

УДК 699.844

**А. И. АНТОНОВ**, д-р техн. наук, проф. кафедры архитектуры зданий и градостроительства<sup>1</sup>, вед. науч. сотр.<sup>2</sup>; **И. Л. ШУБИН**, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, директор института<sup>2</sup>; **И. В. МАТВЕЕВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры городского строительства и автомобильных дорог<sup>1</sup>; **Н. П. МЕРКУШЕВА**, аспирант кафедры городского строительства и автомобильных дорог<sup>1</sup>

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С НЕПОСТОЯННЫМИ РАБОЧИМИ МЕСТАМИ

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Россия, 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112, корп. Е. Тел.: (4752) 63-09-20, (4752) 63-03-72; эл. почта: gsiad\_tambov@mail.ru

<sup>2</sup> ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН»,

Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21. Тел.: (495) 482-40-16

*Ключевые слова:* производственные здания, непостоянные рабочие места, расчет шума, компьютерное моделирование шума, защита от шума.

---

*Рассматриваются принципы проектирования шумозащитных мероприятий в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами. Показаны особенности оценки шумового режима непостоянных рабочих мест. Указаны методы снижения шума на таких рабочих местах. Приведен пример снижения шума в производственном помещении с непостоянными рабочими местами путем комплексного применения мер шумозащиты. Показано, что для проектирования таких мероприятий необходимо использовать компьютерное моделирование и современную вычислительную технику.*

---

В большинстве случаев при оценке шумового режима рабочих мест, размещаемых в производственных помещениях, положение рабочих мест рассматривается как постоянное в течение всего рабочего времени смены. Согласно СП 51.13330.2011, если скорректированный по А уровень звука на таком рабочем месте изменяется во времени не более чем на 5 дБ при измерениях на временной характеристике  $S$  шумомера по ГОСТ Р 53188.1, то шум считается постоянным во времени, и его оценку следует выполнять в уровнях звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц, а также в скорректированных по А уровнях звука  $L_A$ , дБ, сравнивая их с нормативными параметрами, приведенными в СП 51.13330.2011. Если же скорректированный по А уровень звука при таких измерениях на рабочем месте изменяется во времени более чем на 5 дБ, то шум считается непостоянным во времени и его оценку следует выполнять в эквивалентных, скорректированных по А уровнях звука  $L_{A_{экв}}$ , дБ, и максимальных, скорректированных по А уровнях звука  $L_{A_{max}}$ , дБ, по ГОСТ 23337, сравнивая их с нормируемыми параметрами, приведенными для непостоянного шума в СП 51.13330.2011.

В реальных условиях современных промышленных производств и особенно при автоматизированных процессах многие рабочие в течение смены



перемещаются по пространству помещения в соответствии с требованиями технологического процесса [1, 2]. При этом они подвергаются воздействию разных уровней шума [3].

В настоящее время в нормах защиты от шума нет понятия «непостоянное рабочее место». По этой причине отсутствуют методики оценки их шумового режима и, соответственно, возникают сложности при разработке необходимых шумозащитных мероприятий на таких рабочих местах.

В мировой практике при оценке воздействий шума на рабочих используются дозиметры шума, представляющие собой измерители уровня звука, предназначенные для измерения воздействия шума на человека в течение определенного периода времени, например, в течение рабочей смены. Они позволяют производить мониторинг воздействия шума на рабочих в соответствии с правилами охраны труда. За рубежом к ним, например, относятся документы [4, 5]. Применительно к непостоянным рабочим местам воздействие шума оценивается с использованием персональных дозиметров шума, которые измеряют и сохраняют уровни звука и затем, интегрируя результаты измерений, выдают совокупные показания воздействия шума на человека за рабочий период времени. Современные дозиметры позволяют получать средневзвешенные во времени уровни звука, пиковый, максимальный и минимальный уровни дозы шума. Этих данных, как правило, достаточно для оценки негативного воздействия шума и определения, например, мер материальной компенсации в случае превышения допустимых величин.

В то же время информации, получаемой с помощью дозиметров, оказывается недостаточно для разработки мер снижения шума на непостоянных рабочих местах. Для снижения шума в этом случае могут быть использованы различные методы, включая методы борьбы с шумом в источнике возникновения и его ближней зоне [6, 7], строительно-акустические методы с устройством звукоизолирующих и звукопоглощающих конструкций, выгородок и кабин [8, 9, 10, 11], а также, наряду с этим, и организационно-технологические методы [3]. При разработке указанных мер необходимо иметь сведения об эффективности снижения ими шума во всем нормируемом частотном диапазоне. Известно, что акустическая эффективность, например, звукоизолирующих облицовок, устраиваемых на излучающих звук крупногабаритных каналах, может существенно отличаться между собой в низком, среднем и высоком диапазонах частот [12, 13, 14]. Подобные отличия эффективности имеются и в используемых для снижения шума различных легких звукоизолирующих конструкциях [15–22]. По этой причине при разработке мер улучшения шумового режима непостоянных рабочих мест необходимо иметь сведения об уровнях звукового давления во всем нормируемом диапазоне частот на всех участках помещений, где может находиться рабочий в течение смены. Зная уровни звукового давления на этих участках и время пребывания на них рабочих, можно определить эквивалентные уровни звукового давления и произвести оценку соответствия шумового режима непостоянных рабочих мест нормативным требованиям.

В случае, если шумовой режим в производственном помещении является постоянным во времени, эквивалентные уровни звукового давления в октавных полосах частот непостоянных рабочих мест могут быть определены по формуле

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i \cdot 10^{0,1L_i} \right), \quad (1)$$

**К СТАТЬЕ А. И. АНТОНОВА, И. Л. ШУБИНА, И. В. МАТВЕЕВОЙ,  
Н. П. МЕРКУШЕВОЙ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТНЫХ  
МЕРОПРИЯТИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ  
С НЕПОСТОЯННЫМИ РАБОЧИМИ МЕСТАМИ»**

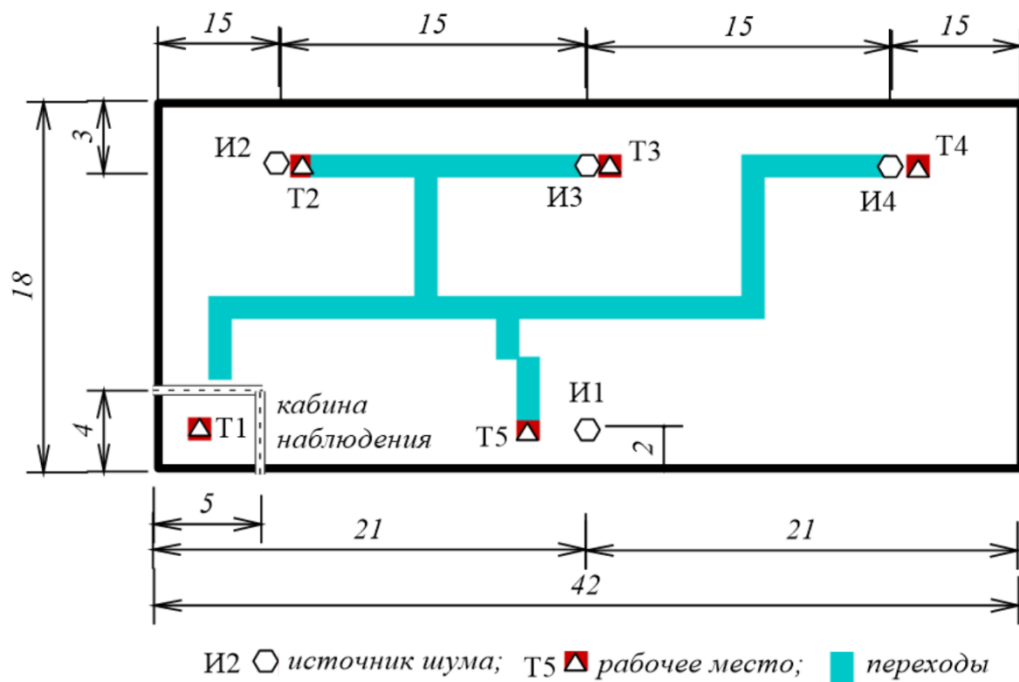


Рис. 1. Схема цеха к расчету с указанием положения источников шума И<sub>1</sub> – И<sub>4</sub> и мест положения рабочего Т<sub>1</sub> – Т<sub>5</sub>. Размеры даны в метрах

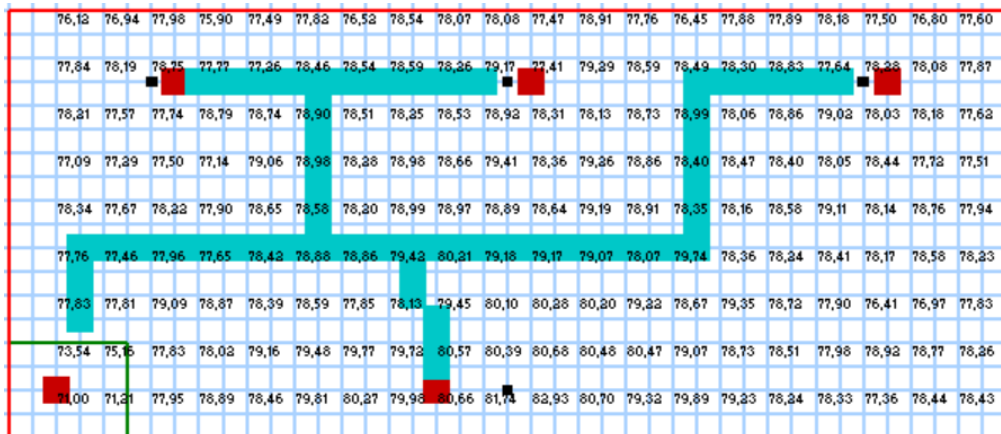


Рис. 2. Шумовая карта в помещении цеха в октавной полосе 1000 Гц при отсутствии шумозащитных мероприятий

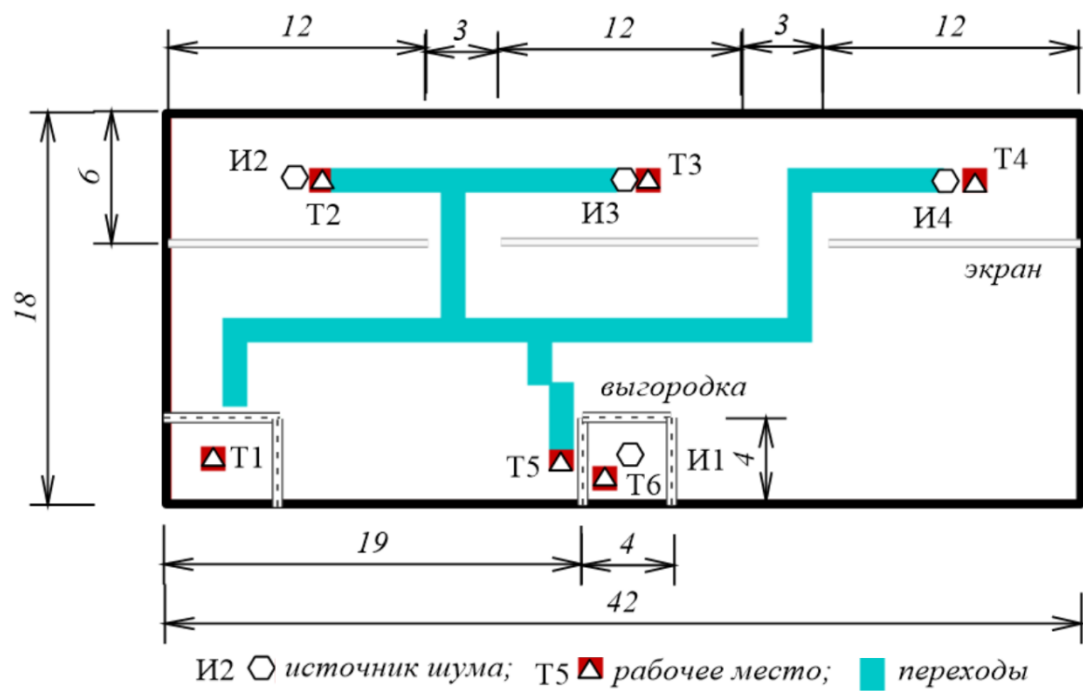


Рис. 3. Положение экранирующих и звукоизолирующих конструкций

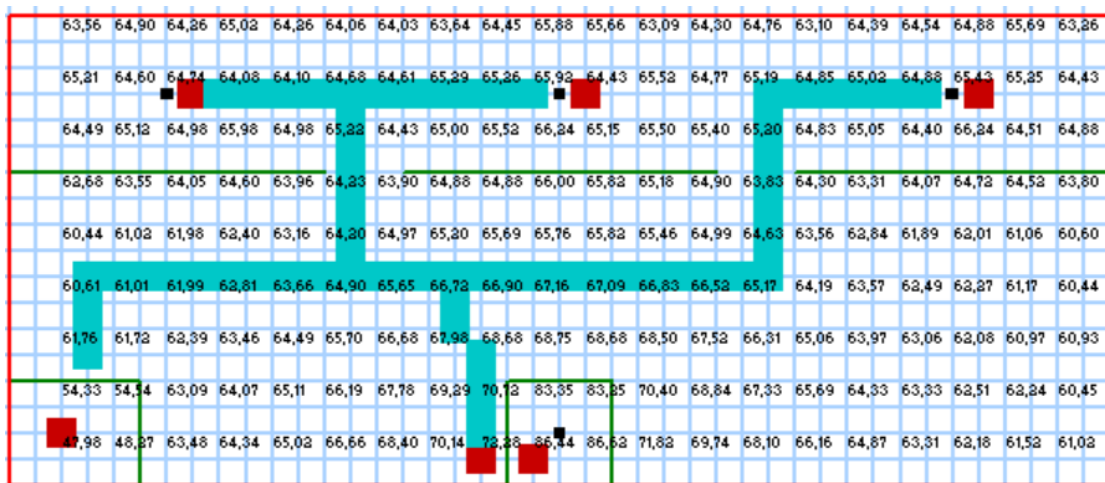


Рис. 4. Шумовая карта в помещении цеха после устройства звукопоглощающих и звукоизолирующих конструкций



где  $t_i$  – время, в течение которого рабочий находится на  $i$ -ом месте с постоянным уровнем звукового давления  $L_i$ ;  $T$  – общее время воздействия шума на рабочего;  $N$  – количество мест, на которых находится рабочий за время  $T$ .

Имея сведения об эквивалентных уровнях звукового давления в октавных полосах частот, можно определить эквивалентные, скорректированные по А уровни звука  $L_{A\text{экв}}$ , дБ, и максимальные, скорректированные по А уровни звука  $L_{A\text{max}}$ , дБ. В этом случае уровни звука  $L_{A\text{экв}}$  будут определяться по формуле

$$L_{A\text{экв}} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^9 10^{0,1(L_{\text{экви}} - k_i)} \right), \quad (2)$$

где  $k_i$  – коррекция уровня звукового давления  $L_{\text{экви}}$  в  $i$ -ой октавной полосе нормируемого диапазона частот.

В случае несоответствия уровней  $L_{A\text{экв}}$  и  $L_{A\text{max}}$  нормативным требованиям производится выбор средств снижения шума и повторное определение величин  $L_{\text{экви}}$  с последующим вычислением уровней звука непостоянных рабочих мест.

Как видно, при выборе средств снижения шума непостоянных рабочих мест необходимо выполнять целый ряд повторных расчетов уровней звукового давления в помещении на всех возможных местах пребывания рабочего в течение смены. При этом требуется производить расчеты шума на местах пребывания от каждого отдельного источника шума и при их суммарном действии в момент определения шума. Для выполнения таких расчетов требуются эффективные алгоритмы, позволяющие определять прямую и отраженную составляющие шума во всех расчетных точках помещения.

Для расчета прямого звука от различных производственных источников шума в настоящее время разработаны расчетные методы, учитывающие их размеры и форму [23]. Они могут также использоваться и при оценке прямого звука на непостоянных рабочих местах в помещениях, в том числе и с автоматизированными технологическими процессами. Для расчета отраженной составляющей шума, возникающей при отражениях прямого звука от ограждений и оборудования помещений, разработаны методы расчета, учитывающие характер отражения звука от ограждений. В наиболее общем случае отражение звука имеет зеркально-диффузный характер. Для определения шума при таком отражении предложена комбинированная расчетная модель, в которой зеркальная отраженная энергия определяется геометрическими методами, а диффузно рассеянная энергия статистическим энергетическим методом [24]. Для ее реализации в случае непостоянных рабочих мест и постоянном шумовом режиме в помещениях разработана компьютерная программа [25].

Программа построена по модульно-блочному принципу. В программе имеется блок ввода, хранения и модификации траекторий движения персонала. В отдельном блоке производится расчет, усреднение и анализ энергетических параметров шума перемещающихся рабочих мест с разработкой рекомендаций по акустическому благоустройству. Имеются блоки, организующие проектирование средств снижения шума за счет планировочных и конструктивных средств, а также за счет организационно-технологических средств. Результаты расчетов шумовых полей имеют различные способы представления.

Ниже приведен пример использования программы при оценке шумового режима и разработке мер снижения шума в механическом цехе с непостоянными рабочими местами. В цехе с размерами  $42 \times 18 \times 4.2$  м имеются 4 источника шума, а также кабина для наблюдения и управления общим технологическим процессом.

В качестве примера исследование шумовой ситуации выполнено для октавной полосы со среднегеометрической частотой 1000 Гц. Допустимый уровень звукового давления в расчетной октаве составляет 70 дБ. Акустическая мощность источника  $I_1$  – 96 дБ, остальных источников  $I_2$  –  $I_4$  – 80 дБ, средний коэффициент звукопоглощения ограждений помещения равен  $\alpha = 0,1$ . При расчетах комбинированным методом принято, что рассеяние падающей на ограждения цеха зеркальной энергии на частоте 1000 Гц составляет 20 %.

На рис. 1 цв. вклейки дана схема цеха с указанным положением источников шума и рабочих мест, а также путей движения рабочих.

На рис. 2 цв. вклейки приведена шумовая карта помещения на частоте 1000 Гц до проведения шумозащитных мероприятий. Видно, что уровни шума в октавной полосе превышают допустимый уровень, равный 70 дБ. Требуется снижение уровней звукового давления.

Для снижения шума предлагается выполнить звукопоглощающую облицовку потолка с коэффициентом звукопоглощения, равным  $\alpha = 0,7$ . Источник шума  $I_1$ , имеющий самую высокую мощность, отгораживается выгородкой. Для защиты пространства цеха от других источников шума  $I_2$ – $I_4$  применены акустические экраны высотой 2,5 м (см. рис. 3 цв. вклейки). Звукоизоляция экранов и выгородки на частоте 1000 Гц составляет  $R = 20$  дБ.

На рис. 4 цв. вклейки приведена шумовая карта после выполненных шумозащитных мероприятий. Средний по помещению уровень шума составляет 71,4 дБ. Для более точной оценки степени воздействия шума на работающих выполнен расчет шума с учетом перемещения работающих по цеху и времени их нахождения на непостоянных рабочих местах.

Схема движения работников и места их длительного пребывания показаны на рис. 1 цв. вклейки. В течение смены (8 часов) работники находятся определенное время в зоне оборудования ( $I_1$  –  $I_4$ ) в точках  $T_2$ – $T_6$ , а также в кабине наблюдения  $T_1$  и используют время на переходы. Предусмотрено определенное время для нахождения работника и в других доступных местах цеха. Часть времени используется для отдыха в реабилитационном помещении. Время нахождения работников в различных частях производственного помещения определяется по хронометражу. Для рассматриваемого примера распределение времени приведено в таблице.

Как видно из таблицы, за счет изменения времени нахождения работников в течение рабочей смены в различных зонах помещения можно также скорректировать общее эквивалентное воздействие шума. Снижение эквивалентного шума в данном случае уменьшено за счет ограничения времени нахождения рабочего рядом с источником шума  $I_1$  в точке  $T_5$ . При этом также ограничено и его время нахождения внутри выгородки в точке  $T_6$  с источником шума  $I_1$ .



### Результаты расчета эквивалентных уровней с учетом перемещения рабочего в помещении в течение смены

Местонахождение работника	Исходная ситуация		После шумозащиты	
	Время, ч	Уровень, дБ	Время, ч	Уровень, дБ
Фиксированные точки:				
кабина наблюдения (Т <sub>1</sub> )	1	71.0	1	48.0
рабочее место (Т <sub>2</sub> )	1.5	78.0	1.5	66.0
рабочее место (Т <sub>3</sub> )	1.5	77.4	1.5	65.1
рабочее место (Т <sub>4</sub> )	1.5	77.7	1.5	64.7
рабочее место (Т <sub>5</sub> )	1.5	80.7	1	72.5
рабочее место (Т <sub>6</sub> )			0.1	86.5
На пути между рабочими местами	0.3	78.7	0.3	66.0
В случайных точках	0.5	78.1	0.5	69.7
Комната отдыха	0.2	-	0.6	-
Всего (время и эквивалентные уровни)	8.0	78.0	8.0	70.0

В рассмотренном примере приведено определение эквивалентного уровня шума для непостоянного рабочего места в одной октавной полосе частот. После выполнения аналогичных расчетов во всех остальных полосах частот производится определение величины  $L_{Aэкв}$ , (см. формулу (2)) и ее сравнение с требуемой нормативной характеристикой.

Таким образом, для проектирования шумозащиты непостоянных рабочих мест требуется проведение большого количества расчетов шума во всем нормируемом диапазоне частот. Для этой цели следует использовать приведенную выше методику. Методика позволяет применять современную вычислительную технику, обеспечивая требуемое быстродействие решения задач.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леденев, В. И. Акустические расчеты при проектировании шумозащиты непостоянных рабочих мест в помещениях с автоматизированными производственными процессами / В. И. Леденев, Н. П. Меркушева. – Текст : непосредственный // Современная наука : теория, методология, практика : материалы 2-ой Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тамбов, 28–29 мая 2020 года. – Тамбов : Издательство Чеснокова А. В., 2020. – С. 31–38.
2. Компьютерное проектирование средств шумозащиты в зданиях с автоматизированными процессами / И. Л. Шубин, А. И. Антонов, В. И. Леденев, Н. П. Меркушева. – Текст : непосредственный // БСТ : Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 10 (1034). – С. 36–38.
3. Использование карт доз шума при разработке организационных мер шумозащиты в производственных помещениях с непостоянными рабочими местами / И. Л. Шубин, В. И. Леденев, А. И. Антонов, Н. П. Меркушева. – Текст : непосредственный // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2021. – № 1 (16). – С. 86–97.
4. Occupational noise exposure standard. Osha 29 cfr 1910.95. Occupational Health and Safety Administration : 3 march 2011 : retrieved 10 september 2012. – URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>. – Дата обращения: 03.10.2023 г.





5. Directive 2003 / 10 / EC of the European parliament and of the council of 6 february 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) : Seventeenth individual directive within the meaning of article 16 (1) of directive 89 / 391 / EEC // Official Journal of the European union. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0010>.

6. Расчет шума при проектировании звукоизолирующих кожухов технологического оборудования / А. И. Антонов, В. И. Леденев, Е. О. Соломатин, И. Л. Шубин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2015. – № 6. – С. 39–41.

7. Антонов, А. И. Расчет прямого звука от звукоизолирующего кожуха в форме прямоугольного параллелепипеда. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2015661739 : Российская Федерация : заявление № 2015618682 : регистрация № 22.09.2015 : опубликовано 06.11.2015 / А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев ; заявитель Тамбовский государственный технический университет. – Текст : непосредственный.

8. Снижение шума газовоздушных каналов энергетических предприятий звукоизолирующими облицовками / А. И. Антонов, А. В. Гречишкин, В. П. Гусев [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2022. – № 1 (61). – С. 97–103.

9. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных помещениях с перегородками неполной высоты / В. П. Гусев, А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 2 (368). – С. 260–267.

10. Расчет акустической эффективности звукопоглощающих облицовок, размещаемых в крупногабаритных газовоздушных каналах / А. И. Антонов, В. П. Гусев, В. И. Леденев, И. В. Матвеева. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2021. – № 11 (755). – С. 83–94. – DOI 10.32683/0536-1052-2021-755-11-83-94.

11. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных помещениях с перегородками неполной высоты / В. П. Гусев, А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 2 (368). – С. 260–267.

12. Акустические и динамические характеристики эластомерных строительных материалов на основе NBR каучука / В. П. Гусев, О. А. Жоголева, В. И. Леденев, А. В. Сидорина. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2019. – № 6. – С. 56–61. – DOI 10.31659/0585-430X-2019-771-6-56-61.

13. Гусев, В. П. Изоляция шума воздуховодов систем вентиляции покрытиями с использованием эластомерных и волокнистых материалов / В. П. Гусев, А. В. Сидорина. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2013. – № 6. – С. 37–40.

14. Гусев, В. П. Защита от воздушного шума вентиляционного оборудования кожухами и звукоизолирующими покрытиями / В. П. Гусев, М. Ю. Лешко, А. В. Сидорина. – Текст : непосредственный // БСТ : Бюллетень строительной техники. – 2016. – № 6 (982). – С. 12–14.

15. Звукоизоляция однослойных легких перегородок с антирезонансными панелями / В. Н. Бобылев, В. И. Ерофеев, Д. В. Монич [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2021. – № 3 (59). – С. 46–55.

16. Дымченко, В. В. Звукоизоляция каркасно-обшивных перегородок / В. В. Дымченко, В. И. Ерофеев, Д. В. Монич. – Текст : непосредственный // Труды Всероссийской акустической конференции : материалы III Всероссийской конференции. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020. – С. 499–501.





17. Звукоизоляция сэндвич-панелей с присоединенными облицовками / В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, В. И. Ерофеев [и др.]. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2020. – № 7. – С. 8–13. – DOI 10.31659/0044-4472-2020-7-8-13.

18. Звукоизоляция бескаркасных сэндвич-панелей с пазогребневым соединением среднего слоя / В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев, В. И. Ерофеев [и др.]. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2020. – № 3 (55). – С. 9–18.

19. Звукоизоляция легких перегородок с торкрет-облицовками и акустическим разобщением слоев / Д. С. Кузьмин, Д. В. Мониц, В. Н. Бобылев, П. А. Гребнев. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2023. – № 1 (65). – С. 57–64.

20. Кочкин, А. А. Легкие звукоизолирующие ограждающие конструкции из элементов с вибродемпфирующими слоями / А. А. Кочкин. – Текст : непосредственный // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5–2 (38). – С. 152а–156.

21. Иванова, А. В. Двойные звукоизолирующие конструкции из слоистых элементов с вибропоглощением / А. В. Иванова, Н. А. Кочкин, А. А. Кочкин. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы развития строительной отрасли, экологической и промышленной безопасности : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2023. – С. 84–88.

22. Кочкин, А. А. Физико-технические основы проектирования звукоизоляции легких ограждающих конструкций зданий из элементов с вибродемпфирующими слоями / А. А. Кочкин, Н. А. Кочкин. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – 163 с. – Текст : непосредственный.

23. Антонов, А. И. Методы расчета прямого звука и опыт их использования в практике оценки шумового режима на территориях застройки и внутри зданий / А. И. Антонов, А. М. Макаров, Е. О. Соломатин. – Текст : непосредственный // Устойчивое развитие региона : архитектура, строительство, транспорт : материалы 4-й Международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2017. – С. 44–47.

24. Расчеты шума в гражданских и промышленных зданиях при зеркально-диффузном отражении звука от ограждений / А. И. Антонов, В. И. Леденев, И. В. Матвеева, И. Л. Шубин. – Москва : Директмедиа Паблишинг, 2022. – 192 с. – Текст : непосредственный.

25. Антонов, А. И. Расчет эквивалентных уровней и доз шума в помещениях с перемещающимися рабочими местами при действии источников постоянного шума. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019611755 Российская Федерация : заявление № 2019610531 : регистрация № 22.01.2019 : опубликовано 04.02.2019 / А. И. Антонов, О. А. Жоголева, В. И. Леденев ; заявитель Тамбовский государственный технический университет. – Текст : непосредственный.

**ANTONOV Aleksandr Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of architecture and building construction<sup>1</sup>; leading researcher<sup>2</sup>; SHUBIN Igor Lyubimovich, corresponding member of the RAACS, doctor of technical sciences, director of the institute<sup>2</sup>; MATVEEVA Irina Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of urban development and roads<sup>1</sup>; MERKUSHEVA Natalya Pavlovna, postgraduate student of the chair of urban development and roads<sup>1</sup>**

## **DESIGN OF NOISE PROTECTION MEASURES IN INDUSTRIAL PREMISES WITH NON-PERMANENT WORKPLACES**



<sup>1</sup> Tambov State Technical University  
112-E, Michurinskaya St., Tambov, 392032, Russia. Tel.: +7 (4752) 63-09-20,  
+7 (4752) 63-03-72; e-mail: gsiad@mail.tambov.ru

<sup>2</sup> Research Institute of Building Physics of RAACS,  
21, Lokomotivny Dr., Moscow, 127238, Russia. Tel.: +7 (495) 482-40-16

*Key words:* industrial buildings, non-permanent workplaces, noise calculation, computer simulation of noise, noise protection.

---

*The article considers principles of designing noise protection measures in industrial premises with non-permanent workplaces. The features of the evaluation of the noise regime of non-permanent workplaces are shown. The methods of noise reduction in such workplaces are indicated, an example of noise reduction in a production room with non-permanent places is given through the integrated application of noise protection measures. It is shown that for the design of such measures it is necessary to use computer modeling using modern computer technology.*

---

#### REFERENCES

1. Ledenev V. I., Merkusheva N. P. Akusticheskie raschyoty pri proektirovanii shumozashchity nepostoyannykh rabochikh mest v pomeshcheniyakh s avtomatizirovannymi proizvodstvennymi protsessami [Acoustic calculations in the design of noise protection of non-permanent workplaces in rooms with automated production processes] / *Sovremennaya nauka: teoriya, metodologiya, praktika* [Modern Science: theory, methodology, practice] : materialy 2-oy Vserossiyskoy (natsionalnoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tambov, 28-29 maya 2020 goda. – Tambov : Izd-vo Chesnokova A. V., 2020. – P. 31–38.

2. Shubin I. L., Antonov A. I., Ledenev V. I., Merkusheva N. P. Kompyuternoe proektirovanie sredstv shumozashchity v zdaniyakh s avtomatizirovannymi protsessami [Computer-aided design of noise protection facilities in buildings with automated processes] / *BST: Byulleten stroitelnoy tekhniki* [BST: Bulletin of construction equipment]. – 2020. – № 10(1034). – P. 36–38.

3. Shubin I. L., Ledenev V. I., Antonov A. I., Merkusheva N. P. Ispolzovanie kart doz shuma pri razrabotke organizatsionnykh mer shumozashchity v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh s nepostoyannymi rabochimi mestami [The use of noise dose maps in the development of organizational noise protection measures in industrial premises with non-permanent workplaces] / *Zhilishchnoe hozyaystvo i kommunalnaya infrastruktura* [Housing and utilities infrastructure]. – 2021. – № 1(16). – P. 86–97.

4. OSHA 29 CFR 1910.95 Occupational noise exposure standard. Occupational Health and Safety Administration. 3 March 2011. Retrieved 10 September 2012. – URL: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>. – Data obrascheniya: 03.10.2023 g.

5. Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) : Seventeenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC // *Official Journal of the European Union*. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0010>.

6. Antonov A. I., Ledenev V. I., Solomatin E. O., Shubin I. L. Raschyot shuma pri proektirovanii zvukoizoliruyushchikh kozhukhov tekhnologicheskogo oborudovaniya [Noise calculation in the design of sound-proofing casings of technological equipment] / *Stroitelnye materialy* [Building materials]. – 2015. – № 6. – P. 39–41.

7. Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Ledenev V. I. Raschyot pryamogo zvuka ot zvukoizoliruyushchego kozhukha v forme pryamougolnogo parallelepipa [Calculation of direct sound from a soundproofing casing in the shape of a rectangular parallelepiped].



Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № RU 2015661739 : Rossiyskaya Federatsiya : zayavl. № 2015618682 : registr. 22.09.2015 : opubl. 06.11.2015 /; zayavitel Tambov. gos. tekhnich. un-t.

8. Antonov A. I., Grechishkin A. V., Gusev V. P. [et al.] Snizhenie shuma gazovozdushnykh kanalov energeticheskikh predpriyatiy zvukoizoliruyushchimi oblitovkami [Noise reduction of gas-air channels of energy enterprises with sound-proofing lining] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2022. – № 1(61). – P. 97–103.

9. Gusev V. P., Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Ledenev V. I. Raschyoty shuma pri proektirovanii shumozashchity v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh s peregorodkami nepolnoy vysoty [Noise calculations in the design of noise protection in industrial premises with partitions of incomplete height] / Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti [News of higher educational institutions. Textile industry technology]. – 2017. – № 2(368). – P. 260–267.

10. Antonov A. I., Gusev V. P., Ledenev V. I., Matveeva I. V. Raschyot akusticheskoy effektivnosti zvukopogloshchayushchikh oblitovok, razmeshchaemykh v krupnogabaritnykh gazovozdushnykh kanalakh [Calculation of acoustic efficiency of sound-absorbing linings placed in large-sized gas-air channels] / Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo. [News of higher educational institutions. Construction]. – 2021. – № 11(755). – P. 83–94. – DOI 10.32683/0536-1052-2021-755-11-83-94.

11. Gusev V. P., Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Ledenev V. I. Raschyoty shuma pri proektirovanii shumozashchity v proizvodstvennykh pomeshcheniyakh s peregorodkami nepolnoj vysoty [Noise calculations in the design of noise protection in industrial premises with partitions of incomplete height] / Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. [News of higher educational institutions. Construction]. – 2017. – № 2(368). – P. 260–267.

12. Gusev V. P., Zhogoleva O. A., Ledenev V. I., Sidorina A. V. Akusticheskie i dinamicheskie kharakteristiki elastomernykh stroitelnykh materialov na osnove NBR kauchuka [Acoustic and dynamic characteristics of elastomeric building materials based on NBR rubber] / Stroitelnye materialy [Building materials]. – 2019. – № 6. – P. 56–61. – DOI 10.31659/0585-430X-2019-771-6-56-61.

13. Gusev V. P., Sidorina A. V. Izolyatsiya shuma vozdukhovodov sistem ventilyatsii pokrytiyami s ispolzovaniem elastomernykh i voloknistykh materialov [Noise isolation of air ducts of ventilation systems by coatings using elastomeric and fibrous materials] / Stroitelnye materialy [Building materials]. – 2013. – № 6. – P. 37–40.

14. Gusev V. P., M. Yu. Leshko, Sidorina A. V. Zashchita ot vozdushnogo shuma ventilyatsionnogo oborudovaniya kozhukhami i zvukoizoliruyushchimi pokrytiyami [Protection from air noise of ventilation equipment by casings and sound-proofing coatings] / BST: Byulleten stroitelnoy tekhniki [BST: Bulletin of construction equipment]. – 2016. – № 6 (982). – P. 12–14.

15. Bobilyov V. N., Erofeev V. I., Monich D. V. [et al.] Zvukoizolyatsiya odnosloynnykh lyogkikh peregorodok s antirezonansnymi panyami [Sound insulation of single-layer light partitions with anti-resonance panels] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2021. – № 3(59). – P. 46–55.

16. Dymchenko V. V., Erofeev V. I., Monich D. V. Zvukoizolyatsiya karkasno-obshivnykh peregorodok [Sound insulation of frame-sheathing partitions] / Trudy Vserossiyskoy akusticheskoy konferentsii : Materialy III Vserossiyskoy konferentsii [Proceedings of the All-Russian Acoustic Conference : Proceedings of the III All-Russian Conference]. Saint-Petersburg : Sankt-Peterbur. politekh. un-t Petra Velikogo, 2020. – P. 499–501.

17. Bobilyov V. N., Grebnev P. A., Erofeev V. I. [et al.] Zvukoizolyatsiya sendvich-paneley s prisoedinyonnymi oblitovkami [Sound insulation of sandwich panels with attached



facings] / Zhilishchnoe stroitelstvo [Housing construction]. – 2020. – № 7. – P. 8–13. – DOI 10.31659/0044-4472-2020-7-8-13.

18. Boblyov V. N., Grebnev P. A., Erofeev V. I. [et al.]. Zvukoizolyatsiya beskarkasnykh sendvich-paneley s pazogrebnyym soedineniem srednego sloya [Sound insulation of frameless sandwich panels with a groove-ridge connection of the middle layer] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2020. – № 3(55). – P. 9–18.

19. Kuzmin D. S., Monich D. V., Boblyov V. N., Grebnev P. A. Zvukoizolyatsiya lyogkikh peregorodok s torkret-oblitsovkami i akusticheskim razobshcheniem sloyov [Sound insulation of light partitions with shotcreted claddings and acoustic separation of layers] / Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. Nizhny Novgorod, 2023. – № 1(65). – P. 57–64.

20. Kochkin A. A. Lyogkie zvukoizoliruyushchie ograzhdayushchie konstruksii iz elementov s vibrodempfiruyushchimi sloyami [Lightweight soundproof enclosing structures made of elements with vibration damping layers] // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta [Proceedings of the Southwestern State University]. – 2011. – № 5-2(38). – P. 152a–156.

21. Ivanova A. V., Kochkin N. A., Kochkin A. A. Dvoynye zvukoizoliruyushchie konstruksii iz sloistykh elementov s vibropogloshcheniem [Double soundproof structures made of layered elements with vibration absorption] / Aktualnye voprosy razvitiya stroitelnoy otrasli, ekologicheskoy i promyshlennoy bezopasnosti [Current issues in the development of the construction industry, environmental and industrial safety] : Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Vologda : Vologod. gos. un-t, 2023. – P. 84–88.

22. Kochkin A. A., Kochkin N. A. Fiziko-tehnicheskie osnovy proektirovaniya zvukoizolyatsii lyogkikh ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy iz elementov s vibrodempfiruyushchimi sloyami [Physical and technical fundamentals of designing sound insulation of light enclosing structures of buildings made of elements with vibration damping layers] / Vologda : Vologod. gos. un-t, 2022. – 163 p.

23. Antonov A. I., Makarov A. M., Solomatin E. O. Metody raschyota pryamogo zvuka i opyt ikh ispolzovaniya v praktike otsenki shumovogo rezhima na territoriyakh zastroyki i vntri zdaniy [Methods of calculating direct sound and experience of their use in the practice of assessing the noise regime in the territories of development and inside buildings] / Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitelstvo, transport [Sustainable development of the region: architecture, construction, transport] : materialy 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii instituta arkhitektury, stroitelstva i transporta Tambov. gos. tekhnich. un-ta. Tambov : Izd-vo Pershina R.V., 2017. – P. 44–47.

24. Antonov A. I., Ledenev V. I., Matveeva I. V., Shubin I. L. Raschyoty shuma v grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniyakh pri zerkalno-diffuznom otrazhenii zvuka ot ograzhdeniy [Noise calculations in civil and industrial buildings with mirror-diffuse reflection of sound from fences] / Moscow : Direktmedia Publishing, 2022. – 192 p.

25. Antonov A. I., Zhogoleva O. A., Ledenev V. I. Raschyot ekvivalentnykh urovney i doz shuma v pomeshcheniyakh s peremeshchayushchimisya rabochimi mestami pri deystvii istochnikov postoyannogo shuma [Calculation of equivalent noise levels and doses in rooms with moving workplaces under the influence of constant noise sources]. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2019611755 Rossiyskaya Federatsiya : zayavl. № 2019610531 : registr. 22.01.2019 : opubl. 04.02.2019 / ; zayavitel Tambov. gos. tekhnich. un-t.

© А. И. Антонов, И. Л. Шубин, И. В. Матвеева, Н. П. Меркушева, 2023

Получено: 04.10.2023 г.