

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ДВС: ИНТЕГРАЦИЯ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ И ИННОВАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Харченко М.В., Белохвостов Г.И.

Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Шум двигателей внутреннего сгорания (ДВС) остается критической проблемой для экологии и здоровья человека. По данным ВОЗ 16% профессиональных заболеваний связаны с потерей слуха, а в сельском хозяйстве более 30% работников подвергаются воздействию шума выше 85 дБА. В условиях длительного перехода к электротранспорту совершенствование систем шумоподавления для ДВС становится приоритетной задачей.

Цель исследования – анализ методов проектирования глушителей, основанных на теории чисел и их экспериментальная верификация.

Классификация и требования к глушителям

Согласно ГОСТ 31328-2006, глушители классифицируются по механизму действия:

1. **Диссипативные** – поглощают звук через пористые материалы.
2. **Реактивные** – отражают волны (резонансные, отражательные).
3. **Активные** – устройство, снижающее шум за счет интерференции, создаваемой управляемыми звуковыми источниками.
4. **Глушители сброса** — снижают давление потока.

Отдельную категорию составляют **глушители-утилизаторы (ГШУ)**, совмещающие шумоподавление с утилизацией тепла отработавших газов, применяются в основном в сельскохозяйственной, строительной и грузовой технике для целей обогрева, отопления, а также в промышленных установках.

Ключевые требования:

- Минимизация аэродинамического сопротивления.
- Унификация деталей для параметрических рядов.
- Для ГШУ – возможность регулирования тепловой нагрузки.

Инновационные решения

1. Теория чисел и «золотая пропорция»

В работах В.Я. Груданова предложена модель расчета параметров перфорации на основе ряда Фибоначчи и «золотой» пропорции ($\Phi=1,618$)

- Диаметры отверстий: $d_n = \Phi \cdot d_{n+1}$.
- Шаг перфорации: $\frac{a}{b} = 1,618$ или $\frac{a}{b} = \Phi$.
- Радиусы отверстий: $R_n = (1,272)^n \cdot R_0$ или $R_n = (\sqrt{\Phi})^n \cdot R_0$.

Экспериментальные результаты:

• Лабораторные испытания перегородок с концентрическим расположением отверстий показали снижение аэродинамического сопротивления на **4,65–6,25%** при скорости потока 6,6 м/с (табл. 1)

- Испытания на глушителе к МоАЗ-6014:
 - Снижение гидравлического сопротивления на **26–33%**.
 - Уровень шума: **80 дБА (600 об/мин), 94,5 дБА (2000 об/мин)**.
 - Масса уменьшена на **10,5%** (с 19 кг до 17 кг)

	Серийный глушитель	Новый глушитель
Гидросопротивление (Па)	$480^* - 1520^{**}$	$320^* - 1120^{**}$
Уровень шума (дБА)	$80^* - 95,5^{**}$	$80^* - 94,5^{**}$

Уровень звукового давления измерялся согласно ОСТ-23.3.23-88 на расстоянии 0,5 м от выпускного патрубка глушителя шума.

* - 600 об/мин;

** - 2000 об/мин.

2. Конфузорно-диффузорные вставки (труба Вентури)

Встраивание сужающихся-расширяющихся каналов обеспечивает:

- Подавление низкочастотных колебаний.
- Минимизацию потерь давления.
- Совместимость с гибридными системами

Преимущества и ограничения

Сильные стороны:

- Унификация деталей (снижение затрат на производство).
- Улучшение акустических характеристик без увеличения габаритов.

Недостатки:

- Неполная реализация «золотой пропорции» (65%) из-за ограничений серийных корпусов.
- Отсутствие данных о долговечности новых материалов.

Практическое применение

- **ОАО «Минский тракторный завод»** внедряет глушители с трубами Вентури.
- **ЗАО «Амкодор-Пинск»** готовит производство опытных образцов.
- **БГАТУ** участвует в проектах по оптимизации параметров в рамках госпрограмм

Заключение и перспективы

Интеграция теории чисел и современных технологий открывает новые возможности для проектирования энергоэффективных глушителей. Перспективные направления:

1. Использование композитных материалов.
2. Разработка адаптивных ГШУ для гибридных систем.
3. Внедрение активных систем шумоподавления.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на оценку экономической эффективности и долговечности конструкций.

Список использованных источников

1. Груданов, В. Я. 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.
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: сборник научных статей II Международной научно-практической конференции, Минск, 9-10 июня 2022 г. - Минск: БГАТУ, 2022. - С. 422-426.
3. Груданов, В.Я. Моделирование и оптимизация гидравлических и акустических характеристик глушителей шума поршневых двигателей / В.Я. Груданов, Л.Т. Ткачева// Вестник Белорусско-Российского университета. – 2017. – № 4 (57). – С. 17-28.