

# ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ ЭКРАНОВ

А.Г. Овчаренко, С.Л. Раско, В.В. Смирнов

*Бийский технологический институт АлтГТУ, г. Бийск*

В данной работе предлагается экспериментальная установка в виде лабораторного стенда для измерения спектральных характеристик шума, эффективности звукоизолирующих экранов и индивидуальной аудиограммы человека. Стенд содержит источник шума в виде генератора звука низкой частоты, громкоговоритель, наушники, звукоизолирующий экран и шумомер. Созданный стенд позволяет экспериментально исследовать влияние формы сигнала шума на различные экраны, устанавливать эффективность звукоизолирующих экранов из различных материалов. Возможность получения дополнительно индивидуальных аудиограмм слуха работников позволит использовать стенд в научных исследованиях и учебном процессе.

Ключевые слова: измерение шума, допустимый уровень шума, нормирование шума, звукоизолирующий экран, аудиограмма.

## ВВЕДЕНИЕ

Шум является одним из главных неблагоприятных производственных факторов. Из-за шума у работающих возникает более быстрое утомление, которое приводит к снижению производительности труда на 10–15 %, увеличению числа ошибок при выполнении операций трудового процесса и, следовательно, к повышенной опасности возникновения травм. При длительном воздействии шума снижается чувствительность слухового аппарата, возникают патологические изменения в нервной и сердечно-сосудистой системах.

Поэтому, важное значение имеет всестороннее исследование влияния различных источников шума и решение вопросов снижения шума до допустимых уровней при помощи звукоизолирующих экранов.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время известны конструкции стендов, используемых для проведения исследований и обучения студентов [1-5]. В основном, они предназначены для экспериментального исследования звукопоглощающей способности различных материалов и их сочетаний.

Наибольшее распространение получили стенды для измерения постоянного шума, содержащие в своем составе генератор шума, шумовую камеру и шумомер. В качестве генератора шума используется персональный компьютер, а основным источником шума являются акустические колонки [2].

Анализ конструкций и возможностей существующих стендов позволил предложить и разработать лабораторный стенд для проведения измерения параметров шума и оценки эффективности мероприятий по снижению шума средствами звукоизоляции, основанный на использовании в составе стенда звукоизо-

лирующей перегородки и звукоизолирующего кожуха [1].

Использование такого стенда для обучения позволяет знакомиться с вредным действием шума на организм человека, с требованиями санитарных норм по ограничению шума, с приборами и методикой исследования производственного шума, способами и средствами защиты от его воздействия на человека в производственных условиях.

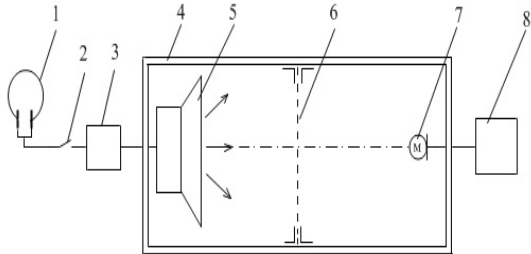
При этом стенд обеспечивает проведение экспериментальных исследований по изменению параметров шума при применении экранов, перегородок, кожухов, а также изменение интенсивности шума при изменении расстояния от источника шума до мест замера. В качестве источников шума повышенной мощности предложено использовать электрический звонок и мотоциклетный сигнал [3].

Лабораторный стенд для изучения влияния шума обеспечивает также измерения уровня и спектра шума компрессора. При этом сравнивают уровни шума со стандартной шкалой уровней громкости звука при различных частотах, экспериментально определяют свойства звукоизолирующих материалов и оценивают эффективность технических решений снижения акустической нагрузки на окружающую среду [4].

Отличительной особенностью предлагаемого стенда является возможность снятия индивидуальной аудиограммы слуха человека, что очень важно при определении профессионального заболевания «шумовая болезнь». Кроме этого рассматриваемый стенд для измерения шума и эффективности звукоизолирующих экранов отличается простотой изготовления и эксплуатации. При работе на стенде имеется возможность субъективной оценки простейших средств индивидуальной защиты от шума (беруши). Поэтому стенд можно отнести к универсальным.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема лабораторного стенда. Принцип работы заключается в распространении звуковых сигналов различной частоты и амплитуды динамиком 5 и последующим приемом данных сигналов микрофоном 7 шумомера 8. Сигнал шума поступает на динамик 5 или на наушники 1 от генератора звука низкой частоты 3 с помощью переключателя 2. Динамик 5 и микрофон 7 размещены в звукоизолирующем корпусе 4. Между динамиком и микрофоном шумомера в зависимости от конкретных условий, устанавливаются различные звукоизолирующие экраны 6.

В качестве источника шума в экспериментальной установке используется генератор звука низкой частоты. Генератор позволяет формировать электрические сигналы звуковых частот различной амплитуды, имеет цифровой индикатор амплитуды и частоты.



1 – наушники; 2 – выключатель; 3 – генератор звука низкой частоты; 4 – корпус установки; 5 – громкоговоритель; 6 – звукоизолирующий экран; 7 – микрофон шумомера; 8 – шумомер

**Рис. 1. Принципиальная схема лабораторного стенда для исследования шума**

В качестве источника шума в стенде используется генератор звука низкой частоты. Генератор позволяет формировать электрические сигналы звуковых частот различной амплитуды, имеет цифровой индикатор амплитуды и частоты. Прибор выполнен на базе кварцованного микропроцессорного программного генератора с прямым синтезом частоты. Это обеспечивает высокую стабильность частоты и амплитуды во всем рабочем диапазоне частот, а так же точность формы генерируемых сигналов различной формы: синусоидальной, треугольной, типа «меандр» и пилообразной формы.

Генератор имеет следующие характеристики:

Диапазон частот.....	1-10000 Гц
Точность установки частоты в диапазоне 1–100 Гц.....	1 Гц
в диапазоне 100 до 10000 Гц.....	10 Гц
Стабильность частоты, не хуже.....	10-5 Гц
Выходное напряжение, (эффективное).....	0-5 В
Точность установки выходного напряжения ....	0,02 В
Сопrotивление нагрузки, не менее, .....	8 Ом
Напряжение питания .....	12 В

Настройка частоты, амплитуды и формы сигналов производится нажатием на соответствующие кнопки управления на передней панели прибора. При одновременном нажатии на кнопку частота (амплитуду)

да) частота изменяется на один шаг (в соответствии с таблицей характеристик генератора). При продолжительном удерживании кнопок (более 1 сек) включается режим автоповтора ~ 25 раз/сек. Значение частоты, амплитуды и формы сигналов отображается при помощи световых индикаторов.

Для измерения параметров шума при проведении исследований используется точный импульсный шумомер типа *robotron* 00024. Принцип действия прибора основан на преобразовании звукового давления от микрофона в электрическое напряжение, регистрируемое индикатором, который градуирован в единицах децибел (дБ).

Технические характеристики шумомера:

Диапазон измерения .....	от 20 Гц до 12,5 кГц
Основная погрешность прибора.....	$\pm 0,5$ дБ
Диапазон шкалы.....	5-10 дБ
Временная характеристика прибора.....	F (быстро), S (медленно), I (импульс)
Класс точности шумомера по ГОСТ 17187–2010....	1

На рисунке 2 представлена схема общего вида лабораторного стенда для исследования параметров шума. Исследования на стенде можно проводить трех видов:

- измерение шума в диапазоне 31,5-8000 Гц при различной амплитуде и форме сигнала;
- измерение шума в диапазоне 31,5-8000 Гц с использованием различных звукоизолирующих экранов;
- снятие индивидуальной аудиограммы слуха работника.

Лабораторный стенд позволяет выполнить измерения уровня звукового давления  $L$  (дБ) для среднегеометрических частот 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Также измерения можно производить при разной амплитуде и форме сигнала. Полученные данные сравниваются с нормированными уровнями звукового давления в октавных полосах по СН 2.2.4/2.1.8.562–96.

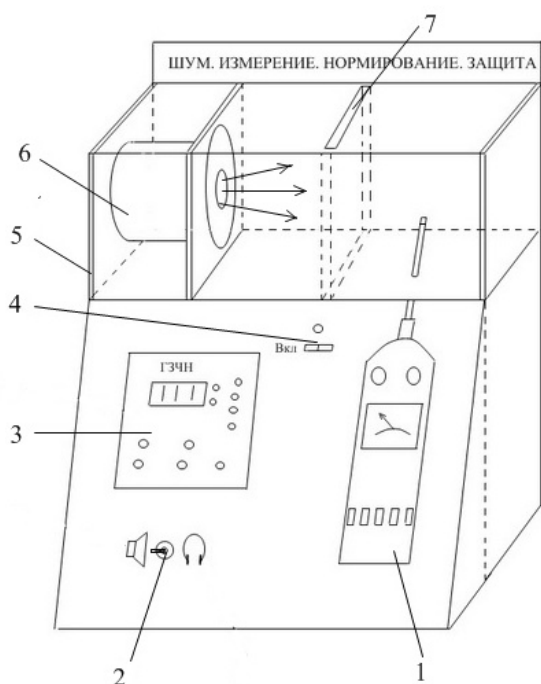
Для оценки эффективности звукоизолирующих экранов в установке предусмотрено использование экранов из различных материалов (фанера, стекло, пластик и др.), которые устанавливаются в акустическую камеру. При этом можно произвести аналогичные измерения уровня звукового давления  $L$  (дБ) для различных частот, при различных амплитудах и форме сигнала.

Эффективность звукозащитных экранов  $\Delta L_i$  определяется по формуле

$$\Delta L_i = L - L_i \quad (1)$$

где  $L$  - уровень звука без экрана;

$L_i$  - уровень звука при установке экрана.



1 – прибор измерения шума *robotron* 00024; 2 – переключатель рода работ «громкоговоритель» - «наушники»; 3 – генератор звука низкой частоты; 4 – выключатель; 5 – корпус стенда; 6 – динамик; 7 – гнездо для звукоизолирующих экранов

Рис. 2. Общий вид лабораторного стенда для исследования шума

По полученным экспериментальным данным строятся графики:

- зависимость уровня звукового давления  $L$  (дБ) от спектра среднегеометрических частот  $f_{ср.г.}$  (Гц) для значений, измеренных в камере без звукоизолирующих экранов и сравниваются с нормированными уровнями звукового давления  $L_H$  для указанного спектра частот;

- зависимость эффективности звукозащитных экранов  $\Delta L_i$  (дБ) от спектра среднегеометрических частот  $f_{ср.г.}$  (Гц).

При необходимости снятия индивидуальной аудиограммы звукового диапазона данная установка позволяет определить минимальный порог слышимости  $L_{пор}$  (дБ) последовательно для звукового диапазона частот 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц и построить индивидуальную аудиограмму спектра шума для конкретного человека.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы предложен и разработан лабораторный стенд, позволяющий экспериментально исследовать влияние позволяет экспериментально исследовать влияние формы сигнала шума на различные экраны, устанавливать эффективность звукоизолирующих экранов из различных материалов [6-12].

Созданный стенд позволяет оперативно получать достаточно надежные результаты для предварительной оценки шумоизолирующей способности экранов из различных материалов.

При снятии индивидуальной аудиограммы стенд позволяет оценивать состояние человека с точки зрения восприятия шумов и его предрасположенность к «шумовой болезни».

Простота в изготовлении и эксплуатации позволяют рекомендовать стенд для проведения исследований шума студентами и начинающими исследователями, а также использовать стенд при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дашковский А.Г. Исследование шумов в производственных помещениях: методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2009. – 21 с.
2. Лабораторный стенд для измерения шума: методические указания по выполнению лабораторно-расчетной работы/ Ю.А.Василевский, С.В.Анискин, И.О.Протодияконов, И.Е.Слепцов, О.И.Протодияконова. - СПб.: СПбГУРП, 2013 - 12 с.
3. Скобелев Ю.В. Анализ производственного шума: методические указания к лабораторной работе /Ю.В. Скобелев., С.Н. Гладких, Н.И.Николаева, В.А. Самойленко. - Великий Новгород: НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2009. - 25 с.
4. Егоров В.Н., Хабаров Д.А. Измерение уровней шума: методические указания для выполнения лабораторной работы. - Москва: МГУТиК, 2016.- 26 с.
5. [http://labstand.ru/catalog/zashchita\\_ot\\_vrednykh\\_proizvodstvennykh\\_h\\_faktorov/labratornyuy\\_stend](http://labstand.ru/catalog/zashchita_ot_vrednykh_proizvodstvennykh_h_faktorov/labratornyuy_stend)
6. ГОСТ 12.1.003–2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
7. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
8. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых общественных зданий и на территории жилой застройки».
9. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».
10. Борьба с шумом на производстве : Справочник/Под общ. ред. Е.Я. Юдина. - М.: Машиностроение, 1985. - 400 с.
11. Кравчун П.Н. Генерация и методы снижения шума и звуковой вибрации. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 184 с.
12. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом.- М.: Изд. Логос. Университетская книга 2008. - 424 с.

*Овчаренко Александр Григорьевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения и качества, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854)432448, e-mail: [tmk@bti.secna.ru](mailto:tmk@bti.secna.ru).*

*Раско Станислав Леонидович – к.т.н., доцент, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854)432448, e-mail: [ttmk@bti.secna.ru](mailto:ttmk@bti.secna.ru).*

*Смирнов Виталий Васильевич – к.т.н., доцент, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО АлтГТУ, тел. (3854)432448, e-mail: [tmk@bti.secna.ru](mailto:tmk@bti.secna.ru).*

# LABORATORY STAND FOR RESEARCH EFFICIENCY OF SOUND-ISOLATING SCREENS

**A.G. Ovcharenko, S.L. Rasko, V.V. Smirnov**

*Biysk technological Institute of Altai state technical University, Biysk*

In this paper, we propose an experimental installation in the form of a laboratory bench for measuring the spectral characteristics of noise, the effectiveness of sound-proofing screens and individual human audiograms. The stand contains a noise source in the form of a low-frequency sound generator, a loudspeaker, headphones, a sound-proofing screen and a sound level meter. The installation allows to investigate noise experimentally depending on the amplitude and frequency of the spectrum. In this case, you can select the form of the noise signal, select or check the sound-insulating screens of various materials, as well as receive individual hearing audiograms for employees. The installation can find application in scientific research and educational process.

Keywords: measurement of noise, permissible noise levels, noise regulation, soundproof screen, audiogram.

## REFERENCES

1. GOST 12.1.003–2014 "SSBT. Noise. General safety requirements".
2. SNiP 23-03-2003 "Noise protection".
3. SN 2.2.4/2.1.8.562–96 " Noise in the workplace, in public residential buildings and in residential areas."
4. SanPiN 2.2.4.3359-16 "Sanitary-epidemiological requirements to the physical factors at workplaces".
6. Kravchun P. N. Generation and methods of noise and sound vibration reduction. - Moscow: Moscow state University Publ., 1991. - 184 p.
7. Engineering acoustics. Theory and practice of noise control.- M.: ed. Logo. University book 2008. - 424 p.
8. Aniskin, S. V. Experimental study of noise levels in the workplace: methodical instructions to performance of laboratory-design works /S. V. Aniskin, acting Protodyakonov, Y. A. Vasilevsky, I. E. Sleptsov. - SPb.: Spbgturp, 2008. - 25 p.
9. Skobelev, Yu. V. Analysis of industrial noise: methodical instructions to laboratory work /In Yu. Skobelev., S. N. Smooth, N. And.Nikolaev, V. A. Samoilenko. - Veliky Novgorod: Novgu them. Yaroslav The Wise, 2009. - 25 p.

*Ovcharenko Alexander Grigorievich – doctor of technical Sciences, Professor, head of Department of manufacturing engineering and quality, Biysk technological Institute (branch) of the AltSTU, phone: (3854)435308, e-mail: [shura@bti.secna.ru](mailto:shura@bti.secna.ru).*

*Rasko Stanislav Leonidovich – candidate of technical Sciences, associate Professor, Biysk technological Institute (branch) of the AltSTU, phone: (3854)435308, e-mail: [tmk@bti.secna.ru](mailto:tmk@bti.secna.ru).*

*Smirnov Vitaliy Vasilyevich – candidate of technical Sciences, associate Professor, Biysk technological Institute (branch) of the AltSTU, phone: (3854)435308, e-mail: [tmk@bti.secna.ru](mailto:tmk@bti.secna.ru).*