

Бухтияров И.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Прокопенко Л.В., Зибарев Е.В.

Авиационный шум на территории жилой застройки, проблемы измерений и оценки

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», 105275, Москва

Увеличение числа пассажирских и грузовых перевозок авиатранспортом приводит к росту интенсивности полётов воздушных судов (ВС) гражданской авиации. Несмотря на использование авиакомпаниями малошумных моделей ВС, авиационный шум вызывает жалобы проживающих на территориях, прилегающих к аэропортам. Ситуация обостряется при приближении жилой застройки к аэродромным территориям. Проведённый анализ нормативно-методических документов, действующих в Российской Федерации, в части, касающейся измерений и оценки шума на территории жилой застройки, в том числе «авиационного шума», свидетельствует о недостаточности и нечёткости их требований. Основными недостатками являются отсутствие чёткого определения, какое звуковое событие считается «авиационным шумом», и отсутствие требований к продолжительности опорного временного интервала (reference time interval) измерения шума. Рассмотренный зарубежный опыт измерений и оценки авиационного шума, а также эффекты действия авиационного шума на население позволили определить необходимые и достаточные параметры для контроля шума на территориях жилой застройки, в том числе «авиационного шума». Предложены определение «авиационного шума» и необходимые параметры для его оценки. Обоснована продолжительность опорного временного интервала, за который определяют величины нормируемых параметров. Предложены методика определения нормируемых параметров шума на территории жилой застройки по хронограммам уровней звука А, зарегистрированным цифровым шумомером, способ их обработки и техническая реализация такого метода. Использование предлагаемого определения «авиационного шума» и установления 15-минутного опорного временного интервала для измерения нормируемых параметров в нормативно-методических документах будет способствовать исключению неоднозначности при измерениях и оценки шума на территории жилой застройки.

К л ю ч е в ы е с л о в а: шум; территория жилой застройки; здоровье; население; авиационный шум; опорный временной интервал; хронограмма; анализ событий

Для цитирования: Бухтияров И.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Прокопенко Л.В., Зибарев Е.В. Авиационный шум на территории жилой застройки, проблемы измерений и оценки. *Гигиена и санитария*. 2020; 99 (10): 1042-1048. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1042-1048>

Для корреспонденции: Курьеров Николай Николаевич, канд. биол. наук, вед. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ им. академика Н.Ф. Измерова», 105275, Москва. E-mail: courierov@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – Бухтияров И.В.; концепция и дизайн исследования, анализ нормативно-методической документации, проведение измерений на объектах, обработка результатов измерений и их анализ, написание текста – Курьеров Н.Н.; анализ нормативно-методической документации – Лагутина А.В.; анализ нормативно-методической документации, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи – Прокопенко Л.В.; организация проведения натурных измерений на объектах – Зибарев Е.В.

Поступила 01.07.2020
Принята к печати 18.09.2020
Опубликована 30.11.2020

Igor V. Bukhtiyarov, Nicolay N. Courierov, Alla V. Lagutina, Lyudmila V. Prokopenko, Evgeny V. Zibarev

Aircraft noise in residential areas, problems of measuring and evaluation

Izmerov Research Institute of Occupation Health, Moscow, 105275, Russian Federation

The intensity of civil aircraft flights elevates with the increase in the number of passenger and cargo transportation by air. Aircraft noise in the residential area near airports grows up too despite the use of low-noise aircraft models by airlines. This causes an augmentation in the number of complaints of the population in these areas. The Russian Federation's normative and methodological documents requirements in force relating to measurements and assessment of noise in residential areas, including «aircraft noise», were analyzed. Their requirements in terms of measuring and assessing noise in residential areas, including «aircraft noise», testifies to the insufficiency and ambiguity of these requirements. The main disadvantages are the lack of a clear definition of which sound event is considered «aircraft noise» and the lack of requirements for the duration of the reference time interval of noise measurement. The foreign experience of measuring and evaluating aircraft noise, as well as the effects of such noise on the population, are considered. This made it possible to determine the necessary and sufficient parameters for noise control in residential areas, including «aircraft noise». There were proposed both a definition of «aircraft noise» and the necessary parameters for its assessment. The necessary duration of the reference time interval for the measurement of normalized parameters was justified. Method for the normalized noise parameters in residential areas measurement using the chronograms of sound levels A was proposed. The technical implementation of such a method is presented. Proposed a definition of «aircraft noise» and measuring normalized

parameters in the 15-minute reference time interval for inclusion in regulatory and methodological documents will help to eliminate ambiguity in measurements and noise assessment in residential areas.

К е у о р д с : noise; the residential area; health; population; aircraft noise; reference time interval; time history; event analysis

For citation: Bukhtiyarov I.V., Courierov N.N., Lagutina A.V., Prokopenko L.V., Zibarev E.V. Aircraft noise in residential areas, problems of measuring and evaluation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2020; 99 (10): 1042-1048. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1042-1048> (In Russ.)

For correspondence: Nicolay N. Courierov, MD, Ph.D., leading researcher in physical factors laboratory of Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation. E-mail: courierov@mail.ru

Information about the authors:

Bukhtiyarov I.V., <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>; Courierov N.N., <https://orcid.org/0000-0001-7064-5849>; Lagutina A.V., <https://orcid.org/0000-0002-7177-1350>; Prokopenko L.V., <https://orcid.org/0000-0001-7767-8483>; Zibarev E.V., <https://orcid.org/0000-0002-5983-3547>

Conflict of Interest. The authors of the article have no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no financial sponsorship.

Contribution: Bukhtiyarov I.V. – concept and design of the research, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article. Courierov N.N. – concept and design of research, analysis of normative and methodological documentation, conducting measurements on objects, processing measurement results, and their analysis, writing text. Lagutina A.V. – analysis of normative and methodological documentation. Prokopenko L.V. – analysis of normative and methodological documentation, editing, responsibility for the integrity of all parts of the article. Zibarev E.V. – organization of field measurements on objects.

Received: July 01, 2020

Accepted: September 18, 2020

Published: November 30, 2020

С увеличением числа пассажирских и грузовых перевозок авиатранспортом возрастает интенсивность полётов воздушных судов (ВС) гражданской авиации. Несмотря на использование авиакомпаниями малошумных моделей ВС, авиационный шум вызывает жалобы проживающих на территориях, прилегающих к аэропортам [1]. Ситуация обостряется при приближении жилой застройки к аэродромным территориям.

В России шум от любых источников на территории жилой застройки регулируется санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96¹. Нормируемыми параметрами являются максимальные и эквивалентные уровни звука А. Метод измерения нормируемых параметров определён ГОСТ 23337-2014² и МУК 4.3.2194-07³. Действие этих нормативных документов распространяется на шумы от любых источников, в том числе на шум от ВС. Для измерений и оценки шума от ВС на территориях существует ГОСТ 22283-14⁴, который определяет нормируемые параметры авиационного шума, нормативные величины и методы их определения на территории жилой застройки.

В 2019 г. утверждены санитарные правила СП 2.1.8.3565-19⁵, которые определили «Отдельные санитарно-эпидемиологические требования при оценке непостоянного шума от пролётов воздушных судов», причём в постановлении Главного государственного санитарного врача РФ от 22.10.2019 г. № 15, которым утверждён указанный документ, слово «непостоянного» отсутствует.

Анализ нормативной базы показывает, что вышеперечисленные нормативно-правовые акты далеки от совершенства, имеют недостаточные и даже противоречивые требования и не позволяют качественно определить и оценить влияние шума от ВС на комфортные условия проживания и здоровье населения.

Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 устанавливают дифференцированные нормативные величины максимальных и эквивалентных уровней звука А для дневного и ноч-

ного времени суток, но не определяют продолжительность «опорного временного интервала» (reference time interval), за который измеряют величины нормируемых параметров. Отсутствует такое требование и в методических документах.

Однако в ГОСТ Р 53187-2008⁶, который определяет основные понятия и величины, применяемые при мониторинге шума городских территорий, и устанавливает показатели и правила проведения шумового мониторинга при комплексном воздействии всех источников шума, а также при воздействии отдельных подвижных и стационарных источников, в п. 3.3 даются определения временных интервалов, в том числе «опорного временного интервала» как интервала, в течение которого проводят определение (оценку) величины, характеризующей шум, и «интервала наблюдения» как интервала, в течение которого проводят серию измерений, которые должны быть определены в нормативных документах по контролю шума на территориях.

ГОСТ 22283-14 устанавливает максимально допустимые уровни авиационного шума на вновь проектируемых территориях жилой застройки вблизи существующих аэродромов и аэропортов, а также на территории жилой застройки городов и посёлков городского типа вокруг вновь проектируемых аэродромов и аэропортов при взлёте, пролёте и посадке самолётов и вертолётов, при опробовании двигателей на аэродромах при ведении полётов, а также устанавливает методы измерения авиационного шума.

Допустимые величины по эквивалентному уровню звука А по ГОСТ 22283-14 не отличаются от таковых по СН 2.2.4/2.1.8.562-96. По максимальному уровню звука А допустимые величины по ГОСТ 22283-14 выше на 5 дБ, чем по СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Для дневного времени допускается превышение до 10 дБ установленных допустимых уровней звука А в ряде случаев, что противоречит положениям СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (пп. 1.3, 3.4).

В ГОСТ 22283-14 не уточняются понятия «вблизи существующих аэродромов и аэропортов» и «вокруг вновь проектируемых аэродромов и аэропортов», а расстояние от территорий аэропортов и аэродромов до территорий жилой застройки имеет важное значение для определения вклада шума от ВС в суммарный уровень шума на территориях населённых пунктов от всех возможных источников, таких как шум автотранспортных средств, железнодорожного транспорта, предприятий энергетики, промышленности и торговли, жизнедеятельности и др.

⁶ ГОСТ Р 53187-2008 «Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий».

¹ СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях общественных зданий и на территории жилой застройки».

² ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий».

³ МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях».

⁴ ГОСТ 22283-14 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения».

⁵ СП 2.1.8.3565-19 «Отдельные санитарно-эпидемиологические требования при оценке непостоянного шума от пролётов воздушных судов».

Правила⁷ установления приаэродромной территории, утверждённые Постановлением правительства РФ № 1460 от 02.12.2017 г., определяют порядок выделения на приаэродромной территории семи подзон, в которых устанавливаются ограничения разной степени по использованию земельных участков и (или) расположенных на них объектов недвижимости и осуществления экономической и иной деятельности в соответствии с Воздушным кодексом Российской Федерации.

Подзоны с первой по пятую могут быть использованы только для размещения объектов инфраструктуры аэропортов, точные размеры этих подзон не определены. Шестая подзона должна быть расположена на удалении 15 км от контрольной точки аэродрома, в этой подзоне запрещено размещение объектов, способствующих привлечению и массовому скоплению птиц. В седьмой подзоне не разрешается располагать объекты, в которых ввиду превышения уровня шумового и электромагнитного воздействий, концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе возможно нарушение требований законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, точные размеры этой подзоны не определены. Решение об установлении приаэродромной территории в отношении аэродромов гражданской авиации принимается Федеральным агентством воздушного транспорта.

В п. 3.2 ГОСТ 22283-14 вместо понятия «опорный временной интервал» для определения эквивалентного уровня звука А применяется термин «регламентируемый интервал времени», его величины составляют 16 ч дневного и 8 ч ночного времени суток. Это положение не может быть применено для определения или расчётов эквивалентного уровня звука, так как равные по энергии звуковые события (или ряд звуковых событий), проинтегрированные на различающихся в два раза по продолжительности опорных интервалах, дадут результаты, отличающиеся на 3 дБ (в 2 раза по энергии).

Определение величины «опорного временного интервала» имеет важное значение при измерении параметров нормативных величин, которые должны обеспечивать соответствие задаваемым критериям.

Санитарные правила СП 2.1.8.3565-19 установили требование к оценке авиационного шума по нормативу эквивалентного уровня звука для территорий, непосредственно прилегающих к жилой застройке, которое не может быть выполнено без обоснования корректного метода измерений самого эквивалентного уровня звука.

Профессиональным заболеванием при действии шума с уровнями выше ПДУ является потеря слуха, вызванная шумом (сенсоневральная тугоухость Н83.3). Основной нормируемой величиной для производственного шума является эквивалентный уровень звука А за рабочую смену, то есть определённый за «опорный временной интервал», равный 8 ч.

Критериями оценки шума в помещениях жилых зданий и на территории жилой застройки являются обеспечение комфортных условий проживания и отсутствие нарушений здоровья. В табл. 2 МР 2.1.10.0059-12⁸ приведены различные эффекты нарушения здоровья при действии шума в ночное время, различной степени доказанности, соответствующие им показатели и их величины. Основные эффекты с высокой степенью доказанности связаны с различными нарушениями сна. Систематическое нарушение сна приводит к хронической бессоннице, заболеваниям нервной и сердечно-сосудистой системы. Показателем, при котором наблюдаются нарушения сна, является максимальный уровень звука А [2].

В обзорной публикации Федерального авиационного управления США (FAA) [3], посвящённой различным вопросам по влиянию авиационного шума на население, в том числе методам его измерения и оценки, кроме традиционных параметров — максимального и эквивалентного уровней звука А, измеренных за определённый временной интервал, — рассматривается использование таких параметров, как «уровень экспозиции звука» (L_{EX} или SEL) и средний уровень шума в дневное и ночное время (DNL) [4]. SEL — это эквивалентный уровень звука А отдельного звукового события произвольной длительности, приведённый к опорному интервалу длительностью 1 с. DNL — расчётный параметр для отражения кумулятивного воздействия звука на человека в течение 24-часового периода, выраженного в виде уровня шума для «среднего дня года», определяемый на основе измерений ежегодных полётов воздушных судов. Причём FAA рассматривает DNL как стандартизованный интегральный параметр для оценки шума, используемый для всех исследований FAA по авиационному шуму в аэропортах. В Европе используется практически аналогичный параметр L_{den} (средний уровень шума в дневное, вечернее и ночное время), определённый Директивой 2002/49/ЕС [5].

Основным неблагоприятным эффектом от действия авиационного шума на людей FAA рассматривает «раздражение», которое является совокупной мерой общей негативной реакции. Риск заболеваемости населения при этом не учитывается.

В то же время группа исследователей, работавших по проекту HYENA (гипертония и воздействие шума вблизи аэропортов) [6], установила связь между возникающим раздражением на авиационный шум и повышением артериального давления (AD), также показано, что увеличение AD во время ночного сна наблюдалось в течение 15 мин после того, как происходило лётное событие с максимальным уровнем звука А более 35 дБ [7]. Энцефалографические реакции пробуждения обнаруживались при звуковых событиях с максимальным уровнем $L(AF)^9$, превышающим 40–45 дБ, например, при полётах самолётов [8]. Систематическое раздражение, нарушения сна и повышение AD приводят к формированию хронических кардиоваскулярных заболеваний [9]. Исследования эффектов действия авиационного шума на население позволяют разработать модели формирования общей реакции организма на авиационный шум [10].

В отличие от действия производственного шума, где доказано энергетическое соответствие эффектов длительного действия шума на человека, в коммунальной сфере преобладают психофизиологические реакции, которые возникают и угасают за короткое время. Это время можно ориентировочно определить равным 10–15 мин, и соответственно контролировать и оценивать нормируемые параметры шума следует за опорные интервалы времени не более 0,25 ч. Увеличение продолжительности опорных интервалов будет «размывать» вклад значимых шумовых событий по интервалу наблюдения.

Оценку действия шума на людей, проживающих в населённых пунктах вблизи трасс пролёта ВС, следует производить по параметрам, которые непосредственно характеризуют влияние на комфортность условий проживания и здоровье населения. Такими параметрами могут быть эквивалентный и максимальный уровни звука А, измеряемые за каждые 15 мин в течение суток.

Несоответствием допустимым уровням следует считать превышение соответствующих нормативных величин максимальных и эквивалентных уровней звука А в любом опорном временном интервале в течение суток.

⁷ Правила выделения на приаэродромной территории подзон. Утв. пост. правительства РФ № 1460 от 02.12.2017 г.

⁸ МР 2.1.10.0059-12 «Методические рекомендации. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума».

⁹ $L(AF)$ — уровень звука А, измеренный с временной коррекцией шумомера «быстро» (постоянная времени 125 мс).

На любой территории жилой застройки можно определить несколько источников шума как техногенного, так и естественного происхождения, которые будут определять шумовую обстановку в целом. МУК 4.3.2194-07 определяет следующий примерный перечень источников шума на территории жилой застройки:

- различные предприятия;
- транспорт автомобильный, рельсовый, воздушный и др.;
- звукоусилительные устройства, в том числе рекламные;
- ремонтные и строительные работы;
- системы вентиляции и кондиционирования;
- погрузо-разгрузочные работы.

К этому перечню можно добавить шум от жизнедеятельности, шум ветра, шелест листвы и др. Действуя одновременно, источники создают сложную шумовую картину, определяемую как «суммарный» шум от различных источников.

На рис. 1 показана условная хронограмма различных шумовых событий на территории пригородного населённого пункта.

Для выделения и измерения шума определённого источника применяют различные методические и технические приёмы, при которых имеется возможность достоверной оценки вклада шума определённого источника в общую картину. Часть общего шума является шумом известного источника, если может быть определена и приписана известному источнику. Часть общего шума при отключении одного или нескольких известных источников является фоновым (остаточным) шумом.

Шум на территории жилой застройки при пролёте вблизи неё ВС также является «суммарным» явлением, так как в это же время могут действовать различные источники шума. В ГОСТ 22283-14 не содержится чёткое определение «авиационного шума», однако в п. 4.5 записано, что не следует проводить измерения в случаях, когда уровень шумового фона отличается от уровней шума самолётов менее чем на 10 дБ, без уточнения, какой из нормируемых параметров должен удовлетворять этому требованию.

Учитывая это, можно сформулировать определение «авиационного шума» как шума во время пролёта ВС вблизи точки измерений, если максимальный уровень звука А, измеренный с временной коррекцией «медленно», будет превышать текущие уровни звука А фонового шума до и после пролёта ВС на величину не менее чем на 10 дБ. В других случаях этот шум не может быть определён как «авиационный шум», следует рассматривать как «суммарный» шум от различных источников.

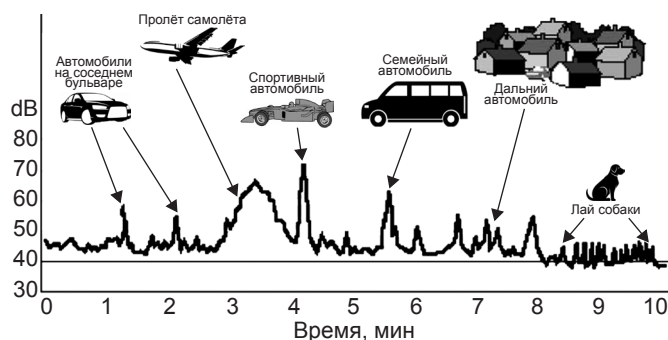


Рис. 1. Типичный уличный звук, измеренный в пригороде на тихой улице [11].

Порядок оценки шума на территории жилой застройки должен включать:

- измерения уровней звука А за опорные интервалы времени, в том числе во время пролёта ВС;
- определение измеренного шума как «авиационный шум».

Для последующей оценки на соответствие требованиям отечественных нормативных документов измеряются следующие параметры:

- эквивалентный уровень звука А «суммарного» шума за опорный временной интервал;
- эквивалентный уровень звука А фонового (остаточного) шума за опорный временной интервал;
- максимальные уровни звука А каждого шумового события за опорный временной интервал, в том числе в моменты пролёта ВС над точкой измерения;
- текущие и эквивалентные уровни звука А фонового шума за промежутки времени до и после пролёта ВС.

Для временной привязки шумовых событий к результатам проводимых измерений уровней звука необходимо вести соответствующий журнал регистрации.

Необходимые параметры шума возможно определить по хронограммам уровней звука А, измеренных с временной коррекцией «медленно» за несколько опорных временных интервалов в интервале наблюдения. Пример такой хронограммы измерений, выполненных в исследовании [9], представлен на рис. 2.

Техническая реализация такого метода измерений возможна при применении современных цифровых шумомеров (регистраторов) и соответствующего программного обеспечения (ПО) [13].

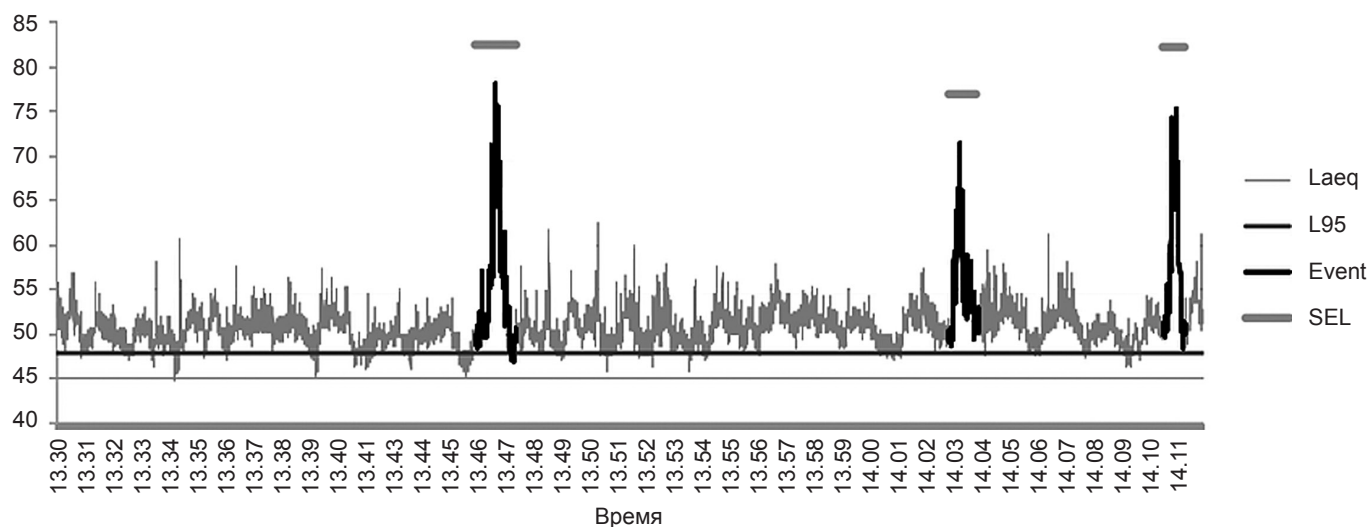
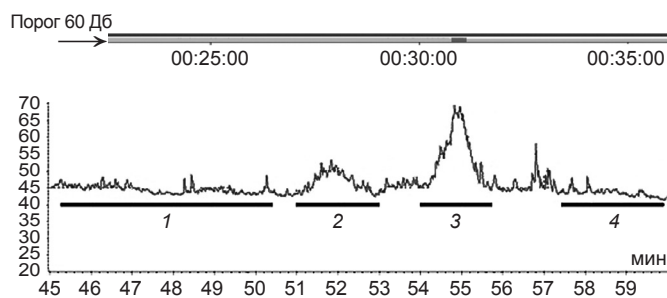


Рис. 2. Хронограмма измерения шума при посадке в самолёте с анализом событий [12].



	tc, c	L _{A,eq} (t _{ev}), дБ	L _{A,s} (max), дБ
1 – остаточный (фоновый) шум	332	44,6	48,7
2 – пролёт воздушного судна	125	47,7	53,3
3 – пролёт воздушного судна	111	61	69,6
4 – остаточный (фоновый) шум	149	44	50,6

Рис. 3. Хронограмма уровня звука А за опорный временной интервал с 00:21 до 00:36.

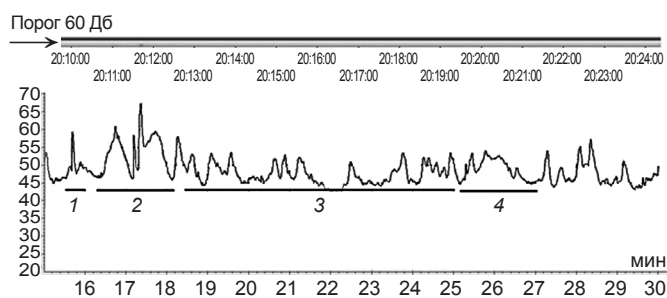
На рис. 3 показана хронограмма уровней звука А за опорный временной интервал 15 мин, выполненных многофункциональным регистратором «Экофизика» с функцией «ЭкоЗвук» в режиме «Мультизапись», построенная и обработанная ПО «Signal+3G». За этот опорный временной интервал зарегистрированы два пролёта ВС во время 00:28 и 00:31 (пример 1).

За опорный временной интервал с 00:21 до 00:36 были определены следующие уровни звукового давления и уровни звука А (табл. 1).

Согласно положениям п. 4.5 ГОСТ 23337-2014, шум для акустического события 2 не может быть определён как «авиационный шум» и может рассматриваться только как суммарный шум различных источников.

Шум для акустического события 3 удовлетворяет критерию п. 4.5 ГОСТ 23337-2014 и может рассматриваться как «авиационный шум». Максимальный уровень звука А для этого события превышает практически на 10 дБ допустимые уровни, установленные СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для ночного времени. Эквивалентный уровень звука А «суммарного» шума за опорный временной интервал с 00:21 до 00:36 составил 52 дБ, а фонового шума (за исключением событий 2 и 3) – 45 дБ.

Пример 1, представленный на рис. 3, выполнен в почти идеальных условиях, в населённом пункте, расположенном вдали от транспортных магистралей, промышленных предприятий и др. Фоновый шум на его территории был обуслов-



	tc, c	L _{A,eq} (t _c), дБ	L _{A,s} (max), дБ
1 – сигнал электропоезда	18	51,3	59,2
2 – сигнал и проезд электропоезда	107	56,5	67,2
3 – шум без значимых источников	357	48,6	53,6
4 – пролёт воздушного судна	104	50,3	54

Рис. 4. Хронограмма уровня звука А за период наблюдения с 20:09 до 20:24.

лен жизнедеятельностью жителей этого населённого пункта и естественными источниками шума.

В табл. 2 приведены результаты расчётов показателя L_{EX} для каждого звукового события и суточных показателей L_{den} и DNL для условия, если бы события, зарегистрированные за пятнадцатиминутный опорный интервал, повторялись в течение суток.

На рис. 4 представлена хронограмма уровней звука А за опорный временной интервал 15 мин с 20:09 до 20:24 в населённом пункте, расположенном вблизи железнодорожной магистрали (пример 2). За этот опорный временной интервал зарегистрирован один пролёт ВС в 20:20.

За период наблюдения с 20:09 до 20:24 зарегистрированы следующие уровни звукового давления и уровни звука А (табл. 3).

Эквивалентный уровень звука А «суммарного» шума за опорный временной интервал с 20:09 до 20:24 составил 50,8 дБ, а фонового шума (за исключением события 4) составил 51 дБ. Такое соотношение этих величин возможно, когда эквивалентный уровень звука А за интервал времени во время пролёта ВС был меньше, чем за всю остальную часть опорного временного интервала.

Согласно положениям п. 4.5 ГОСТ 23337-2014², шум для акустического события 4 не может быть определён как «авиационный шум» и может рассматриваться только как суммарный шум от различных источников. Результаты измерений уровней звука А шума без значимых источников и шума при пролёте ВС практически не отличаются.

Таблица 1

Уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука А за опорный временной интервал с 00:21 до 00:36

Время	L _{p,oct,eq}									L(AS) min	L(AS) max	L(A) eq
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
00:21–00:36	67,2	62,2	53,1	49,1	47,5	43,8	33,0	25,3	24,7	41,2	69,6	52,0

Таблица 2

Результаты расчётов показателя L_{EX} и суточных показателей L_{den} и DNL для примера 1

№ события	tc, c	L _{A,s} (max), дБ	L _{A,eq} (t _c), дБ	L _{A,eq} (0,25), дБ	L _{EX} , дБ	DNL, дБ	L _{den} , дБ
1	332	48,7	44,6	52	73,9	58,4	58,4
2	125	53,3	47,7	52	74,3	58,4	58,4
3	111	69,6	61	52	90,1	58,4	58,4
4	149	50,6	44	52	72,3	58,4	58,4

Таблица 3

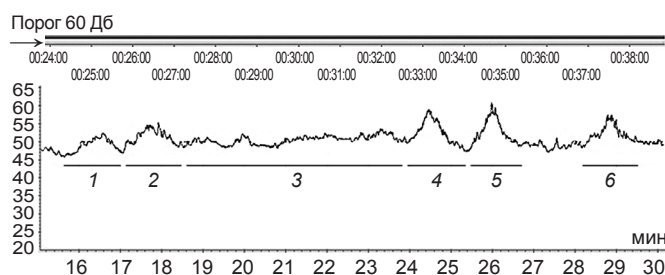
Уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука А за опорный временной интервал с 20:09 до 20:24

Время	$L_{p, oct, eq}$									L(AS) min	L(AS) max	L(A) eq
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
20:09–20:24	59,4	60,3	50,6	44,5	47,5	47,6	41,7	30,6	26,2	42,1	67,2	50,8

Таблица 4

Результаты расчётов показателя L_{EX} и суточных показателей L_{den} и DNL для примера 2

№ события	tc, с	$L_{A, S}$ (max), дБ	$L_{A, eq}$ (tc), дБ	$L_{A, eq}$ (0,25), дБ	L_{EX} , дБ	DNL, дБ	L_{den} , дБ
1	18	59,2	51,3	50,8	71,8	57,2	57,2
2	107	67,2	56,5	50,8	87,5	57,2	57,2
3	357	53,6	48,6	50,8	79,1	57,2	57,2
4	104	54	50,3	50,8	74,2	57,2	57,2



	tc, с	$L_{A, eq}$ (tc), дБ	$L_{A, S}$ (max), дБ
1 – пролёт воздушного судна	84	49,5	52,3
2 – пролёт воздушного судна	72	51,8	53,5
3 – шум без значимых источников	312	50,6	53,6
4 – пролёт воздушного судна	72	54,3	58,9
5 – пролёт воздушного судна	72	53,8	61,1
6 – пролёт воздушного судна	78	52,9	57,5

Рис. 5. Хронограмма уровня звука А за период наблюдения с 00:24 до 00:39.

В табл. 4 приведены результаты расчётов показателей L_{EX} , L_{den} и DNL для примера 2, определённые аналогично примеру 1.

На рис. 5 представлена хронограмма уровней звука А за опорный временной интервал 15 мин с 00:24 до 00:39 в центре населённого пункта, расположенного вдали от транспортных магистралей (пример 3). За этот опорный времен-

ной интервал зарегистрированы пять пролётов ВС в 00:25, 00:26, 00:33, 00:35 и 00:37.

За период наблюдения с 00:24 до 00:39 зарегистрированы следующие уровни звукового давления и уровни звука А (табл. 5).

Согласно положениям п. 4.5 ГОСТ 23337-2014, ни одно акустическое событие при пролёте ВС за этот опорный временной интервал не может быть определено как «авиационный шум» и может рассматриваться только как суммарный шум от различных источников.

Эквивалентный уровень звука А «суммарного» шума за опорный временной интервал с 00:24 до 00:39 составил 51,4 дБ, а фонового шума (за исключением событий 1, 2, 4, 5 и 6) составил 50,1 дБ.

В табл. 6 приведены результаты расчётов показателей L_{EX} , L_{den} и DNL для примера 3, определённые аналогично примеру 1.

Приведённые примеры анализа звуковых событий с помощью специального программного обеспечения демонстрируют эффективность метода определения необходимых параметров шума на территории жилой застройки, в том числе шума при пролёте ВС, для их оценки на соответствие требованиям санитарных норм и возможного определения шума звукового события как «авиационный шум».

Расчёт параметров, используемых FAA, позволяет сделать вывод, что такие параметры шума, как DNL, L_{den} и эквивалентный уровень звука А, измеренные за длительные (несколько часов) опорные временные интервалы, могут быть полезны для оценки изменений уровней шума в аэропортах

Таблица 5

Уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука А за опорный временной интервал с 00:24 до 00:39

Время	$L_{p, oct, eq}$									L(AS) min	L(AS) max	L(A) eq
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
00:24–00:39	54,8	57,7	50,3	44,0	49,9	47,8	41,0	42,9	44,6	45,7	61,1	51,4

Таблица 6

Результаты расчётов показателя L_{EX} и суточных показателей L_{den} и DNL для примера 3

№ события	tc, с	$L_{A, S}$ (max), дБ	$L_{A, eq}$ (tc), дБ	$L_{A, eq}$ (0,25), дБ	L_{EX} , дБ	DNL, дБ	L_{den} , дБ
1	84	52,3	49,5	51,4	71,5	57,8	57,8
2	72	53,5	51,8	51,4	72,1	57,8	57,8
3	312	53,6	50,6	51,4	78,5	57,8	57,8
4	72	58,9	54,3	51,4	77,5	57,8	57,8
5	72	61,1	53,8	51,4	79,7	57,8	57,8
6	78	57,5	52,9	51,4	76,4	57,8	57,8

и на прилегающих территориях в зависимости от интенсивности полётов, времени года и др., а также позволяют сравнивать аэропорты по экологической безопасности.

Уровень экспозиции звука (SEL) обычно применяется для оценки кратковременных (импульсных) звуковых событий, его целесообразно применять для сравнения шумности ВС разных типов, например, при их испытаниях, в условиях, когда возможно измерить эффективную длительность авиационного шума на фоне шума от других источников звука. Величины максимального и эквивалентного уровня звука А, измеренные за 15-минутные опорные временные интервалы, представляют исчерпывающие данные для оценки неблагоприятного действия шума.

Следует отметить, что для регистрации и анализа цифровых хронограмм уровней звука можно использовать шумомеры и соответствующее программное обеспечение (ПО) других производителей, например, анализатор шума и вибрации «Ассистент» с ПО «Assistant Data Center», шумомеры «Svantek» с ПО «Помощник» или «SvanPC+» и др.

Заключение

1. Проведённый анализ нормативно-методических документов, действующих в Российской Федерации, в части, касающейся измерений и оценки шума на территории жилой застройки, в том числе «авиационного шума», показывает недостаточность, нечёткость и неоднозначность установленных требований.

2. Сформулировано определение «авиационного шума» как шума во время пролёта ВС вблизи точки измерений, если максимальный уровень звука А, измеренный с временной коррекцией «медленно», будет превышать текущие уровни звука А фонового шума до и после пролёта ВС на величину не менее чем на 10 дБ.

3. Нормируемыми параметрами шума на территории жилой застройки, в том числе «авиационного шума», следует считать максимальные и эквивалентные уровни звука А, измеренные за каждый опорный временной интервал продолжительностью 15 мин в течение суток, как параметры, наиболее адекватно характеризующие влияние на комфортность проживания и здоровье населения. Несответствием гигиеническим нормативам следует считать превышение допустимых уровней этих параметров за любой опорный временной интервал в течение суток.

4. Предложенный метод анализа цифровых хронограмм уровней звука А при помощи специального программного обеспечения позволяет определить необходимые параметры для оценки шума на территории жилой застройки от различных источников на соответствие требованиям санитарных норм и возможного определения звукового события как «авиационный шум».

5. Включение в нормативно-методические документы предлагаемого определения «авиационного шума» и установления 15-минутного опорного временного интервала для измерения нормируемых параметров будет способствовать активизации оценки шума на территории жилой застройки.

Литература / References

1. The Washington Post. Analysis: Where noisy roads and airports take the biggest toll on our health and sanity. Available at: <https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2017/03/29/where-noisy-roads-and-airports-take-the-biggest-toll-on-our-health-and-sanity/>
2. WHO. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe; 2011. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>
3. United States Department of Transportation. Aviation Noise; 2018. Available at: [https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/noise/e-CFR PART 150 – Airport noise compatibility planning](https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/noise/e-CFR%20PART%20150-Airport%20noise%20compatibility%20planning). Available at: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?mc=true&node=pt14.3.150&rgn=div5>
4. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=EN>
5. Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Katsouyanni K., Velonakis M., Cadum E., et al. Association between noise annoyance and high blood pressure. Preliminary results from the HYENA study. In: *36th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*. Istanbul; 2007
6. Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Cadum E., Katsouyanni K., Velonakis M., et al. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years – results of the HYENA study. *Environ. Int.* 2009; 35(8): 1169–76. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.012>
7. Babisch W. Noise and Health. *Environ. Health Perspect.* 2005; 113(1): A14–5. <https://doi.org/10.1289/ehp.113-a14>
8. Peters J.L., Zevitas C.D., Redline S., Hastings A., Sizov N., Hart J.E., et al. Aviation noise and cardiovascular health in the United States: a review of the evidence and recommendations for research direction. *Curr. Epidemiol. Rep.* 2018; 5(2): 140–52. <https://doi.org/10.1007/s40471-018-0151-2>
9. Kroesen M., Schreckenber D. A measurement model for general noise reaction in response to aircraft noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 2011; 129(1): 200–10. <https://doi.org/10.1121/1.3514542>
10. Akbari M. Review of Sustainable Environmental Development Strategies. *Int. J. Adv. Res.* 2018; 4: 18–27.
11. Kountouras M., Curcurut S., Mazzocchi E., Sacchetti F., Silvaggio R., Vaccaro L. Noise characterization and management of Italian city airports: experiences and proposals; 2014. Available at: https://www.researchgate.net/figure/Aircraft-pass-by-landings-noise-measurement-time-history-with-event-analysis_fig5_305115533
12. Fleming G.G., Volpe J.A. *DTS-75-FA653-LR5. Aircraft Noise Measurement. Instrumentation and Techniques*. Washington; 1996.