

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Д. Н. ГРИШАЕВА, В. А. ДАЙНЕКО, студенты
М. В. КУНАШ, аспирант
М. В. БРЕНЧ, Н. Н. ЖАРКОВА, ст. преподаватели
Г. И. БЕЛОХВОСТОВ, кандидат техн. наук, доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Повышенный уровень шума относится к вредным производственным факторам, что оказывает значительное влияние на выполнение различных технологических процессов в АПК [1–4, 7, 9–11].

Снижение шума тракторов считается одной из основных задач сельского хозяйства. В целом шум можно разделить на две категории: внутренний шум трактора (шум в кабине) и внешний шум. Весьма распространенной причиной интенсивного высокочастотного шума на предприятиях АПК является выброс сжатого воздуха, пара и других газов в атмосферу, которые широко используются для автоматизации производственных процессов. Для снижения аэродинамического шума (шума турбулентного перемешивания выхлопной трубы с окружающей атмосферой) при работе компрессоров, пневмоустройств, турбореактивных, реактивных двигателей и др. основное внимание уделяется конструированию глушителей [3, 8].

Основная часть. Различают два типа шумов: акустически связанный шум - определяется примыкающими к отверстию отражающими поверхностями, геометрическая форма которых обуславливает частоту и интенсивность узкополосной составляющей; акустически не связанный шум (свободная струя) – звук определяется только условиями истечения струи из отверстия и не ослабляется, и не усиливается окружающими участками поверхности конструкции.

Для акустически не связанного шума узкополосные составляющие не излучаются отверстием в плоской стенке, если отношение длины отверстия L к диаметру d удовлетворяет неравенствам:

$$L / d < 1/4 \text{ или } L / d > 4$$

Для акустически связанного шума отсутствие узкополосных составляющих в спектре определяется условием:

$$L / d > 4$$

Когда $L/d < 1/4$, узкополосный шум, если он не полностью исклю-

чается, будет иметь сравнительно низкий уровень в соответствии с тем, насколько отношение L/d меньше $1/4$.

Установлено, что на участке струи, составляющем примерно по длине десять диаметров от среза сопла, создается практически вся звуковая мощность. Звуковую мощность, излучаемую струей, можно вычислить по формулам:

для скоростей истечения, меньших 150 м/с:

$$P = 10^{-5} [p^2 u^2 d^2 / (p_0 c^3)].$$

Для скоростей истечения, больших 150 м/с:

$$P = 3 \cdot 10^{-5} [p u^2 d^2 / p_0 c^5],$$

где P – звуковая мощность, Вт; p и p_0 – плотность газа в сопле перед истечением и в среде, в которую вытекает струя, кг/м^3 ; u – скорость истечения газа, м/с; d – диаметр сопла, м; c – скорость звука в окружающей среде, м/с.

Критическая скорость воздуха, истекающего из сопла, при нормальных атмосферных условиях достигается при избыточном давлении $0,09$ МПа, и поскольку в обычных технических пневмосистемах избыточное давление, как правило, превышает указанную величину, шум выбрасываемого ими воздуха достигает максимальных значений. Наиболее эффективным способом снижения шума струи является уменьшение давления в ней ниже критического. При этом снижается скорость истечения, что позволяет значительно уменьшить звуковую мощность (рис., *а*). Струя из сопла диаметром d_1 втекает в камеру и затем выпускается в свободную атмосферу через сопло диаметром $d_2 > d_1$, что приводит к уменьшению скорости истечения и излучаемого шума. Уменьшение шума струи наблюдается также при ее разбиении на ряд более мелких струй. На рис., *б* приведена схема выпуска газа через четырехтрубное сопло, имеющее такое же живое сечение, как и основная магистраль. На низких и средних частотах шум уменьшается на 8 – 10 дБ, а на высоких (8000 Гц и выше) повышается всего на 2 – 3 дБ. Аналогичный эффект имеет место при использовании турбулизующей сетки, которая разбивает струю на отдельные струйки (рис., *в*).

Сетка обычно устанавливается на расстоянии 1 – 3 диаметров от среза сопла. Это приводит к увеличению высокочастотного шума, который следует экранировать.

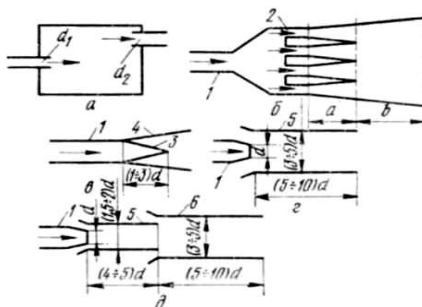


Рис. Способы уменьшения шума струи
a – уменьшение скорости струи; *б* и *в* – разбиение струи;
г и *д* – одно и двухступенчатый эжектор; *1* – основная магистраль;
2 – выхлопное сопло; *3* – сетка; *4* – экран; *5* и *6* – эжекторы.

Для перфорированных пластин расстояние между отверстиями должно быть по возможности малым. Если отверстия отстоят друг от друга более чем на 2–3 диаметра, они излучают узкополосный шум, который на $20 \lg n$ (где n – число отверстий) выше, чем у одиночного отверстия. Когда расстояние между отверстиями меньше 1,25 диаметра, отверстия излучают узкополосный шум несинхронно и его уровень ниже.

Уровень шума струи можно также уменьшить при использовании эжектора (рис., *г*). Эжектор способствует расширению струи и уменьшению ее скорости. При длине эжектора более пяти диаметров струи наблюдается значительное уменьшение шума во всем диапазоне частот, за исключением самых низких. Эжектор снижает общую звуковую мощность на 6–8 дБ, а на высоких частотах – на величину 10–12 дБ. Еще большее снижение звуковой мощности струи (до 10–16 дБ) достигается при использовании двухступенчатого эжектора (рис. 1, *д*).

Всякое течение газа или жидкости сопровождается шумом, поэтому с вопросами борьбы с аэродинамическими шумами приходится встречаться очень часто. Глушители шума (ГШ) [3–6] должны, с одной стороны, преграждать путь шуму, с другой – не препятствовать перемещению рабочей среды по воздуховоду. Последнее требование во многом определяет выбор возможной конструкции ГШ. Кроме того, к ГШ в зависимости от условий их установки и эксплуатации предъявляются специфические требования, ограничивающие их габариты, форму, массу, стоимость, использование тех или иных конструкционных и

поглощающих звук материалов и др. ГШ применяют для уменьшения аэродинамического шума, распространяющегося через какое-либо отверстие, которое по технологическим или другим соображениям не может быть закрыто. Единой классификации ГШ не существует. Их подразделяют на активные и реактивные. В активных ГШ основную роль в снижении шума играет звукопоглощающий материал, в качестве которого применяются любые пористые материалы. В реактивных ГШ поглощение звука обеспечивается образованием «волновой пробки», затрудняющей прохождение звука на некоторых частотах вследствие влияния массы и упругости воздуха в ячейках ГШ. К реактивным ГШ относятся также изменения сечения, повороты, перфорированные элементы, отводы.

Заключение. Рассмотрены способы и технические устройства снижения аэродинамического шума, расчета и конструирования глушителей и оконченных устройств типа эжекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
2. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
3. К расчету глушителей аэродинамического шума / Е. В. Магало [и др.] // Новые материалы и технологии их обработки. – Минск: БНТУ, 2023. – С. 293–295.
4. К расчету реактивных глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / Е. С. Андрухович [и др.] // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 11–14.
5. Кунаш, М. В. Производственный шум как один из важнейших профессиональных рисков / М. В. Кунаш, Г. И. Белохвостов, Д. М. Позняков // Техника и технология пищевых производств. – Могилев: БГУТ, 2024.
6. Кунаш, М. В. Совершенствование глушителя шума тракторов «БЕЛАРУС» / М. В. Кунаш, Г. И. Белохвостов, Н. И. Зезетко // Агропанорама. – 2024. – №1. – С. 12–16.
7. Лаубах, Е. В. Современные инструменты для уменьшения шума в тракторах / Е. В. Лаубах, М. В. Цайц // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024.
8. 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.
9. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
10. Современные подходы к разработке глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / Г. И. Белохвостов [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 40–44.
11. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2023. – 407 с.