
Анализ сигналов и систем

УДК 534.61

Проектирование корпуса микрофона для системы анализа разнесённых акустических шумов

Булкин В.В., Богатырев И.Б.

В статье представлены результаты проектирования корпуса микрофона для лабораторного стенда оценки средств индивидуальной защиты от шума. В качестве основы макета головы использован стандартный манекен, в который встроен измерительный микрофон. Второй микрофон, обеспечивающий одновременный контроль уровня звукового давления в пространстве расположения манекена, размещается в специальном держателе около манекена. Оба микрофона присоединяются к персональному компьютеру. Обработка осуществляется посредством программы анализа разнесённых акустических шумов, также разработанной в Муромском институте. Корпус микрофона выполнен методом печати с использованием 3D принтера. Для удобства установки капсюля выполнен составным. Возможные наводки на частоте 50 Гц, вызываемые выполнением корпуса из пластмассы не будут иметь решающего значения, поскольку микрофон предназначен для измерений на уровнях звукового давления до 100 дБ. Показан вид микрофона с установленным электрретным капсюлем, закреплённого в держателе.

Ключевые слова: акустический шум, средства индивидуальной защиты, микрофон, 3D печать, лабораторный стенд.

Введение

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что шум высокой интенсивности оказывает вредное влияние на человеческий организм. Шум понижает работоспособность при умственном труде примерно на 60 %, а при физическом - на 30 %, с увеличением уровня шума от 70 до 90 дБ производительность труда снижается на 20 %. Нарушения в органе слуха, вызванные интенсивным шумом, занимают первое место в общероссийской структуре профессиональных заболеваний ЛОР-органов (54,8%) [1]. Ухудшение общего психологического состояния в результате акустошумового загрязнения городской среды отмечается, например, в [2,3], особенно у людей пожилого возраста [4].

Очевидно, что защита от шума является одним из приоритетных направлений развития современного общества.

С точки зрения производственной безопасности в условиях акустического шума достаточно эффективными считаются средства индивидуальной защиты (СИЗ), к которым в

первую очередь относятся шумозащитные наушники и ушные вкладыши [5].

Основные требования к средствам индивидуальной защиты устанавливаются нормативными документами, действующими на территориях разных стран. Например, в РФ с 1.01.2024 введён в действие стандарт ГОСТ ISO 4869-2-2022 [6], устанавливающий три метода расчёта (метод расчета по октавным полосам, метод HML и метод SNR) А-корректированного уровня звукового давления шума, воздействующего на работника при надетом СИЗ органа слуха. Действующая на территории ЕС Директива 2003/10/ЕС по шуму [7] также устанавливает на рабочих местах нормируемые величины экспозиций шума трёх видов, что должно обеспечить возможности адаптации применения СИЗ в разных условиях.

Однако согласно разным источникам во многих случаях реальная эффективность СИЗ, значительно ниже заявляемой производителями [8,9]. Такое положение дел требует либо предварительного, либо периодического контроля состояния СИЗ, обеспечивающих

эффективное снижение уровня шума на пути движения его от источника к слуховой системе человека.

Обычно говорят о двух основных видах контроля эффективности СИЗ – объективных и субъективных [10]. Объективные методы требуют применения испытательных камер, зачастую имеющих существенный рабочий объём. Субъективные методы предполагают анализ ощущений испытуемого. И те, и другие методы связаны с существенными сложностями и ощутимыми финансовыми затратами.

Более простыми являются методы, связанные с измерениями с помощью миниатюрного микрофона, размещаемого в ушном канале, или с использованием манекена головы человека, оборудованного имитаторами органов слуха и микрофонами.

Применение манекенов для оценки уровня шумового воздействия и эффективности защиты от шума представляет интерес и с точки зрения организации подготовки специалистов в области техносферной безопасности. Изучение особенностей источников шума и индивидуальных средств защиты является обязательным в процессе подготовки специалистов по охране труда.

Лабораторный стенд для оценки СИЗ

В Муромском институте разработан стенд для оценки средств индивидуальной защиты (шумозащитные наушники и ушные вкладыши) [11]. В качестве основы макета головы использован стандартный манекен, в который встроен измерительный микрофон. Внутренний объём заполнен шумопоглощающим материалом. Вид манекена представлен на рис.1.

Второй микрофон, обеспечивающий одновременный контроль уровня звукового давления в пространстве расположения манекена, размещается в специальном держателе около манекена. Оба микрофона присоединяются к персональному компьютеру. Обработка осуществляется посредством программы анализа разнесённых акустических шумов [12], также разработанной в Муромском институте.

Статья посвящена созданию корпуса для второго микрофона, располагаемого около манекена.



Рис.1. – Вид манекена

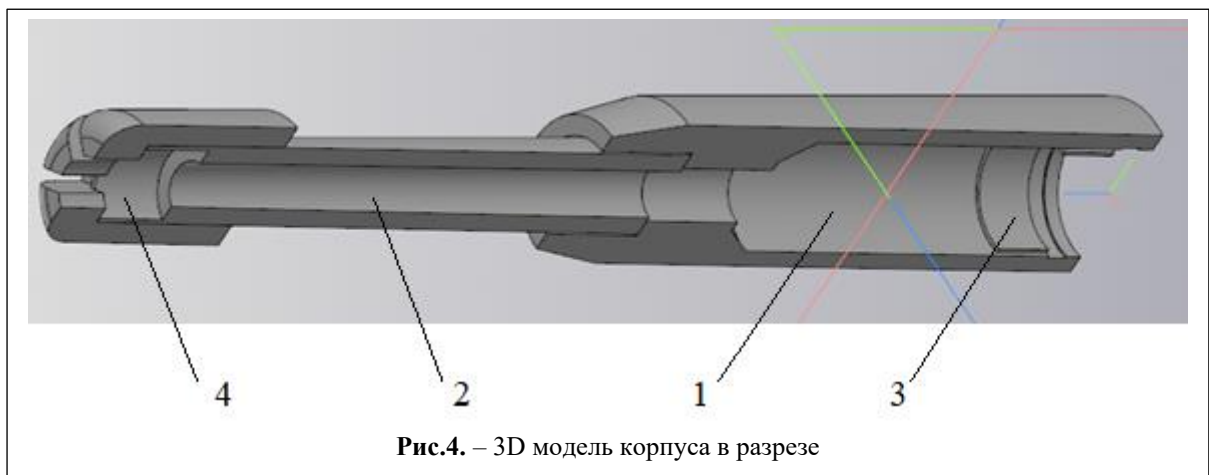
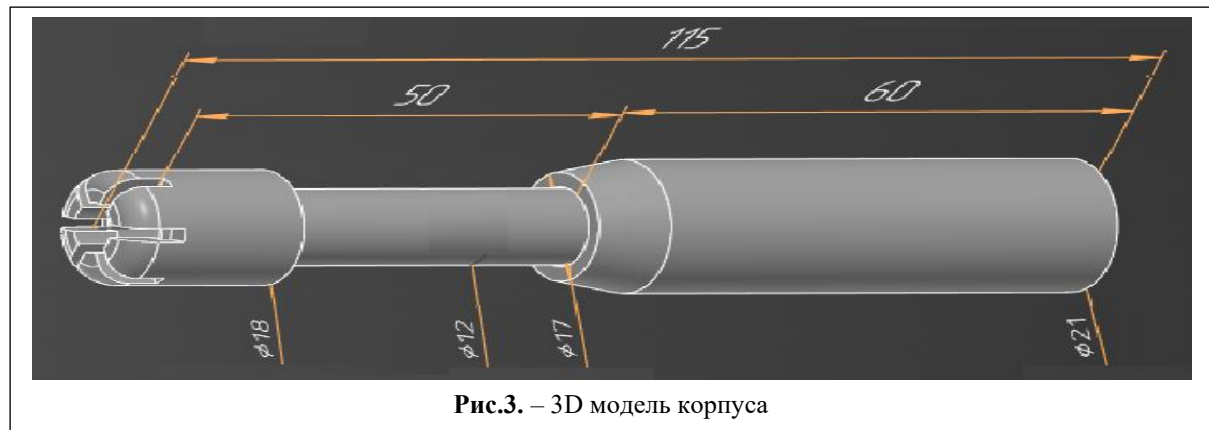
Разработка корпуса микрофона

При создании программы обработки информации в качестве датчиков акустического сигнала использованы капсулы общего применения wm61a, широко применяемые в компьютерной аудиотехнике. Внешний вид капсулы и его размеры приведены на рис.2.

Для изготовления корпуса использовался принтер PrintBOX 3D 120, обеспечивающий печать деталей размером до 120×120×120 мм.



Рис.2. – Капсуля микрофонный wm61



Для печати использовался пластик ABS диаметром 1,75 мм. Температура рабочего стола 80°C, температура сопла 230°C.



конструкция микрофона с установленным капсюлем в держателе микрофона показана на рис. 5.

Для удобства сборки корпус выполнен составным. Включает основной элемент 1, малую трубку 2, переходное кольцо 3 и колпачок 4 для капсюля. Кольцо 3 необходимо в случае установки разъема.

Использование пластика в качестве материала для корпуса микрофона кроме относительной простоты и дешевизны изготовления имеет и недостаток: отсутствие металла в корпусе приводит к невозможности экранирования, что может вызвать появление наводки на частоте 50 Гц. Вместе с тем, при значительных звуковых давлениях, что характерно для испытаний шумозащитных свойств СИЗ, такая наводка практически не влияет на результаты измерений. Для других замеров данный микрофон не предназначен.

3D модель корпуса показана на рис.3. Модель корпуса в разрезе – на рис.4. Законченная

Вывод

Спроектированный и изготовленный вариант микрофона может быть использован в процессе проведения лабораторных работ по исследованию средств индивидуальной защиты органов слуха на базе разработанного в Муромском институте стенда-манекена.

Литература

1. Bulkin V.V., Sharapov R.V., Sereda S.N., Ermolaeva V.A. Problems of operational control of physical and chemical environmental factors in residential areas of Russian settlements / International Scientific Conference Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna EBWFF 2023 (Part 1), E3S Web of Conferences 420, 09001 (2023).
2. Lee, Pyoung Jik; Jeong, Jeong Ho. Attitudes towards outdoor and neighbour noise during the COVID-19 lockdown: A case study in London / SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY Vol. 67 APR 2021 102768.
3. Zaitseva, Nina; May, Irina; Koshurnikov, Dmitrii. Evolution of the health disorders risk in the population under development of urbanized territories / AKUSTIKA Vol. 39 APR 2021, pp. 201-206.
4. Baquero Lariva, Maria Teresa; Higuera Garcia, Ester. Differences in Perceptions of the Urban Acoustic Environment in Older Adults: A Systematic Review / Journal of Population Ageing, 16(2) March 2021. -Access mode: <https://doi.org/10.1007/s12062-021-09325-7>.
5. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. –М.: Логос, 2010. – 424 с.
6. ГОСТ ISO 4869-2-2022. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Определение эффективных А-корректированных уровней звукового давления при использовании средств индивидуальной защиты органа слуха. –М.: Российский институт стандартизации, 2022. 24с.
7. 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).
8. Денисов Э.И., Морозова Т.В., Аденинская Е.Е., Курьеров Н.Н. Проблема реальной эффективности индивидуальной защиты и привносимый риск для здоровья работников / Медицина труда и промышленная экология №4, 2013. С.18-25.
9. Liz Brueck. Real world use and performance of hearing protection. Research report RR720. – Crown, 2009. – 74 pp. –Режим доступа: <http://www.hse.gov.uk/research/rtpdf/rr720.pdf>
10. Драган С.П., Богомолов А.В., Дроздов С.В. Облик информационно-измерительной системы квалитметрии средств индивидуальной защиты от авиационного шума / Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям: материалы конференции. Т.1. –СПб.: ЛЭТИ, 2023. – С.270-273.
11. Патент ПМ № 204492, H04R 5/027, H04R 29/00. Измерительный стенд для исследования средств индивидуальной защиты слуха / Булкин В.В., и др. Опубл.: 27.05.2021, Бюл. № 15.

Работа выполнена при финансировании гранта РНФ № 23-29-10100.

Поступила 02 сентября 2024 г.

The article presents the results of designing a microphone housing for a laboratory stand for evaluating personal protective equipment against noise. A standard dummy with a measuring microphone is used as the basis of the head layout. The second microphone, which provides simultaneous control of the sound pressure level in the mannequin location space, is placed in a special holder near the mannequin. Both microphones are connected to the personal computer. The processing is carried out through a program for the analysis of separated acoustic noise, also developed at the Murom Institute. The microphone body is made by printing using a 3D printer. For the convenience of installation, the capsule is made composite. Possible interference at a frequency of 50 Hz caused by the plastic housing will not be crucial, since the microphone is designed for measurements at sound pressure levels up to 100 dB. A view of a microphone with an electret capsule mounted in a holder is shown.

Key words: : acoustic noise, personal protective equipment, microphone, 3D printing, laboratory stand.

Булкин Владислав Венедиктович - доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: lwb_kipra@mail.ru.

Богатырев Илья Николаевич - инженер кафедры технологии машиностроения Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Адрес: 602264, г. Муром, ул. Орловская, 23.