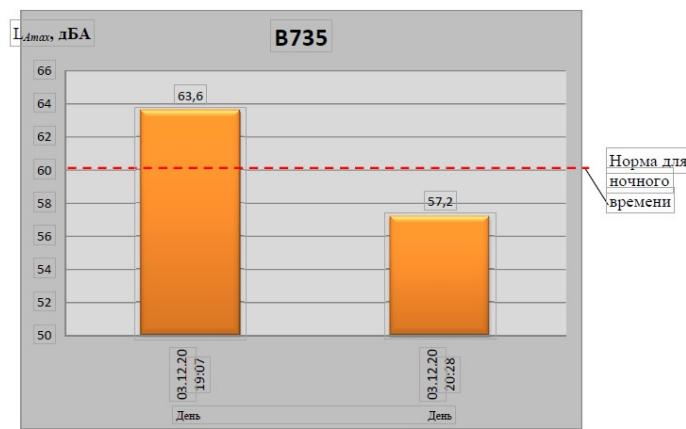
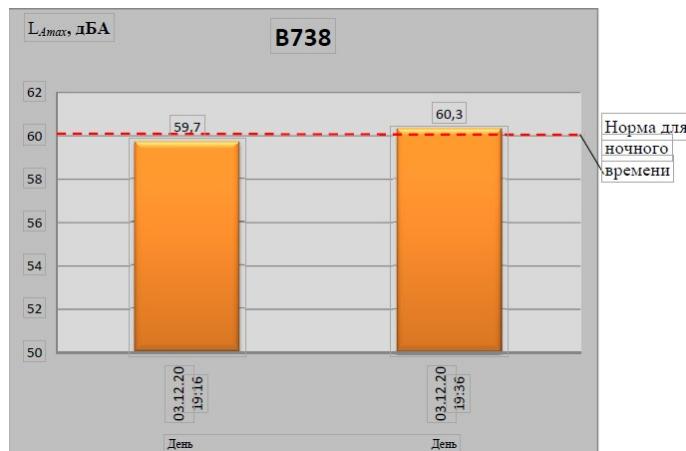


Рис. 8. Распределение L_{Amax} для аэробуса B735

Рис. 9. Распределение L_{Amax} для аэробуса B738Рис. 10. Распределение L_{Amax} для аэробуса B763

Максимальные уровни звука по точке измерений 1:

1. Для аэробуса 319 для дневного времени суток норму шума выдержали 6 из 10 отмеченных самолетов, для ночного времени 4 из 10.
2. Для аэробуса 320 для дневного времени суток норму шума выдержали 5 из 6 отмеченных самолетов, для ночного времени 4 из 6.
3. Для Ан148 все отмеченные самолеты выдержали норму шума для дневного и ночного времени суток времени суток.
4. Для В 735 для дневного времени суток шума выдержали все отмеченные самолеты, для ночного времени один.
5. Для В 738 для дневного времени суток шума выдержали все отмеченные самолеты, для ночного времени один.
6. Для В 763 для дневного времени суток норму шума выдержали 2 из 3 отмеченных самолетов, для ночного времени один.

Заключение

На уровень шума самолётов влияют тип воздушного судна, обусловленный, в первую очередь, типом его двигателя и его местоположением, а также режим пилотирования (взлёт, посадка, максимальная тяга). От типа воздушного судна зависит большинство параметров эмиссии шума, таких как процедурные этапы (взлёт, посадка и т.п.), траектория полёта, боковая направленность звука, обусловленная местом

установки двигателей и боковое затухание [8].

При наличии данных о типах воздушных судов, которые наиболее часто оказывают шумовое воздействие на близлежащие от аэропортов жилые застройки, и данных о шуме на селитебной территории появляется возможность обратить внимание на данные типы самолёты и выявить проблемы из-за которых происходит превышение шума на селитебный территории (неправильная, с точки зрения шумового излучения, конструкция воздушного судна; отклонение от стандартных маршрутов взлёта; нарушение этапов взлёта/посадки и пр.), а также принять меры по их снижению.

Список литературы

1. ГОСТ 22283-2014 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения»;
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (с 28.01.2021 действует новый документ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»);
3. Рекомендации по установлению зон ограничения жилой застройке в окрестностях аэропортов гражданской авиации из условий шума;
4. ГОСТ 31296.2-2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления»;
5. Федеральный закон Российской Федерации № 52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
6. Защита от шума и вибрации, Учебное пособие / Н.И. Иванов, А.Е. Шашурин; издание второе, дополненное и переработанное – Печатный цех. 2019. – 284с. ISBN 978-5-6042448-3-8.
7. 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. 132-140.
8. М.В. Буторина. «Классификация аэропортов по уровням шума и разработка шумозащитных мероприятий». Научный журнал «NOISE Theory and Practice», 2020, Том 6 №2 с. 49-62.

References

1. GOST 22283-2014. «Aircraft noise. Admissible noise levels in the region of dwelling-houses and methods of its measurement».
2. SN 2.2.4/2.1.8.562-96. «Noise at Workplaces, in Residential and Public Spaces, and in Areas of Residential Development» (New document SanPiN 1.2.3685-21 " «Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans»).
3. Recommendations for the establishment of restricted areas for residential development in the vicinity of civil aviation airports from noise conditions.
4. Federal Law Russian Federation № 52 «On the sanitary and epidemiological well-being of the population».
5. GOST 31296.2-2006 «Noise. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2. Determination of sound pressure levels».

6. Protection from noise and vibration, Textbook / N. I. Ivanov, A. E. Shashurin; second edition, supplemented and revised-Printing shop. – 2019. – 284c. ISBN 978-5-6042448-3-8.

7. O. A. Kartyshev. Work to establish the boundaries of restricted areas of residential development near airports due to the unfavorable factor "aircraft noise". Scientific Bulletin of MSTU GA, 2010, No. 160, pp. 132-140.

8. M. V. Butorina. "Classification of airports by noise levels and development of noise protection measures". Scientific journal "NOISE Theory and Practice", 2020, Vol. 6, no. 2, pp. 49-62.