

УДК 538.362

М. В. Кунаш, Г. И. Белохвостов, М. В. Бренч, А. И. Мельнов

## К СОЗДАНИЮ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Белорусский государственный аграрный технический университет, Беларусь, Минск.

E-mail: marinavainilovich@mail.com

**Аннотация.** Описано негативное воздействие уровней шума на работающих. Предложены ресурсосберегающие инновационные конструкции глушителей шума (ГШ) поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с улучшенными гидравлическими и акустическими характеристиками на основе теории чисел, а также конфузorno-диффузорные вставки, имеющие вид трубы Вентури. С их помощью осуществляется контроль газового потока и управление им по всей длине корпуса глушителя шума от впускного патрубка до выпускного, в результате чего происходит эффективное шумоглушение при минимально возможном гидравлическом (аэродинамическом) сопротивлении.

**Ключевые слова:** ресурсосберегающие технологии, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), глушитель шума (ГШ) ДВС, перфорированная перегородка, труба Вентури, отработавшие газы (ОГ), инновационные конструкции ГШ

**Введение.** В сложившихся условиях импортозамещения важное значение приобретает единая научно – техническая политика. Ресурсосберегающие технологии являются самым современным типом повышения экономической эффективности производственного потенциала предприятий.

Человеческое общество обречено всегда быть индустриальным с той лишь разницей, что на разных этапах его развития изменяется структура, состав и уровень производственной базы, определяющий технологическое содержание производимой продукции. При этом степень инновационности зависит от достижений науки и их воплощения на практике [4].

Именно поэтому в последние годы идёт внедрение ресурсосберегающих технологий.

Разработка ГШ ДВС – важное направление шумозащиты транспортных машин [3]. Данная разработка позволит снизить уровень шума самоходной сельскохозяйственной техники совершенствованием выпуска отработавших газов для улучшения условий труда работников, а также сэкономить ресурсы путём внедрения системы ресурсосберегающих технологий [3], [5].

В современных условиях шум также является одним из ведущих факторов загрязнения окружающей среды, связанный с ростом городов и развитием технологий. Воздействие шума на человека становится все более актуальной проблемой. Особое место занимает шум производственного происхождения, уровень которого существенно подрос. Воздействие повышенных уровней шума на работающих обусловлено все более широким применением высокопроизводительного оборудования, увеличением скорости технологических процессов при эксплуатации промышленного оборудования [1], [6].

По данным Всемирной организации здравоохранения (2002 г.), в глобальном грузе болезней по вкладу профессиональных факторов потери слуха от шума занимают 2-е место (16 %) после болей в спине (37 %). Более 12 % несчастных случаев на производстве были вызваны сочетанием высокого уровня

шума (90 дБА и более) и наличием потери слуха у работника [1], [6].

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 [1], [6].

**Цель исследования.** Создание ресурсосберегающих конструкций ГШ ДВС.

**Задачи исследования.** Представить теоретические основы и закономерности возникновения шума ДВС, методы и способы снижения шума самоходной сельскохозяйственной техники; установить основные закономерности и определить факторы, взаимосвязанно влияющие на повышение акустической эффективности ГШ ДВС поршневых сельскохозяйственных машин; разработать эскизную конструкторскую документацию на опытный образец ГШ выпуска поршневого ДВС, провести лабораторные и производственные испытания модернизированного образца.

**Материалы и методы исследования.** Производилось сравнение шумовых характеристик трактора МТЗ-1523 укомплектованного штатным глушителем 800-1205015-А и экспериментальным глушителем 800-1205100.

Произведены замеры уровней звука и уровней звукового давления в октановых полосах на срезе глушителя в соответствии с программой-методикой.

**Основная часть.** Шум ДВС, с учетом механизмов образования его отдельных составляющих, подразделяют на аэродинамический и структурный. Изначально аэродинамический шум по своему уровню значительно превышает структурный [3], [7]. Проблема снижения этого шума решается с помощью применения эффективных ГШ. ГШ должны уменьшать уровень шума и не препятствовать функционированию устройства, генерирующего шум. Кроме этого, к ГШ в зависимости от эксплуатационных особенностей предъявляются требования по габаритам,

форме, массе, стоимости, использованию конструктивных и поглощающих звук материалов и т. п. [2], [3], [5], [7].

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.

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 этой цели обычно применяют электрический фильтр [2], [8].

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 неослабленным.

Пульсации газовой струи можно свести к минимуму двумя путями:

1) превращением энергии пульсации газового потока в тепловую энергию. Для этого ДВС следует нагрузить активным акустическим сопротивлением, в котором осуществляется поглощение энергии пульсирующего газового потока, а постоянный поток газа пропускается в окружающую среду неослабленным;

2) не пропускать энергию пульсации из источника в среду. Для этой цели ДВС следует нагружать реактивным акустическим сопротивлением, представляющим собой ГШ, работающий на принципе акустического фильтра. В подобном ГШ энергия пульсации газового потока возвращается источнику, а постоянная составляющая потока беспрепятственно выпускается в среду [8].

Заметим, что во всех случаях глушения выхлопа ДВС постоянный поток газа должен выпускаться в среду с возможно меньшим сопротивлением.

Очевидно, что чем меньше сопротивление ГШ постоянному потоку, тем меньше ГШ снижает мощность ДВС [8].

Над проектированием и производством ГШ 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 [3], [9], [10], [11], [12], до настоящего времени не создана единая научно обоснованная методика расчета геометрических параметров перфорации внутренних элементов ГШ [13], [14], что существенно усложняет их разработку [2], [3], [7].

Разработана инновационная модель конструкции ГШ [15].

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» совместно с ЗАО «Амкодор-Пинск» разрабатывает проект заявки по теме «Обоснование технологических

и режимно-конструктивных параметров глушителя шума поршневого двигателя внутреннего сгорания» в качестве задания по Государственной программе научных исследований на 2021–2025 гг. [2]

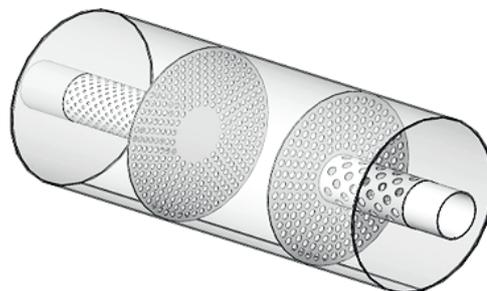


Рисунок 2. Макет инновационной конструкции ГШ ДВС на основе теории чисел [15]

В ОАО «Минский тракторный завод» проходит испытания новая конструкция ГШ [2], [5] со вставкой конфузурно-диффузорного типа, имеющей вид трубы Вентури [2], [5], с помощью которой осуществляется контроль газового потока и управление им по всей длине корпуса ГШ от впускного патрубка до выпускного, в результате чего происходит эффективное шумоглушение при минимально возможном гидравлическом (аэродинамическом) сопротивлении.

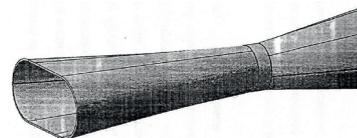


Рисунок 3. Макет вставки конфузурно-диффузорного типа, имеющий вид трубы Вентури, ГШ поршневого ДВС [2], [5]

По оценочным параметрам модернизированный ГШ имеет более совершенные тепловые, газодинамические и акустические характеристики, что свидетельствует о его более высоком техническом уровне по сравнению с серийными конструкциями.

Что касается ресурсосбережения, то разработка нового (модernизированного) ГШ позволит:

- уменьшить количество внутренних деталей, тем самым снизить массу, упростить конструкцию;
- уменьшить расход топлива;
- сократить число технологических операций и их унификацию;
- снизить затраты труда на изготовление и сборку [2], [3], [5], [7], [15].

**Результаты исследования.** В целом испытания показали, что разработанные ресурсосберегающие конструкции ГШ позволяют существенно повысить его технический уровень в части снижения газодинамического сопротивления при стабильности шумоглушения [2]. В силу исключительной коммерческой составляющей ресурсосберегающих

инновационных конструкций ГШ ДВС, приводим ограниченную информацию о технологических и режимно-конструктивных параметрах разрабатываемых устройств.

**Заключение.** Описано негативное воздействие уровней шума на работающих. Предложены ресурсосберегающие инновационные модели ГШ поршневых ДВС при помощи улучшения гидравлических

и акустических характеристик на основе теории чисел, а также конфузорно-диффузорные вставки, имеющие вид трубы Вентури. С их помощью осуществляется контроль газового потока и управление им по всей длине корпуса ГШ от впускного патрубка до выпускного, в результате чего происходит эффективное шумоглушение при минимально возможном гидравлическом (аэродинамическом) сопротивлении.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Микулич, И. В. Профессиональная заболеваемость в 2021 году / А. Л. Микулич // Охрана труда. Технологии безопасности. – 2022. – № 4. – С. 21–27.
2. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов [и др.] // Вестник БарГУ. Сер. Технические науки. – 2022. – № 2 (12). – С. 74–84.
3. 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.
4. Сиваченко, Л. А. Технологическое машиностроение – инновационный резерв мировой экономики: [монография] / Л. А. Сиваченко, Т. Л. Сиваченко. – Могилёв: Беларус. Рос. ун-т, 2017. – 254 с.: ил.
5. Глушители шума поршневых двигателей внутреннего сгорания: классификация, основные требования, инновационные конструкции / Г. И. Белохвостов, М. В. Бренч, М. В. Кунаш, Е. С. Андрухович, А. Р. Коженевский // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции: сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции, 23–25 ноября 2022 г. / редкол.: Н. М. Дерканосова [и др.]. – Воронеж, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 56–64.
6. 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.
7. 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.
8. Инзель, Л. И. Основы глушения шума выхлопа двигателей внутреннего сгорания / Л. И. Инзель. – М.: Изд-во и 1-я тип. Машгиза в ЛГД, 1949. – 196 с.
9. 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: сборник научных статей II Международной научно-практической конференции, 9–10 июня 2022 г. / редкол.: А. В. Миранович [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2022. – С. 422–426.
10. Комкин, А. И. Разработка современных методов расчета и проектирования автомобильных глушителей с требуемыми характеристиками / А. И. Комкин. – СПб.: Балтийск. гос. техн. ун-т «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, 2012. – 48 с.
11. Реактивный глушитель шума: пол. модель к пат. RU 171331 U1, МПК F01N13/02, F01N1/06 / С. Г. Смирнов, В. А. Николаева, А. И. Комкин, А. И. Быков; заявитель С. Г. Смирнов. № 2016149537; заявл. 16.12.2016; опубл. 29.05.2017 // Открытия. Изобретения. – 2017. – Бюл. № 16. – 8 с.
12. Глушитель шума двигателя внутреннего сгорания: пат. RU 2243388 C2, МПК F01N1/24 / В. Л. Жданов, Э. Б. Куновский, А. П. Ракомсин, В. В. Корсаков, М. И. Горбачевич; заявитель ПРУП «Минский автомобильный завод». № 2002132548/06; заявл. 03.12.2002; опубл. 10.08.2004 // Открытия. Изобретения. – 2004. – 8 с.
13. Akamatsu K. Tsutahara M. Acoustic properties of perforated plates with bias flow // Proceedings of the INTER-NOISE-2016, Hamburg, Germany, 2016. P. 6610–6621.
14. Astley R. J., Eversman W. Acoustic transmission in non-uniform ducts with mean flow. Part II: The finite element method // Journal of Sound and Vibration. – 1981. – V. 74, № 1. – P. 103–121.
15. Инновационная конструкция глушителя шума поршневых двигателей с улучшенными гидравлическими и акустическими характеристиками на основе теории чисел // Каталог ярмарки «Инновации в машиностроении»; руков. разработки В. Я. Груданов, Г. И. Белохвостов. – Бобруйск: БелИСА, 2019. – С. 18–19.