

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ГЛУШИТЕЛЯ ШУМА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Зайка А.В.,
Иголкин А.А.,
Решетов В.М.,
Сафин А.И.,
Сафина И.И.

Самарский национальный
исследовательский университет
имени академика С. П. Королёва
(Самарский университет)

Московское шоссе, д. 34,
г. Самара, 443086,
Российская Федерация

antiox08@mail.ru

Одной из основных проблем пневматических систем был и остается повышенный уровень шума, побочным результатом которого являются вибрации. Акустические и механические процессы негативно воздействуют на персонал, окружающую среду и трубопроводные системы. Для снижения негативных эффектов используются глушители различной конструкции. В статье представлен модернизированный пневматический глушитель высокого давления, а также проведенные первичные испытания. В результате была получена акустическая эффективность 41,2 дБС и 44 дБА.

Ключевые слова: глушитель шума; шумовое давление; вибрационное давление

1 Введение

В настоящее время одной из основных проблем в пневматических системах является повышенный уровень шума. Он может негативно воздействовать на обслуживающий персонал, окружающую среду. Шум пневмосистем возникает в результате сброса отработанного сжатого воздуха в атмосферу. Для снижения уровня шума и защиты внутренних деталей распределителей используют глушители шума. Выбор типа глушителя зависит от: частотного диапазона и требуемой величины снижения уровня шума, характеристик спектра шума источника, геометрических и режимных параметров источника шума, допустимого аэродинамического сопротивления, стоимости глушителя.

Глушители обычно подразделяются на абсорбционные (активные) и реактивные (рисунок 1).

Первые содержат звукопоглощающий материал – в них происходит поглощение звуковой энергии; вторые не содержат такого материала, звуковая энергия в них отражается обратно к источнику шума. Такое подразделение весьма условно, поскольку в каждом глушителе звуковая энергия и поглощается, и отражается, только в разных соотношениях.

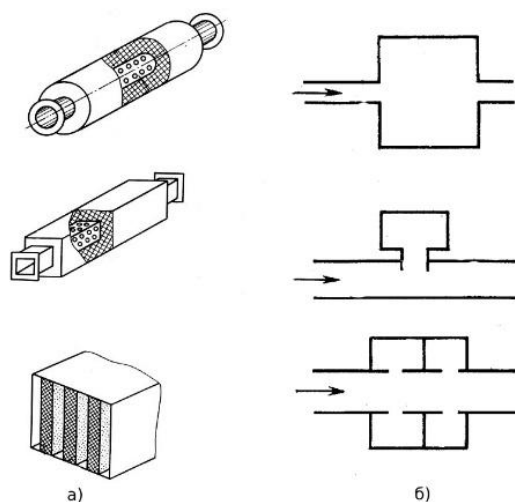


Рисунок 1. Типы глушителей
а - абсорбционный; б – реактивный

Абсорбционные глушители обеспечивают необходимое снижение шума в широком диапазоне частот при небольшом аэродинамическом сопротивлении, поэтому они нашли широкое применение в вентиляционных, компрессорных, газотурбинных установках, на стендах испытания двигателей.

Материалы, используемые для установки в активный глушитель, обладают благоприятными свойствами для подавления шума. К таким материалам относятся:

пористый алюминий, спечённая бронза, минеральная вата, полипропилен.

В качестве основного материала шумопоглощения был выбран полипропиленовый глушитель, т.к. он способен выдерживать давления свыше 4МПа, имеет различные характеристики (пористость, диаметр, длина), относительно низкая стоимость.

2 Разработка конструкции глушителя

Разработка конструкции глушителя происходила в несколько этапов:

- выбор звукопоглощающего устройства;
- разработка конструкции обечайки;
- разработка фланца;
- разработка крышки.

Была выбрана следующая конструкция глушителя (рисунок 2).

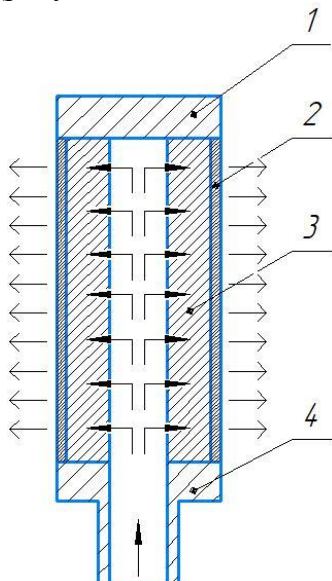


Рисунок 2. Структурная схема глушителя
1 – крышка; 2 – обечайка; 3 – звукопоглощающий материал; 4 – фланец

Конструкция глушителя в первую очередь зависит от характеристик звукопоглощающего материала. В качестве основного материала был использован полипропиленовый фильтрующий картридж с разной плотностью волокон (рисунок 3), т.к. он выдерживает высокое давление и широко представлен на рынке. Его длина

равна 254 мм, диаметр 60 мм, а пористость составляет 50 мкм.

Следующим этапом необходимо подобрать обечайку. Она служит для защиты звукопоглощающего устройства от разрушения, а при степени перфорации больше 50% – для звукопоглощения.

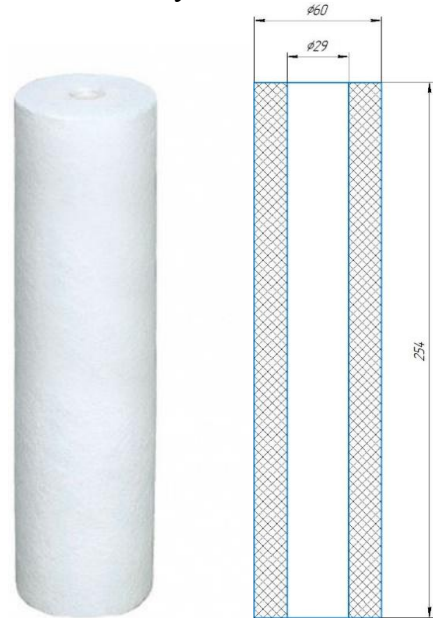


Рисунок 3. Полипропиленовый элемент

Форма перфорации несущественно влияет на характеристики глушителя, поэтому, основываясь на имеющихся на рынке комплектующих, было принято решение, что наиболее оптимальны значения у типа перфорации «Rv 4.0-6.0», т.е. круглые ячейки диаметром 4 мм, расположенные рядами на расстоянии 6 мм. (рисунок 4).

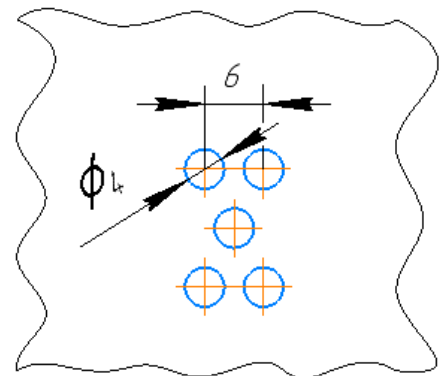


Рисунок 4. Общий вид перфорации с характеристиками Rv 4.0-6.0

Обечайка представляет собой перфорированную цилиндрическую трубу из перфорированного листа, где степень перфорации больше 50%. Его геометрические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики обечайки

Днар, мм	двн, мм	L, мм	Размеры	Площадь перфорации
61	60	254	Rv 4.0-6.0	10,08

Для установки фланцев к обечайке с двух сторон привариваются одинаковые резьбовые участки для присоединения фланца и крышки. Так как обечайка испытывает динамическую нагрузку от выхлопа и является элементом защиты для звукопоглощающего материала, её толщина подбиралась с учётом прочности и составила 1 мм.

Присоединительный размер входного фланца к распределителю G 1,25". Гладкая поверхность проходного канала и отсутствие препятствий в виде дополнительных сетчатых отверстий позволяют минимизировать уровень шума и уменьшить противодавление. Толщина стенки фланца равна 10 мм, что позволяет выдерживать нагрузки при давлении свыше 4 МПа.

И последний этап разработки конструкции состоял в модернизации крышки. Крышка необходима для закрепления и сохранения целостности звукопоглощающего элемента в конструкции глушителя. Толщина стенки крышки 10 мм позволяет выдержать давление свыше 4 МПа. Резьбовое соединение между крышкой и обечайкой позволяет упростить замену звукопоглощающего элемента в глушителе.

На основе расчётов была построена объёмная модель глушителя, полученная с использованием программы Компас-3D и изготовлен прототип для проведения серии опытов (рисунок 5).

Испытания проводились при давлении 4 МПа, точка измеряемого уровня звукового давления (УЗД) располагалась на расстоянии

1 м от источника шума, объём камеры для испытаний равен 30 м³.

Для получения акустической эффективности глушителя необходимо знать уровни звука LpC peak, LpA Imp max, т.к. они нормируются СанПиН 1.2.3685-21. Эти параметры можно получить и в свободном поле, и в реверберационной камере. С целью определения уровней звуковых характеристик в лабораторных условиях испытания проводились с использованием шумомера Экофизика российского производителя Октава-ЭлектронДизайн.



Рисунок 5. 3D-модель и итоговая конфигурация глушителя в сборке

Для замера уровня шума использовались микрофонные капсулы ВМК-402А с частотным диапазоном 8 Гц – 20 кГц, с максимальным измеренным УЗД 170 дБ.

Для эффективных конструкций глушителей шума проводилось:

1) Сравнительное испытание образцов известных фирм (рисунок 6):

- Пористый алюминий, производитель ООО «Композиционные материалы»;
- «SMC пневматик» производитель глушителей высокого давления Японии и другие.

2) Определение эффективности глушителя:

$$\Delta L = LpC_{\text{без глуш.}} - LpC_{\text{гл}}$$

$$\Delta L = LpA \text{ Imp}_{\text{без глуш.}} - LpA \text{ Imp}_{\text{гл}},$$

где $LpC_{\text{без глуш.}}$, $LpC_{\text{гл}}$ - скорректированный по частотной характеристике C шумомера

уровень звука излучения без и с глушителем соответственно; $LpA Imp_{\text{без глуш.}}$, $LpA Imp_{\text{гл}}$ - скорректированный по частотной характеристике A шумомера максимальный уровень звука излучения без и с глушителем соответственно.



Рисунок 6. Внешний вид испытуемых глушителей

В результате проведенных испытаний с различными видами глушителей шума были получены следующие данные (рисунки 7, 8).

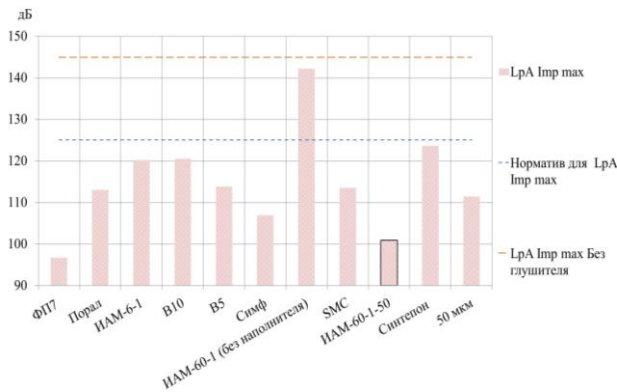


Рисунок 7. Результаты испытаний глушителя для характеристики $LpA Imp max$

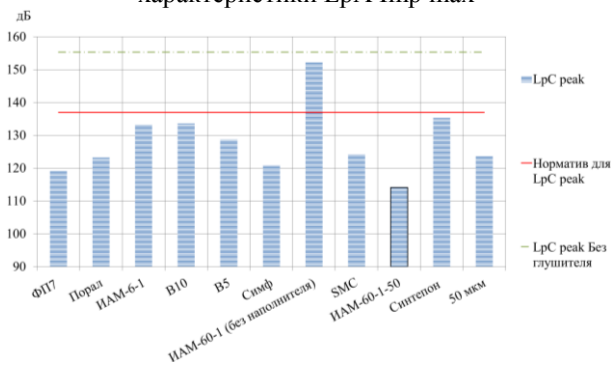


Рисунок 8. Результаты испытаний глушителя для характеристики $LpC peak$

Из графиков видно, что наибольшая акустическая эффективность у конструкции ИАМ-60-1-50 (41,2 дБС и 44 дБА). Данные показатели превосходят уже существующие аналоги глушителей шума.

3 Заключение

Был разработан и изготовлен опытный образец глушителя шума ИАМ-60-1-50. Проведены сравнительные испытания различных конструкций на модернизированном стенде для оценки акустической эффективности глушителей шума на основе пористых материалов. Глушитель шума ИАМ-60-1-50 показал высокую акустическую эффективность 41,2 дБС и 44 дБА. Данные значения превосходят показатели уже существующих аналогов глушителей шума.

Результаты исследования были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России в области научной деятельности (Проект № FSSS-2023-0008).

Список использованных источников

[1] ГОСТ 25144 – 82. Пневмоглушители. Технические условия [Текст]. – М.:Изд-во стандартов, 1982. – 22 с.

[2] Иванов Н. И. Основы виброакустики [Текст] / Н.И. Иванов, А.С. Никифоров. – СПб: Политехник, 2000. – 428 с.

[3] СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: введен постановл. Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2: дата введения 01.03.2021. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/fa69e15a74de57cbe09d347462434c11fcfeeac (дата обращения: 01.12.2022).

[4] J.Li., Study on acoustical properties of sintered bronze porous material for transient exhaust noise of pneumatic system / J. Li, S. Zhao K. Ishihara// Journal of Sound and Vibration. -2013 -Vol. 332. -11. -P. 2721-2734

A.V. Zaika,
A.A. Igolkin,
V.M. Reshetov,
A.I. Safin,
I.I. Safina

**DESIGN DEVELOPMENT OF A HIGH-PRESSURE
PNEUMATIC NOISE MUFFLER AND
INVESTIGATION OF ITS EFFECTIVENESS**

Samara National Research University
(Samara University)

34, Moskovskoye shosse, Samara,
443086, Russian Federation

antiox08@mail.ru

One of the main problems of pneumatic systems has been and remains an increased noise level, the side result of which is vibrations. Acoustic and mechanical processes negatively affect personnel, the environment and pipeline systems. Silencers of various designs are used to reduce the negative effects. The article presents an upgraded high-pressure pneumatic silencer, as well as the initial tests carried out. As a result, the acoustic efficiency of 41.2 dBS and 44 dBA was obtained.

Keywords: muffler noise; noise pressure; vibration pressure

References

- [1] GOST 25144 – 82. Pneumatic silencers. Technical conditions [Text]. – M.: Publishing House of Standards, 1982. – 22 p.
- [2] Ivanov N. I. Fundamentals of vibroacoustics [Text] / N.I. Ivanov, A.S. Nikiforov. – St. Petersburg: Polytechnic, 2000. – 428 p.
- [3] SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans [Electronic resource]: a decree has been introduced. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation from 28.01.2021 № 2: date of introduction 01.03.2021. – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/fa69e15a74de57cbe09d347462434c11fcfeeaca (accessed: 01.12.2022).
- [4] J.Li., Study on acoustical properties of sintered bronze porous material for transient exhaust noise of pneumatic system / J. Li, S. Zhao K. Ishihara// Journal of Sound and Vibration. -2013 -Vol. 332. -11. -P. 2721-2734