

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ  
В ТЕХНОЛОГИЯХ И МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Сборник научных трудов

Выпуск 8

Горки  
БГСХА  
2023

УДК 001.895:[631.152:657.1.011.54]

ББК 40.7

И66

Редакционная коллегия:

В. В. Гусаров (гл. редактор),

А. Е. Кондраль (отв. за выпуск),

В. В. Азаренко, В. Н. Босак, А. Н. Каргашевич,

В. Р. Петровец, Л. Я. Степук, В. А. Шаршунов,

О. В. Гордеенко, В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. С. Астахов*;

доктор технических наук, профессор *Л. В. Мисун*

**И66** **Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства** : сб. науч. тр. / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – Вып. 8. – 371 с.

ISBN 978-985-882-328-3.

Представлены результаты научных исследований в области механизации сельскохозяйственного производства.

Для научных сотрудников, преподавателей, студентов и практических работников АПК.

УДК 001.895:[631.152:657.1.011.54]

ББК 40.7

**ISBN 978-985-882-328-3**

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2023

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Г. И. БЕЛОХВОСТОВ, канд. техн. наук, доцент  
М. В. БРЕНЧ, ст. преподаватель  
М. В. КУНАШ, аспирант  
Е. С. АНДРУХОВИЧ, А. Р. КОЖЕНЕВСКИЙ, студенты

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Шум определяют как всякий нежелательный для человека звук. С физической точки зрения шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах, частоты которых лежат в диапазоне от 16 до 20 000 Гц (звуковые, или акустические колебания). Колебания с частотой ниже 16 Гц (инфразвук) и выше 20 кГц (ультразвук), хотя и не воспринимаются органами слуха, также могут оказывать неблагоприятное воздействие на организм человека [3, 7, 9, 11, 12, 15, 16].

За 2021 г. распределение по основным нозологическим формам в группе профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием физических факторов трудового процесса: по-прежнему превалирует нейросенсорная тугоухость – 85,7 % от количества всех заболеваний в данной группе [13, 17].

Несмотря на исключительную научную направленность и экономические усилия, переход от ДВС к полностью электрическим двигателям будет долгим и сложным. ДВС в ближайшие годы будут по-прежнему играть фундаментальную роль как в качестве традиционных двигателей, так и в составе гибридных силовых агрегатов. Исходя из изложенного, снижение уровня шума тракторов, самоходных сельскохозяйственных и транспортных машин совершенствованием системы выпуска ОГ является важной задачей [14].

**Основная часть.** Задача ГШ состоит в том, чтобы сгладить пульсации струи отработавших газов в такой мере, чтобы по выходе из выпускного органа двигателя в свободную среду газовая струя не содержала составляющих, оказывающих заметное с точки зрения громкости влияние на ухо [5, 6, 14].

Аналогичная задача в области электротехники состоит в сглаживании пульсирующего тока от однофазного выпрямителя, пропущенного через фильтр, в такой степени, чтобы после фильтрующего устройства получался только постоянный ток с допустимой мерой пульсации.

Для целей глушения выхлопа необходимо подобрать такой акустический фильтр, который по возможности уничтожал бы все пульсации газового потока, а постоянный поток газовой струи пропускал бы ослабленным.

Пульсации газовой струи можно свести к минимуму двумя путями: превращением энергии пульсации газового потока в тепловую энергию; не пропускать энергию пульсации из источника в среду. Заметим, что во всех случаях глушения выхлопа двигателя постоянный поток газа должен выпускаться в среду с возможно меньшим сопротивлением. Очевидно, что чем меньше сопротивление глушителя постоянному потоку, тем меньше ГШ снижает мощность двигателя [14].

Разработка ГШ выпуска – важное направление шумозащиты транспортных машин. Над проектированием и производством глушителей работают множество фирм и специалистов. В этой области отсутствует сколько-нибудь серьезная унификация, почти к каждой новой транспортной машине создается свой ГШ. Несмотря на многообразие технических решений, до настоящего времени не создана единая научно обоснованная методика расчета геометрических параметров перфорации внутренних элементов глушителя, что существенно усложняет их разработку [5, 6, 14].

Уравнение баланса звуковой энергии (мощности) в ГШ (рис. 1) имеет вид:

$$P_{\text{прош}} = P_{\text{пад}} - (P_{\text{отр}} + P_{\text{погл}} + P_{\text{изл}}) + P_{\text{ген}},$$

где  $P_{\text{пад}}$ ,  $P_{\text{прош}}$ ,  $P_{\text{отр}}$ ,  $P_{\text{погл}}$ ,  $P_{\text{изл}}$ ,  $P_{\text{ген}}$  – соответственно, звуковая энергия падающих, прошедших, отраженных волн, энергия, поглощенная в ГШ, излучаемая в пространство и генерируемая в нем в единицу времени.

ГШ – специально разработанные устройства, предназначенные для преобразования энергии потока ОГ, обеспечивая его свободный проход и блокируя распространение акустической волны от источника к окружающей среде. ГШУ – теплообменник, совмещенный конструктивно с ГШ транспортного средства и утилизирующий тепловую энер-

гию ОГ ДВС для использования в отопительных системах специальных обогреваемых транспортных средств, передвижных пунктов питания и автомагазинов [2].

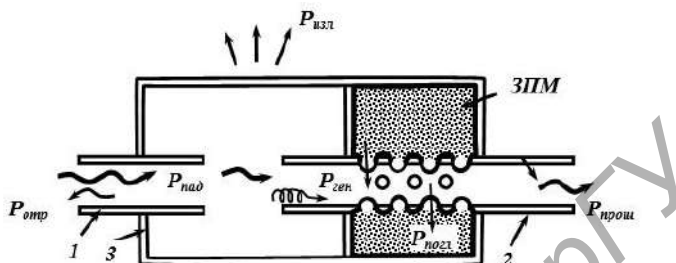


Рис. 1. Распределение потоков звуковой энергии в ГШ: 1 – приемная труба ГШ; 2 – выпускная труба; 3 – корпус ГШ; ЗПМ – звукопоглощающий материал

Согласно ГОСТ 31328-2006 (ИСО 14163:1998) «Руководство по снижению шума глушителями» в соответствии с преобладающим механизмом ослабления ГШ могут быть классифицированы следующим образом: диссипативные глушители; реактивные глушители, включая резонаторные и отражательные; глушители сброса; активные глушители [10, 19].

По процессу утилизации (отбора) энергии отработанных газов в выпускных трактах ДВС: глушители-утилизаторы ГШУ (встроенные утилизационные теплообменники самых разных конструкций: пластинчатые, трубчатые, змеевиковые, «греющие рубашки» и др., и связаны, прежде всего, с внешним воздействием на газовый поток  $q_{вн}$  ( $dq_{вн} < 0$ ), с диссипацией части механической энергии и превращением её в теплоту трения ( $dq_{тр} > 0$ ) и с возникновением в газовом потоке вследствие химических экзотермических реакций окисления оксидов азота  $NO_x$  внутреннего источника теплоты  $q_{хим}$  ( $dq_{хим} > 0$ ) [4, 10].

ГШ поршневых ДВС должен отвечать следующим основным требованиям: обеспечивать минимально возможное аэродинамическое сопротивление при максимально возможном снижении уровня шума выпуска ОГ ДВС; иметь простую конструкцию, минимальное количество внутренних деталей, небольшую массу, улучшенную производственную технологичность конструкции по размерам и формам поверхности внутренних деталей, сокращению числа технологических операций и их унификацию, снижение затрат труда на изготовление и

сборку; обладать технологической и конструктивной преимуществом, возможностью унификации основных деталей ГШ и создания параметрического ряда ГШ семейства машин заданного класса.

Требования к ГШУ: заданная тепловая эффективность на всех режимах работы ДВС; малое аэродинамическое сопротивление как со стороны ОГ, так и со стороны подогреваемого воздуха; механизм регулирования тепловой нагрузки; небольшая масса при развитой поверхности нагрева; технологичность при изготовлении и нетрудоемкость при техническом обслуживании [2].

По результатам исследований предложены инновационные модели ГШ, которые могут быть использованы в системах выпуска ОГ поршневых ДВС транспортных и самоходных сельскохозяйственных машин [1, 8, 14, 18].

В ОАО «Минский тракторный завод» проходит испытания новая конструкция глушителя шума. ЗАО «Амкодор-Пинск» готовится к изготовлению опытных образцов глушителей шума [14].

**Заключение.** Сформулированы современные подходы к разработке ГШ поршневых ДВС. Представлена классификация ГШ ДВС, основные требования к ним. Предложены инновационные модели ГШ поршневых ДВС, опытные образцы которых успешно проходят испытания на предприятиях-изготовителях самоходной сельскохозяйственной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ существующих методов защиты от шума и современные направления их совершенствования / А. А. Пивчук [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – Могилев: БГУТ, 2022. – Т. 2. – С. 324–325.

2. Белохвостов, Г. И. Выбор оптимальной конструкции глушителя шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / Г. И. Белохвостов, М. В. Бренч, С. В. Акуленко // Актуальные проблемы и перспективы развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 422–426.

3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 356 с.

4. Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов поршневых двигателей внутреннего сгорания на газодинамические и акустические характеристики глушителей шума / В. Я. Груданов [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2022. – Т. 67, № 3. – С. 307–317.

5. Груданов, В. Я. Моделирование и оптимизация гидравлических и акустических характеристик глушителей шума поршневых двигателей на основе теории чисел / В. Я. Груданов, Г. И. Белохвостов, Л. Т. Ткачева // Горная механика и машиностроение. – 2020. – № 4. – С. 28–42.

6. Груданов, В. Я. Научно-практические подходы к совершенствованию конструкций глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания на основе

теории чисел / В. Я. Груданов, Г. И. Белохвостов, Л. Т. Ткачева // Наука и техника. – 2021. – Т. 20, № 4. – С. 434–444.

7. Ермак, И. Т. Шумовое воздействие на работающих при производстве древесностружечных плит / И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик, В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2012. – С. 10.

8. Инновационная конструкция глушителя шума поршневых двигателей с улучшенными гидравлическими и акустическими характеристиками на основе теории чисел // Инновации в машиностроении; рук. разработки В. Я. Груданов, Г. И. Белохвостов. – Бобруйск: БелИСА, 2019. – С. 18–19.

9. Исследование производственного шума / А. Е. Кондраль [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 15 с.

10. Классификация и особенности эксплуатации глушителей шума выпуска отработанных газов самоходной сельскохозяйственной техники / А. А. Пинчук [и др.] // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК. – Рязань: РГАУИ, 2022. – С. 348–352.

11. Ковалевич, З. С. Безопасность жизнедеятельности человека / З. С. Ковалевич, В. Н. Босак. – Минск: МИТСО, 2015. – 392 с.

12. Ладик, Б. Р. Шумовое воздействие на работающих при производстве древесностружечных плит / Б. Р. Ладик, И. Т. Ермак, В. Н. Босак // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 219–221.

13. Микулич, И. В. Профессиональная заболеваемость в 2021 году / А. Л. Микулич // Охрана труда. Технологии безопасности. – 2022. – № 4. – С. 21–27.

14. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов [и др.] // Вестник БарГУ. Серия: технические науки. – 2022. – № 2 (12). – С. 74–84.

15. Оказание доврачебной помощи пострадавшим при несчастных случаях на производстве / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 46 с.

16. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.

17. Рыбина, А. Л. Шум как физический фактор. Влияние на организм и профилактика на производстве / А. Л. Рыбина, И. П. Семенов // Охрана труда. Технологии безопасности. – 2021. – № 7. – С. 74–79.

18. Ткачева, Л. Т. Совершенствование конструкций глушителей шума двигателей внутреннего сгорания / Л. Т. Ткачева, Г. И. Белохвостов, М. В. Бренч // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 177–180.

19. Шум. Руководство по снижению шума глушителями: ГОСТ 31328-2006 (ИСО 14163:1998). Введ. 01.04.2007. – Москва: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2007. – 66 с.

*Аннотация.* Сформулированы современные подходы к разработке глушителей шума (ГШ) поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Представлена классификация ГШ ДВС, основные требования к ним. Предложены инновационные модели ГШ поршневых ДВС.

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания, глушитель шума, глушитель шума-утилизатор теплоты отработавших газов, отработавшие газы.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Гусаров В. В., Кондраль А. Е., Босак В. Н.</b> Становление и перспективы научной деятельности факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА ....	3
<b>Босак В. Н.</b> Совершенствование законодательства по охране труда и пожарной безопасности в АПК Республики Беларусь .....	7
<b>Гордеенко О. В.</b> Основные направления использования сельскохозяйственной техники при внедрении инновационных технологий в растениеводстве .....	10
<b>Карташевич А. Н., Бузиков Ш. В., Плотников С. А.</b> Перспективы развития научного сотрудничества УО БГСХА и ВЯТГУ .....	14
<b>Коцуба В. И., Хитрюк В. А.</b> Состояние и перспективы развития технического сервиса в АПК Республики Беларусь .....	18
<b>Крупенин Ю. А., Крупенин П. Ю.</b> Критерии физиологического режима работы доильного аппарата .....	24
<b>Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ</b>	
<b>Андруш В. Г., Шелегова Е. В., Ханда Т. И.</b> Повышение производственной безопасности при летне-пастбищном содержании скота .....	29
<b>Астахов В. С., Гусаров В. В., Иванчиков Г. О.</b> Экологические аспекты химизации почвы .....	34
<b>Белохвостов Г. И., Бренч М. В., Кунаш М. В., Андрухович Е. С., Коженевский А. Р.</b> Современные подходы к разработке глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания .....	40
<b>Божанов А. А., Лопатин И. В.</b> Роль человеческого фактора в процессе обеспечения безопасности и результативности труда в сельскохозяйственном производстве .....	45
<b>Босак В. В., Босак В. М.</b> Роля інвестыцый у забяспячэнні эканамічнай бяспекі .....	51
<b>Босак В. М.</b> Падрыхтоўка раздзелаў па ахове працы ў дыпломных праектах (работах) .....	55
<b>Булаткин А. Д., Шик А. В., Цайц М. В.</b> Методы оценки безопасности и эргономичности конструкции и машин для уборки льна .....	59
<b>Веремейчик Л. А., Чернушевич Г. А.</b> Инновационные решения сохранения почвенного плодородия для обеспечения безопасности жизнедеятельности .....	64
<b>Горелько В. М., Казаков А. Л.</b> Требования безопасности при выполнении погрузочно-разгрузочных и транспортных работ на мелиоративных объектах .....	69
<b>Гурина А. Н., Сацкевич И. В.</b> Способы снижения уровня шума в мясоперерабатывающих цехах .....	72
<b>Евгух Г. Г., Самсонов В. Л., Попова Л. А.</b> Психофизиологические свойства водителя, влияющие на управление транспортным средством в сложных дорожных условиях .....	76
<b>Ермак И. Т., Гармаза А. К., Домненкова А. В.</b> Риски использования разных видов сельскохозяйственной продукции, произведенной на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению .....	82
<b>Клочкова Н. В.</b> Ядовитые растения как фактор риска безопасности жизнедеятельности .....	88
<b>Ковалевич З. С.</b> Экологические аспекты утилизации непригодных к употреблению пестицидов .....	91
<b>Кондраль А. Е., Босак В. Н.</b> Обеспечение охраны труда при выполнении строительных работ .....	97