

поверхности и до глубины 20...25 см, что в 1,5...2 раз больше, чем при известных способах внесения удобрений.

На раме орудия устанавливаются 12 рабочих органов. Общая ширина захвата 7,6 м. Угол наклона стоек 40-45°. Расстояние между наклонными лентами удобрений – 140 мм. Дневная выработка составляет 35-40 га.

Удобритель может работать в паре с бункером посевного комплекса как культиватор-удобритель с центральной высевальной системой, автономно со своим бункером с индивидуальными дозаторами и как орудие для основной обработки почвы.

Результаты исследований на почвенном канале показали, что тяговое усилие практически имеет линейную зависимость от угла резания долота и скорости движения агрегата и варьирует в пределах от 42,45 до 180,15 кг при глубине рыхления  $h=50$  см и ширине захвата 25 см.

Исходя из условия минимальности тягового усилия можно считать оптимальными значения угла резания  $\alpha=16-20^\circ$  и скорости агрегата  $v=1,8-2,0$  м/с.

#### Литература

1. Булаев В.Е. Агротехнические основы и технология локального внесения удобрений // В кн.: Способы внесения удобрений: научные труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1976. – С. 5-40.
2. Рябченко И.К. и др. Механизация применения удобрений. – М.: Колос, 1982. – 291с.
3. Рекомендации по интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы в Башкирской АССР /Н.Р. Бахтизин и др. – Уфа, 1985. -34с.
4. Nukeshev S., Ramaniuk M. et. al. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Differential Application in Precision Farming. International Journal of Technology. Volume 14(1), pp. 109-118. DOI: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i1.5143>.

УДК 621.43.065.001.57

#### **НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ПОРШНЕВЫХ ДВС**

**Белохвостов<sup>1</sup> Г.И.**, к.т.н., доцент, **Кунаш<sup>1</sup> М.В.**, аспирант, **Тиунчик<sup>1</sup> А.А.**, к.ф.-м.н., доцент, **Дубовик<sup>2</sup> Д.А.**, д.т.н., **Климук<sup>2</sup> А.С.**, **Янович<sup>2</sup> Д.Л.**

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет,

<sup>2</sup>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

Целью дополнительного анализа теоретических основ и закономерностей возникновения шума поршневых двигателей внутреннего сгорания (ПДВС), основанных на трудах известных ученых, таких как Н.Н. Андреев, А.И. Белов, Л.И. Инзель, Б.П. Константинов, Б.К. Шапиро, И.И. Ключин, В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, В.Я. Груданов, А.П. Меркулов, Д.А. Чудаков, Н.Г. Шабуня, М.А. Разумовский, Н.И. Иванов, А.И. Комкин и др. являлось уточнение отдельных позиций в правильном понимании рабочих процессов ПДВС, процессов массо- и теплообмена, в частности, газообмена, механических процессов, превращения части тепловой энергии в звуковую, формирования акустического излучения, аэроакустических, диссипативных и вихревых процессов.

Анализ аэродинамических источников шумообразования акустического излучения ПДВС показал, что отношения между ними по их интенсивности различны и зависят от типа двигателя, его конструктивных особенностей, а также от скоростного и нагрузочного режима работы.

Особый интерес представляет прогнозирование характеристик газодинамического шума для выпускных систем без заглушающих устройств, так как полученные при этом данные являются исходными для определения заглушающих характеристик систем выпуска при их разработке. Установлено влияние системы заглушения на экономические,

мощностные и экологические показатели транспортного средства, где часто одна проблема решается за счёт другой [1], [2].

Необходимо подвергнуть более тщательному анализу:

- зависимость интенсивности шума от элементарного объёма турбулентной струи, выраженная формулой:

$$dI = \frac{k_0 \rho_c^2 u_c^8}{\rho_0 c_0^5 r^2 \Phi^5(\theta, M_k)} \left( \frac{\sqrt{r^2}}{u_c} \right)^4 \left( \frac{u_k}{u_c} \right)^4 \frac{dv}{x},$$

где  $r = |\vec{x}|$  – радиус, на котором производится данное исследование,  $c_0$  – скорость звука в среде.

Из этой формулы на основании постоянной Лайтхилла определяется суммарная акустическая мощность элементарного объёма:

$$dW = k_2 \Psi(M_k) \frac{\Pi}{D^2} \left( \frac{\sqrt{r^2}}{u_c} \right)^4 \left( \frac{u_k}{u_c} \right)^4 \frac{dv}{x},$$

где

$$\Pi = \frac{\rho_c^2 u_c^8 D^2}{\rho_0 c_0^5},$$

$$\Psi(M_k) = \frac{1 + M_k^2}{(1 - M_k^2)^4},$$

где  $u_k$  – скорость конвекции;  $M_k = \frac{u_k}{c_0}$ ;  $D$  – характерный геометрический размер;

$\frac{\sqrt{r^2}}{u_c}$  – интенсивность турбулентности;  $u'$  – пульсационная скорость.

Функция  $\Psi(M_k)$  характеризует эффект усиления акустического излучения вследствие конвекции источников шума.

Максимум акустической мощности генерируется в зоне наибольшей активности турбулентности, где градиент средней скорости максимален.

Большая часть акустической энергии излучается на участке от седла клапана до сечения, удаленного на расстояние 10 диаметров горловины клапана. Примерно 65% суммарной акустической энергии струи излучается на начальном участке, где произвольный объём, одна из геометрических составляющих которого равна диаметру тарелки клапана, излучает 0,10...0,15 от акустической мощности струи.

Суммарная акустическая мощность вихревого шума определяется как

$$W = (K_0 \Phi^2 + K_1 \Phi^6 + K_2 \Phi^8) \cdot F_{кл} \cdot \rho_6 \cdot c_6^3 (1 - \chi),$$

где  $\chi = \frac{P_e - P_{np}}{P_e}$ ;  $c = \sqrt{nRT_e}$ ;  $n = \frac{c_p}{c_r}$ ;  $\Phi = \left\{ \frac{2}{n-1} \left[ 1 - (1-\chi)^{\frac{n-1}{n}} \right] \right\}^{0,5}$ .

Более тщательного изучения необходимо и для определения уровней звуковой мощности шума выхлопной струи турбореактивного двигателя с необходимыми уточнениями применительно к ПДВС.

Общий уровень звуковой мощности  $L_{p,общ}$  в дБ выхлопной струи турбореактивного двигателя определяется по формуле

$$L_{p,общ} = 80 \lg V_c + 20 \lg \rho_c + 10 \lg F_c - 44$$

где  $V_c$  - скорость истечения газа из сопла, м/с;  $\rho_c$  - плотность струи в выходном сечении сопла, кг/м<sup>3</sup>;  $F_c$  - площадь сопла, м<sup>2</sup>.

Системы впуска и выпуска отработавших газов являются источниками шума аэродинамического происхождения. Для их шумоглушения используются специальные устройства, конструкция которых не затрагивает базовых элементов самого двигателя. Основная задача конструирования этих систем заключается в обеспечении заданных параметров заглушения при минимальных габаритах, массе и стоимости системы. При разработке системы выпуска ее акустическая эффективность задается такой, чтобы уровень излучаемой ею звуковой мощности был на 8...10 дБ А ниже уровня звуковой мощности акустического излучения, вызываемого колебаниями наружных поверхностей двигателя.

Включение в конструкцию системы выпуска нейтрализаторов способствует улучшению заглушающих свойств системы, так как принципы функционирования нейтрализаторов способствуют снижению шума выпуска

Определенные успехи в расчетных методах исследования глушителей шума ПДВС как отечественных, так и зарубежных научных школ создают хорошие предпосылки для решения прямой задачи – определения акустических характеристик глушителей шума ПДВС заданной конфигурации и размера, и обратной – определения конфигурации и размеров глушителя с требуемыми характеристиками [3-5].

#### Литература

1. Разумовский, М.А. Борьба с шумом на тракторах/ М.А. Разумовский.– Минск: Наука и техника, 1973 – 208 с
2. 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
3. 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.
4. 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
5. 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.