Строительные конструкции

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-12>
УДК 624.922

И.В. Кузнецов, А.В. Покатилов, В.П. Тациенко, М.В. Соколов

КУЗНЕЦОВ ИЛЬЯ ВИТАЛЬЕВИЧ – к.т.н., заведующий кафедрой строительных конструкций, водоснабжения и водоотведения, SPIN: 5713-2001,
e-mail: kuznetcov-ilia@yandex.ru

ПОКАТИЛОВ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ – к.т.н., директор Строительного института, SPIN: 6038-2438, e-mail: pav.tsp@kuzstu.ru

ТАЦИЕНКО ВИКТОР ПРОКОПЬЕВИЧ – д.т.н., профессор, SPIN: 9379-3234,
e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

СОКОЛОВ МИХАИЛ ВАЛЕРЬЕВИЧ – к.т.н., доцент, SPIN: 4509-2166,
e-mail: smv.ad@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
Кемерово, Россия

Использование шумопоглощающих материалов при проектировании шумозащитных конструкций шахтовых вентиляторных установок на угольных месторождениях Кузбасса

Аннотация: Представлены результаты обследования вентиляторных газоотсасывающих машин УВЦГ-9 на месторождениях Кузбасса в различных частях области. Установлены превышения норм шумовой нагрузки при расположении источников шума вблизи жилых сооружений. Авторами разработаны конструктивные решения с целью поглощения шума от элементов вентиляторных установок. Описана разработанная и собранная авторами лабораторная установка для исследования строительных материалов различных производителей. Приведены результаты авторского анализа представленных шумопоглощающих материалов для разработки блочной конструкции защиты от шума вентиляторной установки УВЦГ-9. На основании полученных авторами результатов экспериментального исследования строительных материалов сделаны выводы о возможности максимального снижения шумовой нагрузки от газоотсасывающей системы.

Ключевые слова: шум, вентиляторная установка, шумозащитное укрытие, шумопоглощающий материал, шахтовые вентиляторы, шумоподавление, лабораторная установка, шумозащитный экран.

Введение

Современные здания оборудованы различными инженерными системами – вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения и воздушного отопления. Подобные узлы жилых конструкций производят негативный эффект на человека, создавая повышенный шум, зачастую превышающий нормативные значения. Такими элементами являются вентиляторы, вентиляционные установки, центральные кондиционеры, внутренние и наружные блоки сплит-систем, доводчики, холодильные машины, различные охладители (сухие и водяные градирни, конденсаторы и др.), а также воздухопроводы и трубы, соединяющие элементы систем охлаждения (холодоснабжения). Эксплуатация этого оборудования, как правило, невозможна без шумоглушения или шумозащиты [2].

© Кузнецов И.В., Покатилов А.В., Тациенко В.П., Соколов М.В., 2020

О статье: поступила: 14.04.2020; финансирование: бюджет Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева.

Проблемы с шумом возникают на проектируемых, строящихся, реконструируемых и действующих объектах, различных по назначению [1–4]. Систематическое изучение проблемы шума позволило установить закономерности его образования, качественные и количественные характеристики, методы их измерения. Разработаны методики борьбы с шумом как непосредственно в источниках его возникновения, так и на пути распространения к объектам воздействия.

Задачи защиты от шума успешно решаются за счет углубленного подхода при выборе или разработке комплексов строительно-акустических мероприятий. Необходимое снижение воздушного шума достигается за счет мер и средств, основанных на методах звукоизоляции, звукопоглощения, экранирования, структурного метода и т.д. При этом учитываются объемно-планировочные решения и конструктивные особенности, которые изменяются на строительных объектах в соответствии с требованиями времени. Вектор этих изменений в современных условиях направлен на сокращение площадей для размещения и вентиляционного оборудования и средств снижения шума [2, 5–8].

Цель работы – анализ строительных шумопоглощающих материалов для определения наиболее рационального решения по подавлению шумовой нагрузки от вентиляторной установки УВЦГ-9 при проектировании шумозащитной конструкции.

Анализ эксплуатации шахтовых вентиляторных установок на угольных месторождениях Кузбасса

За объект исследования авторами была принята вентиляторная газоотсасывающая установка УВЦГ-9, расположенная на пониженном участке к юго-западу от комплекса административно-бытовых зданий шахты имени Ялевского на расстоянии 50 м от контрольно-пропускного пункта (КПП) (рис. 1). Перепад в уровне рельефа между АБК и участком, на котором расположена установка, составляет 6 м. Участок огорожен забором из стального профнастила высотой 2 м.

Рис. 1. Схема расположения вентиляторной установки УВЦГ-9 (здесь и далее иллюстрации авторов).

Основные источники шума – выхлопные патрубки вентиляторной установки высотой 5,3 м и работающие поочередно вентиляторы высотой около 2,5 м. Уровень шума в районе ограждения составляет 95 Дб.

В зоне шумового воздействия установки находятся несколько объектов: КПП, помещения обслуживающего персонала, помещение электроаппаратуры, здание вентиляторов, комплекс административных зданий.

На рис. 2 и табл. 1 представлены результаты замеров шума.

Таблица 1

Основные результаты замеров уровня шума

Условия замера	Уровень шума, дБ
На расстоянии 2 м от АБК и на высоте 4 м	67–68
На рабочих местах в АБК	47–54
На расстоянии 2 м от КПП	80
Внутри помещения КПП	65–70
На расстоянии 2 м от помещения обслуживающего персонала	85
Внутри помещения обслуживающего персонала	65

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, уровень предельного допустимого шума в рассматриваемых условиях работы не должен превышать 65 дБ.

В качестве защищаемых объектов определены здания с постоянным пребыванием людей: КПП, помещения обслуживающего персонала и электроаппаратуры, АБК.

Рис. 2. Результаты замеров шума.

Кроме того, произведено исследование вентиляторной газоотсасывающей установки УВЦГ-9 на шурфе 17-5, шахта «Полысаевская».

Вентиляторные системы УВЦГ-9 установлены на ранее спланированном участке, окруженном с западной и восточной сторон возвышенностями переменной высоты (среднее значение перепада высот составляет 4 м). На территории участка располагаются 4 попарные установки, системы молниеотводов и растяжек, а также помещения для пребывания рабочего и об-

служающего персонала. Доступ к территории осуществляется с южной стороны по технологической дороге. Территория огорожена забором из стоек и сетки, натянутой по периметру.

Особенностью производственного участка является его расположение вблизи населенного пункта и жилых малоэтажных домов. Здания и сооружения располагаются в северо-западном и западном направлениях относительно участка.

По результатам анализа нормативной и технической документации, проведенного авторами, в разработку принято несколько вариантов шумозащитных мероприятий: экран ломаной формы, располагающийся по главной линии распространения шума, а также закрытое укрытие вокруг установки: обе конструкции – блочно-сборные, вследствие чего первоочередной задачей являлось установление наиболее эффективного шумопоглощающего материала.

Эксперименты: исследование зарубежных и отечественных материалов

На строительном рынке звукоизоляционные материалы представлены очень широко и бывают следующих видов: акустический герметик, плиты из пенополиуретана, лента для демпфирования колебаний, поролон, плиты из минеральной ваты, панели, мастика и др.

Для проведения лабораторных исследований авторами были применены ГОСТ 23337-2014, СП 51.13330.2011, ГОСТ Р ИСО 9612-2013, а также отобраны образцы различных производителей (рис. 3, табл. 2).

Рис. 3. Графическое отображение отобранных образцов шумопоглощающих материалов: А – шумозащитный экран, Б – плита из стекловаты, В – амортизирующая звукоизоляционная плита, Г – синтепон.

Таблица 2

Основные характеристики отобранных образцов

Название материала	Средняя шумоизоляция, дБ	Сопротивление на разрыв	Влияние воды, перепадов температур и т.д.	Соответствие пожарной безопасности
Шумозащитный экран L_{A1}	36	Среднее	Отсутствует	Негорючий, огнеупорный
Плита из стекловаты L_{A2}	38	Низкое	Нельзя длительное время держать в воде	Негорючий, огнеупорный
Амортизирующая звукоизоляционная плита L_{A3}	37	Высокое	Отсутствует	Негорючий, огнеупорный
Синтепон L_{A4}	38	Низкое	Нельзя длительное время держать в воде	Негорючий, огнеупорный

Для проведения лабораторных исследований была использована установка, представленная на рис. 4.

Рис. 4. Лабораторная установка для исследования шумопоглощающих материалов.

Установка состоит из усилителя звука 1 (частоты 40–12500 Гц) и деревянной емкости 2 коробчатого типа, в которую был помещен источник звука 3 (мощность звука на выходе 5 Вт). Для дополнительной изоляции распространения звука по боковым направлениям от источника было выполнено уплотнение сыпучим материалом 4 (песком). Звук через источник подается с помощью специального устройства, которое подключается к усилителю. На этом устройстве установлено программное обеспечение Sound Studio, позволяющее контролировать частоту звука. Измерения шума проводились с помощью шумомера, который фиксировался на высоте 50–80 см над источником звука.

Анализ полученных результатов

В табл. 3 представлены результаты лабораторных измерений уровня шума при использовании отобранных образцов.

По результатам исследования был проведен расчет шумоподавления каждого материала и построен график зависимости шумоподавления от частоты (рис. 5).

Рис. 5. Зависимость шумоподавления материала от частоты звука.

На рис. 5 видно, что наиболее эффективное шумоподавление у амортизирующей звукоизоляционной плиты (L_{A3}). Однако на частоте в 4000 Гц шумозащитный экран является более поглощающим материалом.

Таблица 3

Результаты измерения уровня шума (дБ) в лабораторных условиях (среднечастотный источник звука)

Материал	Уровень частоты звука, Гц								Запись работы вентилятора
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Замеры на производстве	128	120	115	111	108	106	104	102	—
Без материала	107,2	116,4	127,4	124,2	120,5	127,4	127,9	125,3	128,6
L_{A1} , дБ	83,6	100	102,4	105,3	93	88,2	79,2	74,2	94,8
L_{A2} , дБ*	91,6 92,9	108,4 107,9	113,6 112,1	115,9 113,8	94,2 105,9	102,8 102,2	93,5 91,6	78,7 80,3	106,2
L_{A3} , дБ	54,6	81,6	78,2	94,0	86,5	84,0	83,7	69,2	91,3
L_{A4} , дБ	95,8	111,8	119,7	118,1	106,5	106,8	113,5	108,7	113,5

* Верхнее значение получено фольгой кверху, нижнее – фольгой книзу.

Заключение

По результатам проведенных исследований было принято решение использовать комбинированную защиту от шума: амортизирующая звукоизоляционная плита L_{A3} и шумозащитный экран L_{A1} . Дополнительные лабораторные исследования позволили получить подавление шума в среднем на 65 дБ.

Использование шумозащитного экрана ускорит сборку конструкции на месте, а также позволит быстро получить результат – снижение шума на защищаемых объектах, так как

размеры матов шумозащитного экрана различные. Это также позволит защитить звукоизоляционную плиту от внешних воздействий. Однако приобретение и доставка данного материала – процесс сложный в связи с тем, что он производится и продается только КНР. Поэтому, по нашему мнению, целесообразно рассмотреть различные комбинации шумопоглощающих материалов отечественного производства.

Дальнейшие исследования авторов направлены на реализацию проектных решений, а также анализ работы шумозащитного укрытия для вентиляторной машины УВЦГ-9 в производственных условиях.

Вклад авторов в статью: И.В. Кузнецов – разработка методики, проведение и анализ результатов лабораторных испытаний, подготовка текста статьи; А.В. Покатилов – общее руководство, подготовка текста статьи; В.П. Тациенко – формулировка цели, задач исследования, общее руководство; М.В. Соколов – проектирование шумозащитного укрытия, подбор звукоизоляционных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешков Д.С., Бедрина Е.А., Сердюк В.С. Исследование и повышение эффективности мероприятий по обеспечению безопасных условий труда по фактору производственный шум и минимизации профессиональных рисков в цехе // Охрана труда и промышленная безопасность. 2018. Т. 3. № 4. С. 10–22.
2. Гусев В.П. Из опыта борьбы с шумом оборудования инженерных систем // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2012. № 3. С. 64–75.
3. Кирсанов В.В. Минимизация шума на пути его распространения способом акустической обработки помещений звукопоглощающими материалами // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 18. С. 161–163.
4. Матисон В.А., Тихомиров С.А., Кочетов О.С. Звукоизолирующие ограждения для производственного оборудования // Вестник МФЮА. 2012. № 1. С. 117–123.
5. Радоуцкий В.Ю., Шульженко В.Н. Характеристика звукоизоляционных строительных материалов // Вестник БГТУ. 2016. № 5. С. 64–66.
6. Рахманова С.Т., Набиуллина Д.Ф. Графическое обоснование выбора мероприятия по снижению шума в газодинамических установках // Проблемы современной науки и образования. 2017. № 5 (87). С. 33–36.
7. Скворцов А.Н. Современное проектно-конструкторское решение для защиты населения от энергии шума // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2016. № 1. С. 78–87.
8. Смирнова Е.В., Васюткина Д.И. Результаты сравнительного анализа акустических свойств строительных материалов // Вестник БГТУ. 2013. № 1. С. 26–29.
9. Черемных Н.Н. Расчет эффективности акустической защиты лесопильных цехов // Известия вузов. Лесной журнал. 2013. № 1. С. 112–115.

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-12>

Kuznetsov I., Pokatilov A., Tacienko V., Sokolov M.

ILYA KUZNETSOV, Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department of Building Structures, Water Supply and Sanitation, e-mail: kuznetcov-ilia@yandex.ruANDREY POKATILOV, Candidate of Engineering Sciences, Director of the Construction Institute, e-mail: pav.tsp@kuzstu.ruVICTOR TACIENKO, Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: tatsienkovp@kuzstu.ru

MIKHAIL SOKOLOV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,

e-mail: smv.ad@kuzstu.ru*Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev*

Kemerovo, Russia

Usage of noise-absorbing materials in the design of noise-proof structures of mine fan installations at coal mines of Kuzbass

Abstract: The results of the survey of UVTSG-9 fan gas-pumping units at coal mines of Kuzbass in various parts of the region are presented. Exceedance of rated noise loads has been recorded where the noise sources are located close to the residential premises. Design solutions have been developed to absorb noise from working elements of the fan installations. A laboratory installation for the study of construction materials fabricated by various manufacturers developed and assembled by the authors is described. The results of the analysis of the presented noise-absorbing materials for the development of a block structure for noise protection of the UVTG-9 fan gas-suction unit are presented. Conclusions based on the results of the study of construction materials focused on suppression of industrial noise are duly presented.

Keywords: noise, fan installation, noise shelter, noise-absorbing material, mine fans, noise reduction, laboratory installation, noise shield.

REFERENCES

1. Aleshkov D.S., Bedrina E.A., Serdyuk V.S. Research and improve the effectiveness of measures to ensure safe working conditions for the factor production noise and minimize occupational risks in the shop. *Occupational Health and Industrial Safety*. 2018;3(4):10–22.
2. Gusev V.P. From the experience of noise control of engineering systems equipment. *AVOC: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Construction Thermophysics*. 2012(3):64–75.
3. Kirsanov V.V. Minimization of noise in the way of its propagation by acoustic treatment of premises with sound-absorbing materials. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2014;17(18):161–163.
4. Mathison V.A., Tikhomirov S.A., Kochetov O.S. Acoustic barriers for production equipment. *Bulletin of the MFUA*. 2012(1):117–123.
5. Rudowski V.Y., Shulzhenko V.N. Characteristics of sound-proof building materials. *Bulletin of BSTU*. 2016(5):64–66.
6. Rakhmanova S.T., Nabiullina D.F. Graphic justification of the choice of noise reduction measures in gas-dynamic installations. *Problems of Modern Science and Education*. 2017;5(87):33–36.
7. Skvortsov A.N. Modern design solution for protecting the population from noise energy. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety*. 2016(1):78–87.
8. Smirnova E.V., Vasyutkina D.I. Results of comparative analysis of acoustic properties of building materials. *Bulletin of BSTU*. 2013(1):26–29.
9. Cheremnykh N.N. Calculation of the efficiency of acoustic protection of sawmills. *News of Higher Educational Institutions Lesnoi Zhurnal*. 2013(1):112–115.