



Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Джикья И.З.

## Технология измерения авиационного шума на территории жилой застройки с применением хронограмм уровней звука

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

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Шум при пролёте воздушных судов (ВС) над территорией жилой застройки (авиационный шум) оказывает неблагоприятное (вредное) воздействие на здоровье населения. Действующие нормативные документы некорректно определяют параметры шума при пролёте ВС и не позволяют правильно оценить влияние шума на условия проживания и здоровье населения. Оценка шума среды обитания должна проводиться по результатам измерений эквивалентного и максимального уровней звука *A* за опорные временные интервалы длительностью 15 мин в представительные периоды наблюдения в дневное и ночное время суток или за все 24 ч.

С введением в действие СанПиН 1.2.3685–21 и отменой СП 2.1.8.3565–19 требования к определению возможности размещения объектов капитального строительства в седьмой подзоне приаэродромной территории определены Методикой установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчёта и оценки рисков для здоровья человека, утверждённой приказом Роспотребнадзора от 07.12.2022 г. № 664. Этот приказ и приказы Роспотребнадзора от 28.02.2024 г. № 150 и от 05.12.2024 г. № 963 о внесении изменений в Методику не касаются проблем корректности измерений нормируемых и вспомогательных параметров авиационного шума.

**Материалы и методы.** Проанализированы требования нормативно-методических документов к измерениям нормируемых параметров шума. Прямые измерения уровней звука проводились цифровыми приборами, обработка результатов осуществлялась с помощью специального программного обеспечения по хронограммам уровней звука *A* акустических событий при пролёте ВС.

**Результаты.** Впервые разработаны правила для определения уровня фонового шума и продолжительности действия авиационного шума. Обоснованы предложения по совершенствованию требований МУК 4.3.3722–21.

**Ограничение исследования.** Исследование ограничено областью применения МУК 4.3.3722–21.

**Заключение.** Разработана и научно обоснована на основе прогноза оценочного уровня звука технология определения параметров авиационного шума на территории жилой застройки для гигиенического контроля и оценки возможности размещения объектов капитального строительства в седьмой подзоне приаэродромной территории.

**Ключевые слова:** авиационный шум; опорный временной интервал; хронограмма; анализ событий

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Джикья И.З. Технология измерения авиационного шума на территории жилой застройки с применением хронограмм уровней звука. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(2): 102–109. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-102-109> <https://elibrary.ru/lnlcpp>

Для корреспонденции: Курьеров Николай Николаевич, e-mail: [courierov@mail.ru](mailto:courierov@mail.ru)

**Вклад авторов:** Бухтияров И.В. — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей; Прокопенко Л.В. — анализ нормативно-методической документации, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи; Курьеров Н.Н. — концепция и дизайн исследования, анализ нормативно-методической документации, проведение измерений на объектах, обработка результатов измерений и их анализ, написание текста; Лагутина А.В. — анализ нормативно-методической документации, написание текста; Джикья И.З. — проведение измерений на объектах.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 12.05.2025 / Поступила после доработки: 20.11.2025 / Принята к печати: 02.12.2025 / Опубликовано: 13.03.2026

Igor V. Bukhtiyarov, Ludmila V. Prokopenko, Nikolay N. Courierov, Alla V. Lagutina, Iliya Z. Dzhikiya

## Aircraft noise measuring technology in residential areas using sound level chronograms

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

### ABSTRACT

**Introduction.** The noise under the aircraft fly pass is the one of many sources of noise in residential areas. The domestic regulatory documentation concerning noise measurements and assessment in residential areas contains insufficient and even contradictory requirements which fail to allow determining correct acoustic parameters and the impact of aircraft noise assessment on comfortable living conditions and public health. It is necessary to measure the equivalent and maximum sound levels *A* for reference intervals of 15 minutes during representative observation periods during the day and night, or for the entire 24 hours.

With the introduction of SanPiN 1.2.3685–21 and the cancellation of SP 2.1.8.3565–19, the requirements for determining of the possibility of placing capital construction facilities in the seventh subzone of the airfield territory are determined by the Methodology for establishing the seventh subzone of the airfield territory, calculating and assessing risks to human health, approved by Order of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing (Rosпотребнадзор) dated 12/07/2022 N 664. This order and orders of Rosпотребнадзор dated 02/28/2024 No 150 and No. 963 dated 05.12.2024 on amendments to the Methodology do not address the problems of the correctness of measurements of normalized and auxiliary parameters of the aircraft noise.

**Materials and methods.** The requirements of regulatory and methodological documents on measurements of normalized noise parameters have been analyzed. Direct measurements of sound levels were taken using digital instruments. The measurement results processing were based on the analysis of sound level chronograms, which were processed using special software.

**Results.** The rules for determining the level of background noise and the duration of aircraft noise have been proposed. Proposals for improving the requirements of MUC 4.3.3722–21 have been developed and substantiated.

**Limitation.** The study is limited to the scope of MUC 4.3.3722–21.

**Conclusion.** Aircraft noise in residential areas measuring technology with chronograms of sound levels analyzing for hygienic control and justification of the possibility of placing capital construction facilities in the seventh subzone of the airfield area based on a predictive assessment of the sound level has been developed and scientifically substantiated.

**Keywords:** aircraft noise; reference time interval; time history; event analysis

**Compliance with ethical standards.** The study does not require a biomedical ethics committee opinion.

**For citation:** Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Courierov N.N., Lagutina A.V., Dzhikiya I.Z. Aircraft noise measuring technology in residential areas using sound level chronograms. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(2): 102–109. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-2-102-109> <https://elibrary.ru/lnlepp> (In Russ.)

**For correspondence:** Nikolay N. Courierov, e-mail: courierov@mail.ru

**Contribution:** Bukhtiyarov I.V. – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Prokopenko L.V. – concept and design of the study, editing, 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 the study, analysis of normative and methodological documentation, field measurements, calculations and analysis of results, writing the text; Lagutina A.V. – analysis of normative and methodological documentation, writing the text, editing; Dzhikiya I.Z. – field measurements.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study had no sponsorship.

Received: May 12, 2025 / Revised: November 11, 2025 / Accepted: December 2, 2025 / Published: March 13, 2026

## Введение

Авиационный шум – шум при пролётах воздушных судов (ВС) вблизи или над населёнными пунктами, оказывающий неблагоприятное (вредное) воздействие на здоровье населения. Шум при пролётах воздушных судов является одной из составляющих суммарного шума на территориях жилой застройки от различных источников, таких как автомобильный и железнодорожный транспорт, промышленные предприятия, строительная техника на строящихся объектах [1].

Повышенные уровни шума на территории жилой застройки и в помещениях жилых зданий вызывают жалобы населения на шум (далее – шум среды обитания) и приводят к негативным последствиям для здоровья, проявляющимся в нарушениях сна, расстройствах нервной системы, болезнях системы кровообращения. Вредное действие шума среды обитания в отличие от производственного обусловлено психофизиологическими реакциями, возникающими и угасающими за короткое время (10–15 мин) [2–9], поэтому оценка шума должна проводиться по результатам измерений эквивалентного и максимального уровней звука А за пятнадцатиминутные опорные интервалы за представительные периоды наблюдения в дневное и ночное время суток или за все 24 ч [1]. Применение других показателей, таких как уровень экспозиции звука (LEX или SEL), средний уровень шума в дневное и ночное время (DNL) [10] и Lden (средний уровень шума в дневное, вечернее и ночное время), определённый Директивой 2002/49/ЕС [11] в дополнение к показателям, принятым в нашей стране, будет излишним [1].

Возможность размещения объектов капитального строительства (ОКС) в седьмой подзоне приаэродромной территории до 2021 г. обосновывалась СП 2.1.8.3565–19<sup>1</sup> по прогнозу эквивалентного уровня звука А. С введением в действие СанПиН 1.2.3685–21<sup>2</sup>, отменивших СП 2.1.8.3565–19, определение возможности размещения ОКС в седьмой подзоне приаэродромной территории устанавливается приказами Роспотребнадзора от 07.12.2022 г. № 664<sup>3</sup>, от 28.02.2024 г. № 150<sup>4</sup>

<sup>1</sup> СП 2.1.8.3565–19 Отдельные санитарно-эпидемиологические требования при оценке непостоянного шума от пролётов воздушных судов. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/7282280/>

<sup>2</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202504090006>

<sup>3</sup> Приказ Роспотребнадзора от 07.12.2022 г. № 664 «Об утверждении Методики установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчёта и оценки рисков для здоровья». URL: <https://pravo.ppt.ru/prkaz/rospotrebnadzor/n-963-307034>

<sup>4</sup> Приказ Роспотребнадзора от 28.02.2024 г. № 150 «О внесении изменения в приказ Роспотребнадзора от 07.12.2022 г. № 664 «Об утверждении Методики установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчёта и оценки рисков для здоровья человека». URL: <https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402280010?ysclid=mha9w624ri723055289>

и от 05.12.2024 г. № 963<sup>5</sup>. Эти приказы не касаются корректности измерений нормируемых и вспомогательных параметров авиационного шума.

Метод измерения нормируемых параметров шума и порядок расчёта прогнозируемого эквивалентного уровня звука А на территории жилой застройки регламентированы Методическими указаниями МУК 4.3.3722–21<sup>6</sup>.

Методика установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчёта и оценки рисков для здоровья человека содержит требования к измерению параметров авиационного и фонового шума и расчёта прогнозируемого оценочного уровня звука. Эти требования в основном повторяют положения МУК 4.3.3722–21, однако в части определения фонового шума есть различие: МУК не содержит конкретных указаний, как измерять фоновый шум. В п. 6.7 МУК имеется рекомендация о возможности определения параметров фонового шума при анализе хронограмм. В методической части приказа № 664 сказано, что уровень фонового шума следует определять «в период, предшествующий пролёту ВС, составляющий не более 15 минут».

Кроме того, действует ряд документов, определяющих нормативные показатели и их величины, методы измерения шума на территории жилой застройки, в помещениях жилых и общественных зданий, в том числе и авиационного шума: ГОСТ 23337–2014<sup>7</sup>, ГОСТ 22283–14<sup>8</sup>, ГОСТ Р 53187–2008<sup>9</sup>, ГОСТ 31296.1–2005 (ИСО 1996–1:2003)<sup>10</sup>, ГОСТ 31296.2–2006 (ИСО 1996–2:2007)<sup>11</sup>.

Отсутствие определения термина «авиационный шум», требований к продолжительности «опорного временного интервала» (reference time interval) и методике измерения фонового шума не позволяет корректно определить аку-

<sup>5</sup> Приказ Роспотребнадзора от 05.12.2024 г. № 963 «О внесении изменения в приказ Роспотребнадзора от 07.12.2022 г. № 664 «Об утверждении Методики установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчёта и оценки рисков для здоровья человека». URL: <https://pravo.ppt.ru/prkaz/rospotrebnadzor/n-963-307034>

<sup>6</sup> Методические указания МУК 4.3.3722–21 Контроль уровней шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Утв. Роспотребнадзором 27 декабря 2021 г. URL: <https://www.garant.ru/>

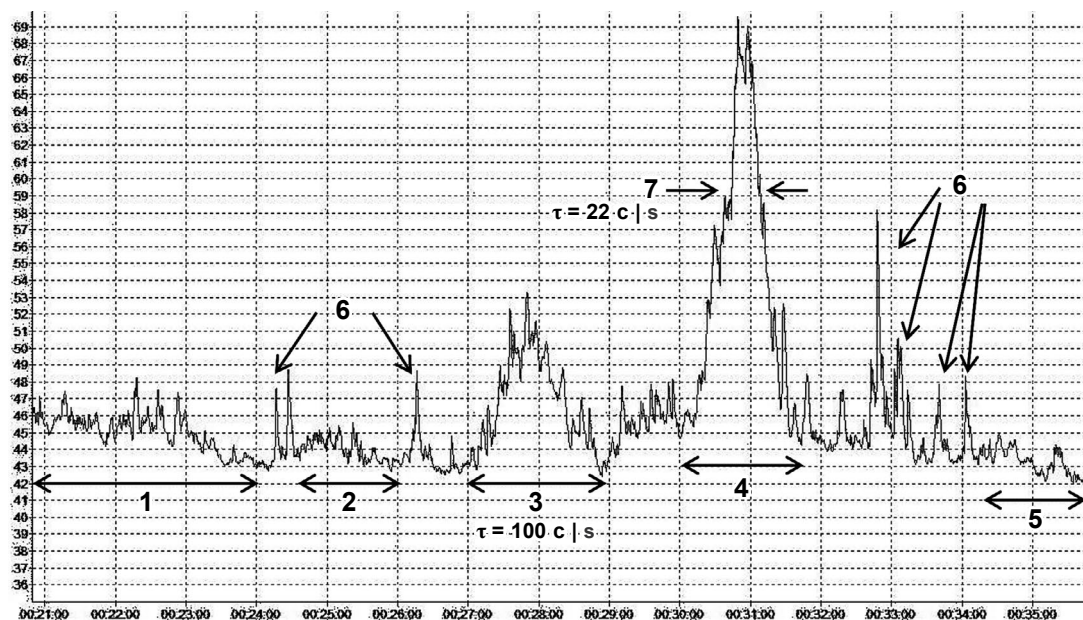
<sup>7</sup> ГОСТ 23337–2014 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200114242>

<sup>8</sup> ГОСТ 22283–14 Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200112157>

<sup>9</sup> ГОСТ Р 53187–2008 Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200069469>

<sup>10</sup> ГОСТ 31296.1–2005 (ИСО 1996–1:2003) Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200046350>

<sup>11</sup> ГОСТ 31296.2–2006 (ИСО 1996–2:2007) Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200062369>



**Рис. 1.** Хронограмма уровня звука А при пролёте ВС за пятнадцатиминутный опорный временной интервал: 1 – фоновый шум ( $t_{c1} = 190$  с,  $L_{A,S}(\min) = 42,9$  дБ  $L_{A,S}(\max) = 48,2$  дБ  $L_{A,eq}(t_{c1}) = 44,1$  дБ); 2 – фоновый шум ( $t_{c2} = 96$  с,  $L_{A,S}(\min) = 42,7$  дБ  $L_{A,S}(\max) = 45,6$  дБ  $L_{A,eq}(t_{c2}) = 44$  дБ); 3 – пролёт ВС ( $t_{c3} = 96$  с,  $L_{A,S}(\min) = 42,5$  дБ  $L_{A,S}(\max) = 53,3$  дБ  $L_{A,eq}(t_{c3}) = 47,6$  дБ); 4 – пролёт ВС ( $t_{c4} = 80$  с,  $L_{A,S}(\min) = 42,2$  дБ  $L_{A,S}(\max) = 69,6$  дБ  $L_{A,eq}(t_{c4}) = 60,1$  дБ); 5 – фоновый шум ( $t_{c5} = 100$  с,  $L_{A,S}(\min) = 41,2$  дБ  $L_{A,S}(\max) = 44,9$  дБ  $L_{A,eq}(t_{c5}) = 43,2$  дБ); 6 – кратковременные акустические события от случайных посторонних источников; 7 –  $\tau = 22$ с – продолжительность акустического события по п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21.

**Fig. 1.** Chronogram of sound level A during the aircraft fly pass over a fifteen-minute reference time interval: 1 – background noise ( $t_{c1} = 190$  s,  $L_{A,S}(\min) = 42.9$  dB  $L_{A,S}(\max) = 48.2$  dB  $L_{A,eq}(t_{c1}) = 44.1$  dB); 2 – background noise ( $t_{c2} = 96$  s,  $L_{A,S}(\min) = 42.7$  dB  $L_{A,S}(\max) = 45.6$  dB  $L_{A,eq}(t_{c2}) = 44$  dB); 3 – aircraft fly pass by ( $t_{c3} = 110$  s,  $L_{A,S}(\min) = 42.5$  dB  $L_{A,S}(\max) = 53.3$  dB  $L_{A,eq}(t_{c3}) = 47.6$  dB); 4 – aircraft fly pass by ( $t_{c4} = 86$  s,  $L_{A,S}(\min) = 42.2$  dB  $L_{A,S}(\max) = 69.6$  dB  $L_{A,eq}(t_{c4}) = 60.1$  dB); 5 – background noise ( $t_{c5} = 100$  s,  $L_{A,S}(\min) = 41.2$  dB  $L_{A,S}(\max) = 44.9$  dB  $L_{A,eq}(t_{c5}) = 43.2$  dB); 6 – short-term acoustic events from random extraneous sources; 7 –  $\tau = 22$  s – the acoustic event duration according to clause 9.10.2 of MUC 4.3.3722–21.

стические и временные параметры авиационного шума, что подробно рассматривалось в предыдущей статье авторов [1].

**Цель исследования** – разработка технологии измерения нормируемых параметров авиационного шума на территории жилой застройки методом прямых измерений с применением хронограмм уровней звука А для гигиенической оценки и прогноза возможности размещения объектов капитального строительства.

## Материалы и методы

Проанализированы требования МУК 4.3.3722–21 и Методики установления седьмой подзоны приаэродромной территории, расчёта и оценки рисков для здоровья человека. Подробный анализ ГОСТ 23337–2014, ГОСТ 22283–14, ГОСТ Р 53187–2008, ГОСТ 31296.1–2005 (ИСО 1996–1:2003), ГОСТ 31296.2–2006 (ИСО 1996–2:2007) был выполнен ранее [1].

Прямые измерения уровней звука проводили приборами серий ОКТАВА и ЭКОФИЗИКА 110А, обработку полученных результатов – с помощью программного обеспечения Signal+3G или Signal+Light.

Анализ результатов измерений параметров шума на территориях, предназначенных для жилой застройки в седьмой подзоне приаэродромной территории аэропорта Шереметьево, осуществлялся на основании хронограмм уровней звука А акустических событий при пролёте ВС.

## Результаты

При анализе нормативно-методических документов и обработке хронограмм уровней звука А, измеренных в соответствии с требованиями МУК 4.3.3722–21 на территории, предназначенной для жилой застройки, при пролётах

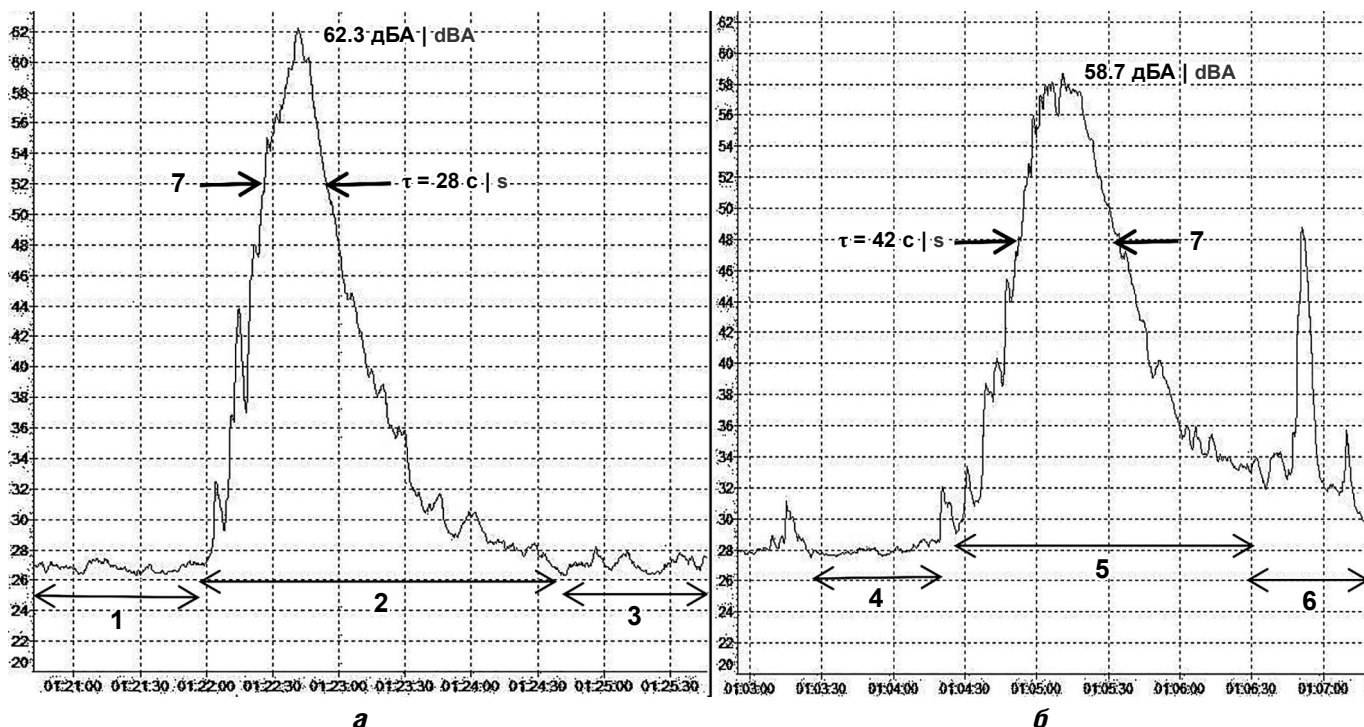
ВС, возникли вопросы, касающиеся определения уровней фонового шума и измерения продолжительности акустического события, связанного с пролётами ВС.

Из содержания п. 6.6 и п. 6.7 МУК 4.3.3722–21 не ясно, какие уровни звука А (минимальный, максимальный или эквивалентный) фонового шума необходимо измерить, в какое время они измеряются, как используются в определении уровня звука А «известного» источника, в том числе от пролетающего ВС. Обычно фоновый шум имеет непостоянный характер, его текущий уровень звука А может значительно изменяться в течение опорного временного интервала.

На **рис. 1** представлена хронограмма уровня звука А за пятнадцатиминутный опорный временной интервал, в течение которого зарегистрированы два пролёта ВС.

Минимальные, максимальные и эквивалентные уровни фонового шума в периоды 1, 2 и 5 имеют существенные различия (от 41,2 до 48,2 дБА) и могут кардинально менять определение акустического события (период 3) как авиационного шума с максимальным уровнем 53,3 дБА.

Очевидно, что определять событие как авиационный шум следует по уровням звука А, зарегистрированным при пролёте ВС, за период между моментами, непосредственно предшествующими началу роста и окончанию спада уровня звука. На хронограмме (см. рис. 1) для пролёта ВС (событие 3) это будут периоды  $\approx 00:27:00$  и  $\approx 00:29:00$  текущего времени. Для 20-секундных интервалов до начала роста уровня звука этого события минимальные, максимальные и эквивалентные уровни равны 42,6; 44,2 и 43,2 дБА, а после окончания спада – 42,5; 44,7 и 43,5 дБА соответственно. Для пролёта ВС (событие 4) аналогичными будут периоды  $\approx 00:30:00$  и  $\approx 00:31:30$  текущего времени. Соответственно минимальные, максимальные и эквивалентные уровни до начала роста уровня звука соответствующего события равны 44,7; 48,4 и 46 дБА, а после окончания спада – 44,2; 48,5 и 45,6 дБА.



**Рис. 2.** Хронограммы уровня звука А за временные интервалы: 01:21–01:26 (а) и 01:03–01:07 (б): 1 – фоновый шум ( $t_{c1} = 90$  с,  $L_{A,S}(\min) = 26,3$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 29,2$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c1}) = 26,9$  дБ); 2 – пролёт ВС ( $t_{c2} = 144$  с,  $L_{A,S}(\min) = 28,4$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 62,3$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c2}) = 52,1$  дБ); 3 – фоновый шум ( $t_{c3} = 77$  с,  $L_{A,S}(\min) = 26,3$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 30,5$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c3}) = 28,2$  дБ); 4 – фоновый шум ( $t_{c4} = 49$  с,  $L_{A,S}(\min) = 27,5$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 29,3$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c4}) = 28$  дБ); 5 – пролёт ВС ( $t_{c5} = 132$  с,  $L_{A,S}(\min) = 28,5$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 58,7$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c5}) = 50,7$  дБ); 6 – фоновый шум ( $t_{c1} = 50$  с,  $L_{A,S}(\min) = 29,7$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 48,8$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c1}) = 38,3$  дБ); 7 –  $\tau$  – продолжительность акустического события по п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21.

**Fig. 2.** Chronograms of sound level A for time intervals: from 01:21 to 01:26 (a) and from 01:03 to 01:07 (b): 1 – background noise ( $t_{c1} = 90$  s,  $L_{A,S}(\min) = 27,9$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 29,9$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c1}) = 28,5$  дБ); 2 – aircraft fly pass by ( $t_{c2} = 144$  с,  $L_{A,S}(\min) = 28,4$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 62,3$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c2}) = 52,1$  дБ); 3 – background noise ( $t_{c3} = 77$  с,  $L_{A,S}(\min) = 27,5$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 30,4$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c3}) = 28,5$  дБ); 4 – background noise ( $t_{c4} = 49$  с,  $L_{A,S}(\min) = 27,5$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 29,3$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c4}) = 28$  дБ); 5 – aircraft fly pass by ( $t_{c5} = 132$  с,  $L_{A,S}(\min) = 28,5$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 58,7$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c5}) = 50,7$  дБ); 6 – background noise ( $t_{c1} = 50$  с,  $L_{A,S}(\min) = 29,7$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 48,8$  дБ,  $L_{A,eq}(t_{c1}) = 38,3$  дБ); 7 –  $\tau$  – the acoustic event duration according to clause 9.10.2 of MUC 4.3.3722–21.

В приведённом примере соответствующие уровни звука до начала роста и после окончания спада уровня звука достаточно близки (различие не более 0,5 дБ). Но при сравнении двух событий получаем различия по минимальному уровню звука  $\approx 2$  дБ, по максимальному  $\approx 4$  дБ и по эквивалентному  $\approx 3$  дБ. Можно с достаточной вероятностью утверждать, что в обоих случаях уровень фонового шума почти не изменялся в интервале времени действия авиационного шума, но был разным для каждого события.

На рис. 2 представлены хронограммы акустических событий авиационного шума при различных уровнях фонового шума до начала роста и после окончания спада уровня звука, зарегистрированного при пролёте ВС.

Для временного интервала 1 до начала роста уровня звука события 2 (пролёт ВС) минимальные, максимальные и эквивалентные уровни фонового шума равны 26,3; 29,2 и 26,9 дБА, а для временного интервала 3 после окончания спада – 26,3; 30,5 и 28,2 дБА соответственно, то есть различие соответствующих уровней звука до начала роста и после окончания спада составляет не более 1,3 дБ (см. рис. 2, а).

Для временного интервала 4 до начала роста уровня звука события 5 (пролёт ВС) минимальные, максимальные и эквивалентные уровни фонового шума равны 27,5; 29,3 и 28 дБА, а для интервала 6 (после пролёта ВС) – 29,7; 48,8 и 38,3 дБА соответственно (см. рис. 2, б). Даже если исключить из анализа короткое акустическое событие в 01:06:52, максимальные и эквивалентные уровни фонового шума будут равны 36,8 и 32,7 дБА, минимальный уровень не изменится.

Для временных интервалов 4 и 6 (см. рис. 2, б) различие минимальных уровней звука до начала роста и после окон-

чания спада уровня события 5 составляет 2,2 дБ, различие максимальных и эквивалентных уровней звука превышает 6 дБ, то есть величины уровней фонового шума интервалов 4 и 6 отличаются значительно, особенно максимальные и эквивалентные уровни звука.

Анализ результатов измерений показывает, что величины минимальных уровней звука А, измеренные непосредственно до начала роста и после окончания спада уровня звука при пролёте ВС, наиболее стабильны и могут служить для определения уровня звука А фонового шума.

Возможны два варианта определения уровня фонового шума: первый – как средняя величина уровней, измеренных в периоды непосредственно до начала роста и после окончания спада уровня звука, второй – по их минимальной величине за опорный временной интервал, превышающий интервал от начала роста и до окончания спада уровня звука на 10–20 с.

Пункт 9.10.2 МУК 4.3.3722–21 устанавливает следующее правило определения продолжительности авиационного шума: «...за время воздействия принимают значение, равное времени звучания «верхних» 10 дБА, то есть время превышения уровня звука на 10 дБА ниже максимального измеренного значения».

В примере, приведённом на рис. 3, совмещены графики хронограмм двух моделей событий авиационного шума при пролётах ВС1 и ВС2 с максимальными уровнями звука А (42 и 66 дБ соответственно) при уровне звука А фонового шума 30 дБ.

Если определять продолжительность авиационного шума согласно п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21 (то есть на уровнях 32 и 56 дБ), получим значения 98 и 34 с для ВС1 и ВС2 со-

ответственно. Уровень суммарного шума (фоновый и авиационный) будет равен 33 дБА в моменты времени, когда уровень авиационного шума при его нарастании и спаде сравнивается с уровнем фонового. Время действия суммарного шума, превышающего эту величину, составляет 90 с. Таким образом, при следовании п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21 происходит переоценка продолжительности действия авиационного шума, если максимальный уровень звука авиационного шума незначительно превышает уровень фонового шума. В случаях же значительного превышения уровня шума продолжительность действия авиационного шума существенно недооценивается.

Эта ситуация подтверждается примером из практики измерений, представленным на рис. 1. Продолжительность авиационного шума событий 3 и 4 по п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21 составляет 100 и 22 с, а длительность этих событий, измеренных в моменты времени, когда уровень авиационного шума при его нарастании и спаде будет равен уровню фонового, составляет 96 и 80 с соответственно.

Результат анализа приведённых примеров показывает, что с точки зрения оценки суперпозиции функций изменения уровней звука А фонового шума и шума от пролетающего ВС следует установить способ измерения продолжительности авиационного шума как интервал времени между моментами, когда уровень суммарного шума при его нарастании и спаде будет равен уровню фонового шума плюс 3 дБ (по правилу суммирования уровней в децибелах). Такой способ, возможно, работал бы при стабильном уровне фонового шума во время измерения. К сожалению, такая ситуация складывается не всегда, что подтверждается хронограммами, представленными на рис. 2.

На наш взгляд, для определения уровня фонового шума и продолжительности действия авиационного шума целесообразно было бы руководствоваться следующими правилами.

1. За уровень звука А фонового шума при пролёте ВС следует принимать минимальный уровень звука А, измеренный с временной коррекцией «медленно» на опорном временном интервале между моментами от начала роста суммарного уровня звука до окончания его спада, увеличенного на 10–20 с в каждую сторону.

2. Продолжительность авиационного шума следует измерять между моментами, когда уровень звука А суммарного шума будет превышать уровень фонового шума на 6 дБ.

Пример обработки хронограммы уровня звука А при пролёте ВС по предлагаемому алгоритму представлен на рис. 4.

На представленной хронограмме установлена рабочая зона для обработки в интервале времени от 00:32:20 до 00:34:15. В этом интервале получены следующие результаты измерения уровней звука:  $L_{(AS)мин} = 39$  дБ,  $L_{(AS)макс} = 59,8$  дБ,  $L_{(A)эвб} = 52,3$  дБ. Если принимаем уровень фонового шума при пролёте ВС равным  $L_{(AS)мин} + 6$  дБ = 45 дБ составит авиационного шума на уровне  $L_{(AS)мин} + 6$  дБ = 45 дБ составит 60 с. Продолжительность этого акустического события по п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21 на уровне  $L_{(AS)макс} - 10$  дБ = 49,8 дБ составит 37 с.

На рис. 5 представлена хронограмма 15-минутного временного опорного интервала от 00:24 до 00:39, в котором зарегистрированы два пролёта воздушных судов в 00:26 (BC1) и 00:33 (BC2). Обработка данных проведена по предлагаемому алгоритму. Продолжительность событий  $\tau_{BC1}$  и  $\tau_{BC2}$  определена на уровне 45 дБ.

В таблице приведён фрагмент протокола результатов измерений за 15-минутный временной опорный интервал, хронограмма которого приведена на рис. 5.

При необходимости эквивалентные уровни звука А за периоды наблюдения в дневное и ночное время могут быть рассчитаны усреднением соответствующих данных для этих же периодов. Величины стандартной неопределённости и расширенной неопределённости рассчитываются в соответствии с формулами (10) и (11) приложения 1 к МУК 4.3.3722–21. Так же могут быть определены максимальные уровни звука А за периоды наблюдения в дневное

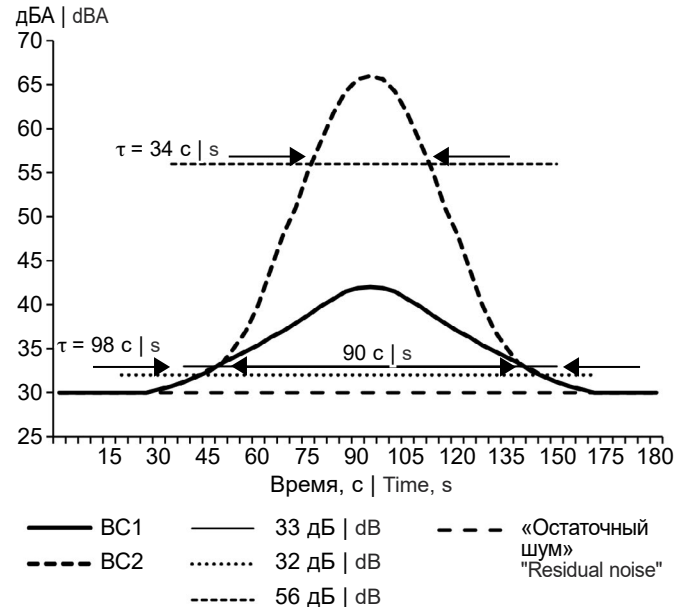


Рис. 3. Пример определения продолжительности действия авиационного шума.

Fig. 3. The example of the detection of the duration of aircraft noise.

и ночное время, их расширенная неопределённость будет равна приборной погрешности, поскольку это данные прямых измерений.

Оценка возможности размещения ОКС проводится по расчётным «эквивалентным уровням звука А», определённым для дневного и ночного времени суток за среднегодовой лётный день (п. 9.10 МУК 4.3.3722–21, формула 6). Исходными данными для этого расчёта являются: средние величины измеренных максимальных уровней звука А  $L_{A,макс,ср.}$  всех зафиксированных пролётов ВС как в дневное, так и в ночное время суток (п. 9.10.1 МУК 4.3.3722–21) и их расширенная неопределённость на уровне доверия 95%; среднее эффективное время действия шума  $\tau_{эф,ср.}$  (п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21); количество воздействий шума за оцениваемый период.

В то же время в п. 9.9 МУК 4.3.3722–21 указано: «При получении эквивалентного уровня звука расчётным способом поправка на фон применяется для результатов прямых измерений максимального уровня звука, на основании которых проводится расчёт эквивалентного уровня».

Необходимо отметить, что величина, рассчитываемая по формуле 6 п. 9.10 МУК 4.3.3722–21, не является эквивалентным уровнем звука по определению. Этот показатель может быть применён как оценочный, но должен быть назван иначе, например, «расчётный оценочный уровень звука А».

В п. 9.10.2 МУК 4.3.3722–21 предлагается определять длительность  $\tau$  каждого события «...при пролёте каждого ВС и наземных операциях ВС...». В то же время  $\tau$  определяется как «...время превышения уровня звука на 10 дБ ниже максимального измеренного значения», то есть не для всех событий при пролёте ВС, а только для акустических событий, определённых как «авиационный шум». Далее, согласно МУК 4.3.3722–21, среднюю величину эффективного времени воздействия  $\tau_{эф,ср.}$  предлагается определять за все зафиксированные пролёты ВС или зафиксированные наземные операции. Но не все зафиксированные события при пролётах ВС и наземных операциях могут быть определены как «авиационный шум».

Очевидно, что при определении  $\tau$  и расчётах  $\tau_{эф,ср.}$  следует учитывать данные, полученные для событий «авиационного шума», а не для всех событий при пролёте ВС или событий, связанных с наземными операциями.

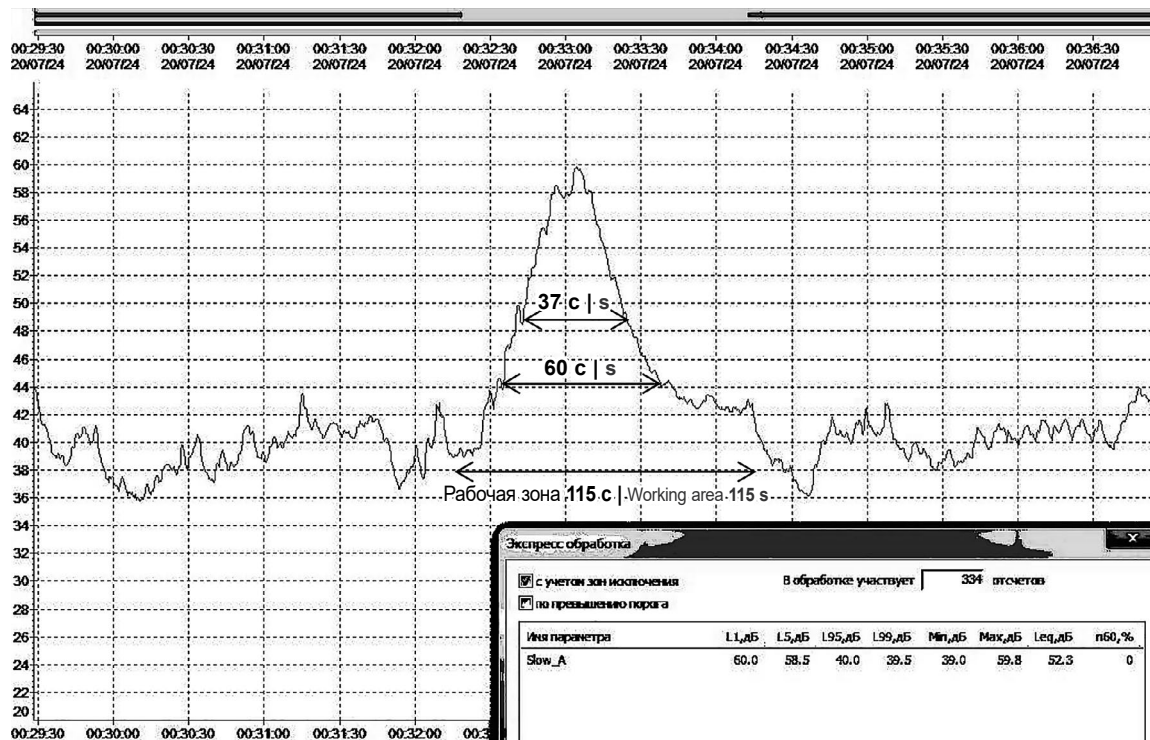


Рис. 4. Пример обработки хронограммы уровня звука A при пролёте ВС.

Fig. 4. An example of the processing chronogram of sound level A during the aircraft fly pass.

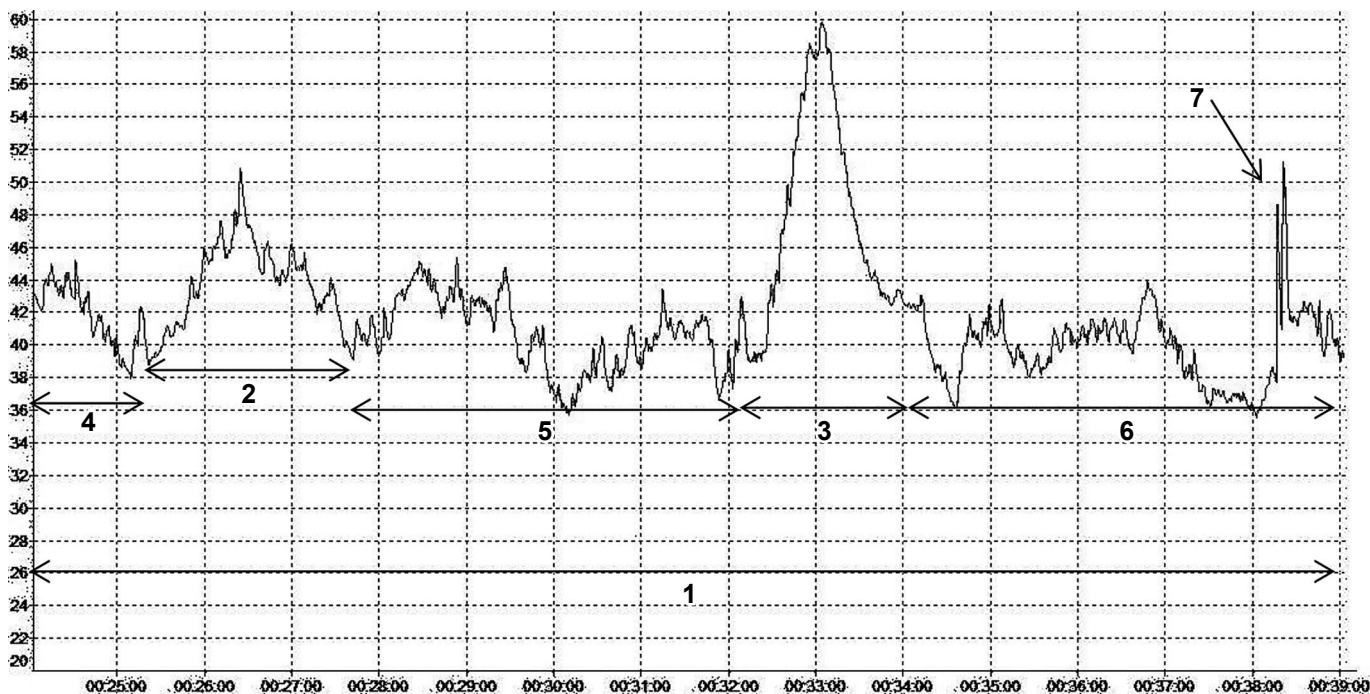


Рис. 5. Пример обработки 15-минутного опорного интервала с 00:24 до 00:39. 1 – рабочая зона 15-минутного временного опорного интервала  $L_{A,eq,15m} = 45,5$  дБ (случайное кратковременное событие 7 после 00:38 исключено из анализа); 2 – рабочая зона при пролёте ВС1 ( $T_{BC1} = 140$  с,  $L_{A,S}(\min) = 39$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 50,8$  дБ,  $L_{A,eq}(T_{BC1}) = 44,7$  дБ),  $\tau_{A1} = 48$  с); 3 – рабочая зона при пролёте ВС2 ( $T_{BC2} = 115$  с,  $L_{A,S}(\min) = 39$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 59,8$  дБ,  $L_{A,eq}(T_{BC2}) = 52,3$  дБ),  $\tau_{A2} = 60$  с); 4 – интервалы 4, 5, 6 – общий период действия фонового шума ( $L_{A,S}(\min) = 35,6$  дБ,  $L_{A,S}(\max) = 45,4$  дБ,  $L_{A,eq} = 41$  дБ) определяется исключением из рабочей зоны всего опорного интервала периодов, соответствующих рабочим зонам при пролёте ВС, случайное кратковременное событие 7 также исключается из анализа.

Fig. 5. An example of processing 15 min reference time interval from 00:24 to 00:39. 1 – processing period is a 15 min reference time interval  $L_{A,eq,15m} = 45,5$  dB (a random short-term event 7 after 00:38 is excluded from the analysis); 2 – processing period during the aircraft 1 (A1) fly pass ( $T_{A1} = 140s$ ,  $L_{A,S}(\min) = 39$  dB,  $L_{A,S}(\max) = 50.8$  dB,  $L_{A,eq}(T_{BC1}) = 44.7$  dB),  $\tau_{A1} = 48$  s); 3 – processing period during the aircraft 2 (A2) ( $T_{A2} = 115$  s,  $L_{A,S}(\min) = 39$  dB,  $L_{A,S}(\max) = 59.8$  dB,  $L_{A,eq}(T_{BC2}) = 52.3$  dB),  $\tau_{A2} = 60$  s); 4 – 4, 5, 6 intervals – total period of background noise validity ( $L_{A,S}(\min) = 35.6$  dB,  $L_{A,S}(\max) = 45.4$  dB,  $L_{A,eq} = 41$  dB), is determined by excluding from the working zone the entire reference interval of periods corresponding to the working zones during the aircraft fly pass, the random short-term event 7 is also excluded from the analysis.

## Фрагмент протокола результатов измерений уровней шума за 15-минутный опорный интервал

Fragment of the protocol of noise level measurement results for a 15-minute reference interval

№	Время Time	Тип ВС Aircraft Model	Направление Flight direction	Курс, град. Course, degree	Дистанция, м Distanse	Авиационный шум Aircraft noise				Фоновый шум Background. noise				L $\Sigma$
						L(A) min, дБ   dB	L(A) max, дБ   dB	L(A)k max* дБ   dB	L(A) eq, дБ   dB	$\tau$ , с   s	L(A) min, дБ   dB	L(A) max, дБ   dB	L(A) eq, дБ   dB	
31	0:26	B737	Тюмень – Внуково Tumen – VKO Посадка   Landing	110	3805	39.0	50.8	50.8	44.7	48	35.6	45.4	40.9	45.5
32	0:29	A320	Шереметьево – Волгоград SVO – Volgograd Взлёт   Take-off	167	8035	38.9	45.3	44.2	39.8	–	35.6	45.4	40.9	45.5
33	0:32	B737	Внуково – Пермь VKO – Perm Взлёт   Take-off	45	2284	39.0	59.8	59.8	52.3	60	35.6	45.4	40.9	45.5

Примечание. \* – L(A)k, max – максимальный уровень звука A с учётом фонового шума.

Note: \* – L(A)k, max – maximum sound level A, taking into account background noise.

Анализ неоднозначных требований МУК 4.3.3722–21 и опыт проведения измерений и оценки уровней шума позволяют дать следующие рекомендации для определения «расчётного оценочного уровня звука А».

Средние максимальные уровни звука А авиационного шума  $L_{Amax,cp}$  и их величины с учётом фонового шума  $L_{Amax,sp}$  практически совпадают (разница 0,1–0,2 дБ) в случае пролётов ВС на дистанциях до точки измерений 1–1,5 км, разница может достигать 1–2 дБ в случае измерений пролётов ВС на дистанциях 3–4 км. На больших расстояниях события при пролёте ВС могут быть оценены как «авиационный шум» крайне редко, например при низких (менее 30 дБА) уровнях фонового шума. Результаты определения «расчётного оценочного уровня звука А» при прочих равных условиях также будут отличаться на сопоставимую величину. Целесообразно произвести расчёт для обоих случаев, а по разнице результатов можно оценить вклад фонового шума.

Величина расширенной неопределённости на уровне доверия 95% определяется по Приложению 1 к МУК 4.3.3722–21. Результаты расчёта для расширенной неопределённости  $L_{(A)max}$  и  $L_{(A)max}$  практически совпадают, что позволяет использовать данный показатель для обоих случаев определения «расчётного оценочного уровня звука А».

## Обсуждение

Гигиеническая оценка соответствия шума на территории жилой застройки нормативным документам и определение вклада авиационного шума в суммарный шум должны проводиться по следующим величинам:

- максимальные уровни звука А каждого акустического события за опорный временной интервал, в том числе в моменты пролёта ВС над точкой измерения;
- максимальные, минимальные и эквивалентные уровни звука А фонового шума за промежутки времени до и после пролёта ВС;
- эквивалентный уровень звука А «суммарного» шума за опорный временной интервал;
- эквивалентный уровень звука А фонового шума за опорный временной интервал [1].

В зарубежной практике для оценки влияния авиационного шума на население, кроме этих параметров, используется показатель SEL, который определяет эквивалентный уровень звука А отдельного звукового события произвольной длительности, приведённый к опорному интервалу длительностью 1 с [10]. Однако исследованиями была показана корреляционная связь нарушений сна и развития впоследствии гипертонической болезни с максимальными уровнями звука А [6, 7].

Обоснование возможности размещения ОКС в седьмой подзоне приаэродромной территории по прогнозируемым уровням звука А за среднегодовой лётный день или другой период времени, например, день с максимальным количеством взлётно-посадочных операций (ВПО), основано на применении показателя, который рассчитывается по максимальным уровням звука А каждого акустического события и эффективному времени акустических событий, связанных с пролётами, опробованием двигателей или рулением ВС, работой вспомогательной силовой установки (ВСУ) (п. 9.2 МУК 4.3.3722–21). Этот показатель близок к таким применяемым в США и в Европе расчётным параметрам, как DNL [10] и Lden [11].

И в целях гигиенической оценки, и при определении данных для расчёта прогнозируемых эквивалентных уровней звука А необходимы измерения за несколько опорных временных интервалов за продолжительное время наблюдения (4–24 ч), которые целесообразно определять по хронограммам уровней звука А, измеренным с временной коррекцией «медленно».

В МУК 4.3.3722–21 (при пересмотре) целесообразно выделить две части, в которых определить перечни необходимых параметров шума и требования к проведению измерений в зависимости от целей:

- для гигиенической оценки шума от всех источников в помещениях жилых и общественных зданий и на сельской территории на соответствие требованиям СанПиН 1.2.3685–21 должны быть измерены максимальные и эквивалентные уровни звука А за временные опорные интервалы (15 мин) в представительные периоды наблюдения в дневное и ночное время суток или за все 24 ч;
- для расчёта оценочного уровня звука А в целях определения возможности размещения объектов капитального строительства в седьмой подзоне приаэродромной территории должны быть измерены максимальные уровни звука А при пролётах ВС, уровни звука А фонового шума при пролётах ВС, продолжительность каждого события авиационного шума.

В обоих случаях целесообразно применить анализ хронограмм уровней звука А, который позволяет не только получить все необходимые данные, но и исключить из анализа случайные акустические события, что повышает качество оценки уровня шума.

## Заключение

Впервые разработана технология измерения нормируемых параметров авиационного шума на территории жилой застройки методом прямых измерений с применением

хронограмм уровней звука А для гигиенической оценки и прогноза возможности размещения объектов капитально-строительства.

**Основные положения технологии.** Уровень фонового шума при пролёте ВС следует принимать равным минимальному уровню звука А, измеренного с временной коррекцией «медленно» на опорном временном интервале от начала роста суммарного уровня звука до окончания его спада, увеличенного на 10–20 с для каждой стороны.

Продолжительность авиационного шума измеряется как интервал между моментами, когда уровень звука А суммарного шума будет превышать уровень фонового шума на 6 дБ.

При определении продолжительности действия авиационного шума и при расчётах средней эффективной величины его продолжительности  $\tau_{эф,ср}$  следует учитывать данные, полученные для событий «авиационного шума», а не для всех событий при пролёте ВС или событий, связанных с наземными операциями.

## Литература

(п.п. 2–11 см. References)

1. 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): 1042–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1042-1048> <https://elibrary.ru/pgubsy>

## References

1. 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): 1042–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1042-1048> <https://elibrary.ru/pgubsy>
2. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. The WHO European Centre for Environment and Health, JRS European commission; 2011.
3. 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> <https://elibrary.ru/smctds>
4. Kroesen M., Schreckenbergh 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>
5. Federal Aviation Administration. Aviation Noise. Available at: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/policy\\_guidance/noise/](https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/noise/)
6. Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Katsouyanni K., Velonakis M., Cadum E., et al. Association between noise annoyance and high blood pressure. In: *Preliminary Results from the HYENA Study. Proceedings of Internoise Conference*. Turkey; 2007.
7. Haralabidis A.S., Dimakopoulou K., Vigna-Taglianti F., Giampaolo M., Borgini A., Dudley M.L., et al. Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *Eur. Heart J.* 2008; 29(5): 658–64. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehn013>
8. Babisch W. Noise and health. *Environ. Health Perspect.* 2005; 113(1): A14–5. <https://doi.org/10.1289/ehp.113-a14>
9. Washington Post. Analysis: Where noisy roads and airports take the biggest toll on our health and sanity; 2017.
10. e-CFR PART 150 – Airport noise compatibility planning. Available at: [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/textdx?SID=f8e6df268e3dad2edb848f61b9a0fb51&mc=true&node=pt14.3.150&rgn=div5#se14.3.150\\_11](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/textdx?SID=f8e6df268e3dad2edb848f61b9a0fb51&mc=true&node=pt14.3.150&rgn=div5#se14.3.150_11)
11. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise – Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise; 2002.

## Сведения об авторах

**Бухтияров Игорь Валентинович**, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, директор ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, Россия. E-mail: [ivbukhtiyarov@mail.ru](mailto:ivbukhtiyarov@mail.ru)

**Прокопенко Людмила Викторовна**, доктор мед. наук, профессор, гл. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, Россия. E-mail: [prokopenko@irioh.ru](mailto:prokopenko@irioh.ru)

**Курьеров Николай Николаевич**, канд. биол. наук, вед. науч. сотр. лаб. физических факторов ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, Россия. E-mail: [courierov@mail.ru](mailto:courierov@mail.ru)

**Лагутина Алла Владимировна**, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. физических факторов ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, Россия. E-mail: [lagutina@inbox.ru](mailto:lagutina@inbox.ru)

**Джикия Илья Зурабович**, мл. науч. сотр. лаб. физических факторов ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, 105275, Moscow, Russia

## About the authors

**Igor V. Bukhtiyarov**, DSc (Medicine), professor, academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, Director, Izmerov Research Institute of Occupation Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718> E-mail: [ivbukhtiyarov@mail.ru](mailto:ivbukhtiyarov@mail.ru)

**Ludmila V. Prokopenko**, DSc (Medicine), professor, chief researcher, Izmerov Research Institute of Occupation Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-7767-8483> E-mail: [prokopenko@irioh.ru](mailto:prokopenko@irioh.ru)

**Nikolay N. Courierov**, PhD (Biology), leading researcher, Laboratory of physical factors, Izmerov Research Institute of Occupation Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-7064-5849> E-mail: [courierov@mail.ru](mailto:courierov@mail.ru)

**Alla V. Lagutina**, PhD (Medicine), leading researcher, Laboratory of physical factors, Izmerov Research Institute of Occupation Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7177-1350> E-mail: [alagutina@inbox.ru](mailto:alagutina@inbox.ru)

**Ilya Z. Dzhikeya**, junior researcher, Laboratory of physical factors, Izmerov Research Institute of Occupation Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0002-6613-6528> E-mail: [vj.ilya@bk.ru](mailto:vj.ilya@bk.ru)