

3. Юдин, Е. А. Перспективы развития молочного скотоводства в России / Е. А. Юдин, Т. А. Юдина, П. А. Порфириков. – Текст : непосредственный // Экономика сельского хозяйства России. – 2019. – №12. – С. 60.

4. Х.Амерханов, Научное обоснование конкурентоспособности молочного скотоводства// Молочное и мясное скотоводство.-2012.-№6.-С.2-9

5. Жукова С.С. Хозяйственно-биологические особенности голштинизированных черно-пестрых коров различных генотипов /С.С. Жукова, В.И. Гудыменко, А.П. Хохлова // Труды КубГАУ. – 2013. – № 4 (43). – С. 200-202.

УДК 331.45

**М. В. Кунаш**, аспирант, **Г. И. Белохвостов**, канд. техн. наук, доцент,  
**А. И. Мельнов**, магистрант,  
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск*

### ПЕРСПЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ГЛУШИТЕЛЯ ШУМА ТРАКТОРА

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания (ДВС), глушитель шума (ГШ), отработавшие газы (ОГ), перспективная модель ГШ.

**Key words:** internal combustion engine (ICE), noise suppressor (GS), exhaust gases (EG), advanced model of GS.

**Аннотация:** рассмотрена перспективная модель ГШ трактора с целью улучшения акустических показателей и мощностных характеристик двигателя.

**Abstract:** a perspective model of a tractor GSh is considered in order to improve the acoustic performance and power characteristics of the engine.

Уровень шума трактора напрямую влияет на ощущения от вождения. Снижение уровня шума трактора является важным средством улучшения имиджа товарного знака и защиты физического и психологического здоровья работников. Тракторы являются универсальными сельскохозяйственными машинами, которые играют важную роль в сельскохозяйственном производстве. Во время работы трактора сильный акустический отклик, вызванный внешним возбуждением, вызывает проникновение шума в кабину через стеклянные окна и ветровое стекло, а повторяющееся отражение звука от тонких пластин в кабине создает вибрацию, что делает снижение шума в кабине трактора значительно более сложной задачей. Большое количество исследований продемонстрировало сильное проникновение и низкое затухание низкочастотного шума. Этот вид шума вызывает загрязнение окружающей среды и существенно влияет на имидж марки тракторной продукции, а также наносит необратимый вред здоровью водителей.

Усовершенствование ГШ и снижение уровня шума может значительно повысить конкурентоспособность трактора на рынке. Негативное воздействие шума на физическое и психологическое здоровье трактористов также будет снижено.

Более 30 % работников, занятых в сельскохозяйственном производстве, подвергаются неблагоприятному воздействию шума, превышающего допустимые нормы. Организм человека, неприспособленный к перманентному воздействию шума, реагирует на звуковые раздражители достаточно негативно. Отрицательное влияние шума на работоспособность проявляется даже при его небольшой интенсивности [1,2].

К основным источникам шума транспортных и самоходных сельскохозяйственных машин, оборудованных ДВС, относится шум выпуска. Шум незаглушенного [1] выпуска может достигать 140 дБА (болевого порог), что во много раз превосходит шум всех остальных источников [1].

Рациональным решением вопроса борьбы с шумом является устранение шумообразования в самом источнике, но это удастся осуществить в сравнительно небольшом числе случаев. Поэтому для снижения аэродинамического шума основное внимание уделяется конструированию ГШ.

Выбор того или иного типа ГШ определяется необходимым уровнем снижения шума, его спектром, мощностью источника, физическими свойствами материала: высоким звукопоглощением в требуемом диапазоне частот, малым объемным весом, экономичностью и т.д. Важно, чтобы ГШ оказывали небольшое гидравлическое сопротивление.

Решение задачи включает следующие этапы: определение допустимого шума; расчет шума в точке наблюдения по известной акустической характеристике источника, шум которого необходимо снизить; определение необходимой акустической эффективности ГШ; выбор схемы ГШ и конструкции звукопоглощающих элементов; акустический и гидравлический расчеты ГШ.

Противодавление зависит от ряда факторов, главными из которых являются гидравлическое сопротивление ГШ, режим работы двигателя и волновое сопротивление системы выпуска. В свою очередь гидравлическое сопротивление зависит от режима работы двигателя, поэтому оценку противодавления и связанного с ним снижения мощности принято относить к ее номинальному значению [4, 6].

При расчете противодавления за основу берут расчетную схему проектируемого ГШ и учитывают падение давления на входной и выходной трубах ГШ, а также на трубах, соединяющих его камеры. Учитываются потери давления за счет трения и на местных сопротивлениях у срезов труб.

Противодавление рассчитывается по следующей формуле:

$$\Delta p = \frac{(K_{вх} + K_{вых} + \lambda_m l_T / d_T) \rho v^2}{2}, \quad (1)$$

где  $K_{вх}$  и  $K_{вых}$  – коэффициенты местного сопротивления на входе потока в трубу и на выходе из нее;  $\lambda_m$  – коэффициент трения потока газов о стенку трубы [6];  $d_T = 4 S_m / F_m$  – гидравлический диаметр трубы (для

трубы с круговым сечением  $d_z = d_m$ );  $l_m$ ,  $d_m$  и  $F_m$  – длина, внутренний диаметр и внутренний периметр трубы, м;  $S_m$  – площадь проходного сечения трубы,  $m^2$ ;  $\rho$  – плотность газов в трубе,  $кг/м^3$ ;  $v$  – средняя скорость движения газов в трубе,  $м/с$ .

Если срезы соединительных труб располагаются в камерах, то для вычисления [6] коэффициентов  $K_{вх}^K$  и  $K_{вых}^K$

$$K_{вх}^K = (S_K / S_T - 1)^2; \quad (2)$$

$$K_{вых}^K = (1 - S_T / S_K)^2, \quad (3)$$

где  $S_K$  – площадь сечения камеры,  $m^2$ .

Для выходной трубы ГШ коэффициент местного сопротивления на выходе из нее при расчете принимается равным единице.

Коэффициент трения:

$$\lambda_T = \frac{1,01}{(\lg Re)^{2,5}} \text{ при } 2 \cdot 10^3 < Re < 2 \cdot 10^5, \quad (4)$$

где  $Re$  – число Рейнольдса.

$$Re = v d_T \rho / \mu, \quad (5)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость газов,  $Па \cdot с$ .

Для труб ГШ выпуска ДВС рекомендуется принимать  $\lambda_T \approx 0,02$ .

Принимая массовый расход ОГ приблизительно равным массовому расходу  $G_m$  во входном отверстии системы впуска двигателя, рассчитывают вначале

$$G_m \approx \rho_v V_{hДВС} f_1, \quad (6)$$

где  $\rho_v$  – плотность атмосферного воздуха при нормальных условиях  $T=293K$  и  $p_{атм}=101325$  Па,  $кг/м^3$ ;  $V_{hДВС}$  – рабочий объем двигателя,  $м^3$ ;  $f_1$  – основная частота газообмена, равная первой гармонической составляющей спектра шума выпуска, Гц.

$$f_1 = \frac{n}{30t}, \quad (7)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя,  $мин^{-1}$ ;  $t$  – тактность двигателя.

Дальнейшие вычисления параметров среды в ГШ начинают с его последнего элемента [6]. – выходной трубы ГШ, статическое давление в которой на первом этапе расчета принимают равным атмосферному.

Определяют плотность

$$\rho = M_{см} p_c / (RT), \quad (8)$$

где  $M_{см}$  – молярная масса смеси,  $кг/кмоль$ ;  $p_c$  – статическое давление в элементе ГШ, Па;  $R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(кмоль·К);  $T$  – температура газов в элементах выпускной системы, К.

Затем скорость газов в выходной трубе.

Определяется скорость звука в трубе:

$$v = G_M / (\rho S_T), \quad (9)$$

$$c = \sqrt{\frac{R \gamma T}{M_{CM}}}, \quad (10)$$

где  $\gamma$  – показатель адиабаты ОГ.

Число Маха находят по формуле

$$M = v / c \quad (11)$$

Далее определяют значения  $K_{вх}$ ,  $K_{вых}$ ,  $\lambda_T$  и Re соответственно по формулам (2), (3), (4) и (5). Задавшись геометрическими размерами трубы и последней камеры на основе расчетной схемы, вычисляют по формуле (1) падение давления на выходной трубе  $\Delta p_T$  и статическое давление в камере по формуле

$$p_K = p_{AT} + \Delta p_T \quad (12)$$

Определив  $p_K$ , вычисляют параметры  $\rho$  и  $c$  по формулам в камере, а также  $v$  и  $M$  по формулам в ее проточной части [4, 6].

В зависимости от организации движения потока газов в камерах при входе и выходе их из трубы определяют  $K_{вх}$  и  $K_{вых}$  по соответствующим формулам. Определив Re и  $\lambda_T$ , находят по формуле падение давления на соединительной трубе  $\Delta p_T$  и статическое давление в предпоследней камере ГШ по формуле [4, 6].

Таким образом, переходя от последующего элемента к предыдущему, вычисляют параметры среды в каждом элементе ГШ, необходимые для расчета коэффициентов их матриц передачи. Определив падение давления на каждом  $i$ -м элементе глушителя  $\Delta p_i$  (обычно на трубах и последовательно размещенных диссипативных элементов типа перфорированных перегородок), находят в первом приближении падение давления на ГШ или, иначе говоря, создаваемое им в выпускной системе противодействие [4, 6].

Для оценки технического уровня и оптимизации конструкции ГШ использован следующий комплекс относительных и удельных оценочных параметров:

– относительный объем ГШ, вычисляемый по формуле

$$V_{отн} = V_{гл} / iV_h,$$

где  $V_{гл}$  и  $V_h$  – объем ГШ и рабочий объем цилиндра двигателя;

$i$  – число цилиндров;

– удельное заглушение на единицу относительного объема [дБ(А) / ед.  $V_{отн}$ ]:

$$\Delta L_{A(V)} = \Delta L_A / V_{отн};$$

– относительное гидравлическое сопротивление:

$$H_{отн} = H_1 / H_2,$$

где  $H_1$  и  $H_2$  – гидравлическое сопротивление систем с ГШ и без него;

– удельное заглушение на единицу относительного сопротивления [дБ(А) / ед. $H_{отн}$ ]:

$$\Delta L_{A(H)} = \Delta L_A / H_{отн};$$

– относительный теплообмен:

$$T_{отн} = T_2 / T_1,$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – температуры отработавших газов на выходе, К [1, 2, 3, 5].

Нами была разработана конструкторская документация экспериментального глушителя 800-1205100 для трактора «БЕЛАРУС 1221.3», укомплектованного штатным глушителем 800-1205015-А.

Цель и вид испытаний: сравнение шумовых характеристик трактора «БЕЛАРУС 1221.3», укомплектованного штатным глушителем 800-1205015-А и экспериментальным глушителем 800-1205100 (рисунок 1) [1, 2, 3, 4].

Проведены замеры уровней звука и уровней звукового давления в октавных полосах на срезе ГШ в соответствии с программой-методикой 1205ПМ. Замеры произведены в сравнении со штатным ГШ, а также замеры противоавдавления ГШ.



**Рисунок 1. Глушитель экспериментальный 800-1205100**

Сопротивление выхлопным газам ГШ 800-1205100 составило 7 кПа и соответствует требованиям ТУ РБ 101326441.142-2004 на двигателях Д-260.2S2.

Шумовые характеристики трактора «БЕЛАРУС-1221.3» по внешнему шуму в соответствии с требованиями ТРТС 031/2012 не производились в связи с неблагоприятными метеоусловиями [5].

#### **Список использованной литературы**

1. Глушители шума поршневых двигателей внутреннего сгорания: классификация, основные требования, инновационные конструкции / Г. И. Белохвостов [и др.] // 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.
2. Современные подходы к разработке глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / Г. И. Белохвостов, Бренч М. В., Кунаш М. В., Андрухович Е. С., Коженевский А. Р. // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производ-

ства: сб. науч. тр. / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – Вып. 8. С. 40 – 45.

3. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов, Л. Т. Ткачёва, Г. И. Белохвостов, М. В. Кунаш // Вестник БарГУ. Сер. Технические науки. – 2022. – № 2 (12). – С. 74-84.

4. Коляда А.Г. Расчет противодавления глушителя шума ДВС / А.Г. Коляда, А.П. Пилипчук, Г.И. Белохвостов, М.В. Кунаш // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества: материалы международной студенческой научно-практической конференции, 20–21 апреля 2023 г. / редкол.: В. Н. Босак (гл. редактор) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023 – С. 111-114.

5. Кунаш М.В. Улучшение гидравлических характеристик глушителей шума / М. В. Кунаш [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Минск, 30-31 марта 2023 г. – Минск: БГАТУ, 2023. – С. 294-296.

6. Айрбабамян, С.А. Противодавление в глушителях шума выпуска автомобилей / С. А. Айрбабамян, Г.И. Калабухов // Технология, экономика и организация производства технических систем: межвузовский сборник научных трудов. под ред. О. В. Таратынова, Е. А. Резчикова. – Москва: МГИУ, 2012. – С. 164-170.

## УДК 331.101.6

**Е.М. Бельчина**, *ст. преподаватель,*

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Ключевые слова:** производительность труда, сельское хозяйство, сбалансированные показатели, методика, управление

**Key words:** labor productivity, agriculture, balanced indicators, methodology, management

**Аннотация:** в современных условиях развития сельского хозяйства и активного внедрения инновационных подходов в производственных и экономических процессах актуальным вопросом является изучение эффективности управления производительностью труда, как одного из основных критериев конкурентоспособности и финансовой устойчивости субъекта хозяйствования. В статье раскрыты особенности расчета стоимостных показателей производительности труда в Республике Беларусь,