

УДК 628.51

## **Проектирование комбинированного глушителя шума энергетических установок**

*Нестеров Н. С., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Смирнов С.Г., к.т.н., доцент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*[e9@mx.bmstu.ru](mailto:e9@mx.bmstu.ru)*

Среди глобальных проблем развития современной цивилизации снижение шума в жизнедеятельности человека относится к числу наиболее важных. Энергетические установки, такие как ДВС, поршневые компрессоры, вентиляторные установки, являются основными источниками производственного шума в окружающей среде.

Шум на производстве приводит к снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор информации и аналитические способности операторов, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчиков, мостовых кранов и т. п.), что увеличивает число несчастных случаев на производстве.

Сильный шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, ведет к нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

Основным источникам шума энергетических установок является газодинамический шум на выходе и входе из системы. Проблема снижения этого шума решается с помощью применения эффективных глушителей.

В настоящей работе предлагается новая конструкция высокоэффективного комбинированного глушителя, предотвращающего возникновение шума от работающего двигателя или компрессора, расположенного на газо-воздушном канале. На эту конструкцию была подана заявка на патент полезной модели комбинированного глушителя.

Целью предлагаемой модели является повышение эффективности снижения уровня шума энергетических установок, у которых в спектре шума выражены как низкочастотные ( $63 \div 500$  Гц), так и высокочастотные (свыше 800 Гц) составляющие и интенсификации процесса глушения резонаторными и диссипативными элементами комбинированного глушителя.

Предложенный глушитель (Рис. 1) монтируется на газо-воздушном канале 1, по которому движется поток воздуха или отработанных газов и распространяются звуковые волны. Корпус резонаторов Гельмгольца выполнен в виде соосного цилиндра 2 большего диаметра, чем газо-воздушный канал, размером  $(1,6 \div 2)d$ , где  $d$  – диаметр газо-воздушного канала, м, ограниченный торцевыми стенками 3. Общий объем резонатора разделен поперечными перегородками 4, и образованные таким образом камеры 5 соединяются с пространством газо-воздушного канала поясками отверстий 6. Внутри газо-воздушного канала в сечении поясков отверстий резонаторов, располагают соосно ряд коротких цилиндрических диссипативных вставок 7, выполненных из перфорированного листового материала с коэффициентом перфорации  $> 0,2$ , и заполненных звукопоглощающим материалом 8. Учитывая, что существенное затухание звука в канале с центральным звукопоглощающим цилиндром наблюдается только на начальном участке по длине перфорированного цилиндра, глушитель должен содержать несколько таких цилиндров ограниченной длины, расположенных с зазором друг от друга. Для эффективного снижения шума и сохранения приемлемого гидравлического сопротивления газовому потоку, диаметр цилиндрических диссипативных вставок рекомендуется принимать равным  $(0,5 \div 0,6)d$ , а их длину  $(0,75 \div 1)d$ . Иные соотношения размеров возможны, но это приведет или к понижению акустической эффективности глушителя, или увеличению его гидравлического сопротивления газо-воздушному потоку.

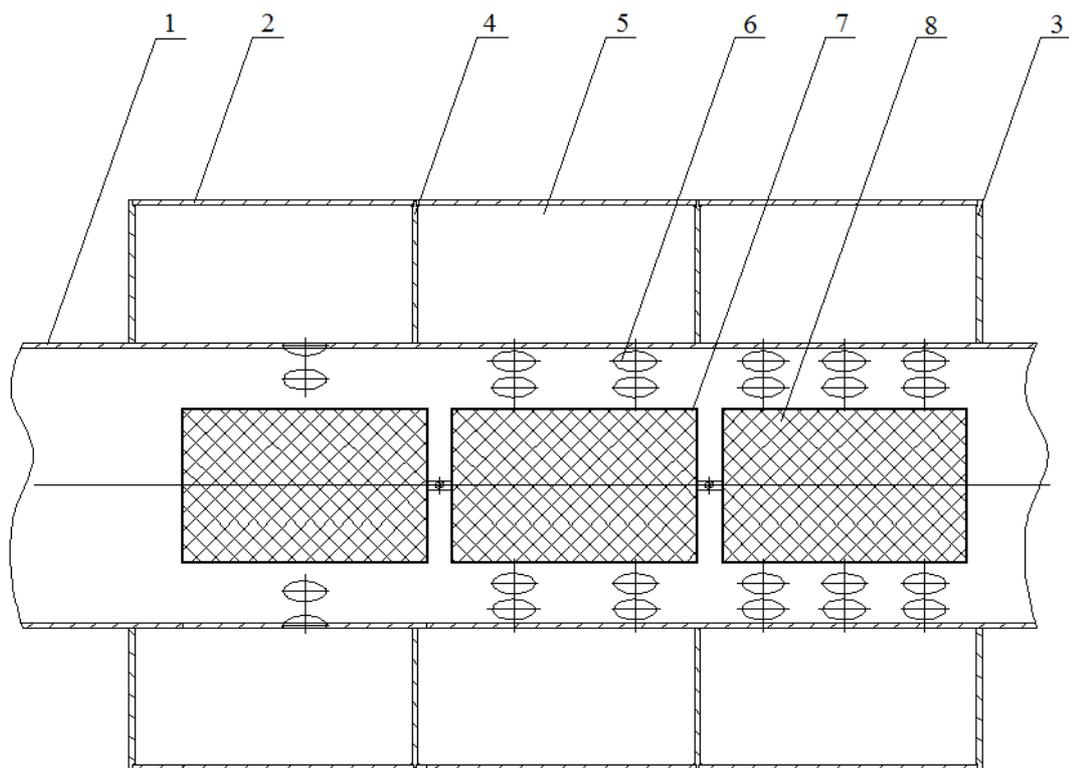


Рис. 1. Конструкция разработанного глушителя

Для повышения эффективности снижения уровня шума энергетических установок, в широком диапазоне частот, предлагаемый глушитель шума содержит ряд (два и более) последовательно расположенных резонаторов Гельмгольца, настроенных на частоты соседних октавных полос. Камеры резонаторов соединяются с каналом пояском отверстий, называемым «горлом резонатора». Частота, на которой наблюдается максимальное глушение резонатором Гельмгольца, определяется из выражения

$$f_p = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{V}},$$

где  $c$  – скорость звука, м/с;  $V$  – объем резонаторной камеры, м<sup>3</sup>;  $k = \frac{n \cdot S_1}{l_1 + 0,8 \cdot \sqrt{S_1}}$  – проводимость отверстий «горла резонатора», м;  $n$  – количество отверстий;  $S_1$  – площадь одного отверстия, м<sup>2</sup>;  $l_1$  – толщина стенки газо-воздушного канала, м.

При расчете резонаторов производится подбор размера и количества отверстий для обеспечения необходимой резонансной частоты  $f_p$  при известном объеме резонаторной камеры. Под действием звуковой волны, проходящей по газо-воздушному каналу, масса воздуха в «горле резонатора» совершает колебания, вследствие чего газ в резонаторной камере испытывает переменное сжатие и расширение, то накапливая энергию, то ее отдавая. Происходит процесс выравнивания звукового давления в канале за резонатором

и, следовательно, снижение шума на резонансной частоте. Принимают, что газ в «горле резонатора» колеблется подобно жесткому поршню и в области горла частицы газа совершают возвратно-поступательные движения перпендикулярные оси канала. Исходя из этого, в конструкции глушителя для расширения частотного диапазона глушения предлагается располагать соосно в газо-воздушном канале, именно в сечении «горла резонатора», цилиндрические диссипативные вставки, выполненные из перфорированного листового материала и заполненные звукопоглощающим материалом. В районе «горла резонатора» наблюдается максимальная колебательная скорость частиц газа и более интенсивный процесс перехода кинетической энергии в тепловую за счет трения в пористой структуре звукопоглощающего материала диссипативных вставок. Эксперименты показали, что одна общая цилиндрическая вставка, выполненная по всей длине всех последовательно расположенных резонаторов менее акустически эффективна, чем отдельные короткие вставки длиной  $(0,75 \div 1)d$  и расположенные последовательно в канале в зоне «горла» каждого резонатора.

Предлагаемая конструкция должна обеспечить высокую эффективность глушения в широком диапазоне частот энергетических установок. Проверка работоспособности модели конструкции глушителя была проведена с помощью созданной экспериментальной установки на искусственном шуме (Рис. 2).

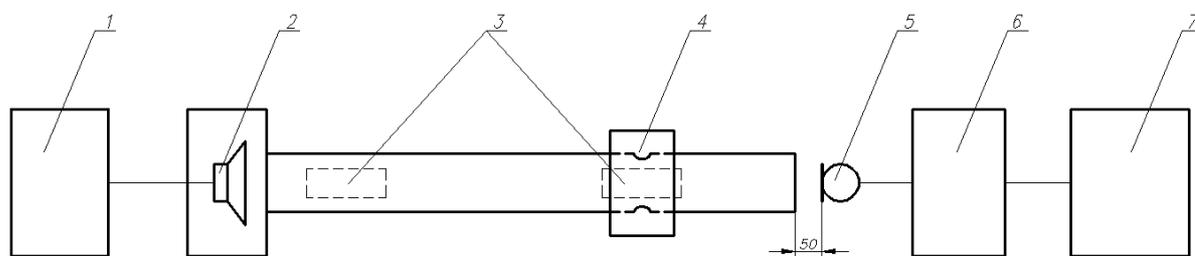


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

С помощью генератора 1 подавался белый шум на громкоговоритель 2, к которому присоединена труба с резонатором 4. В трубе установлены диссипативные вставки с звукопоглощающим материалом из базальтового волокна 3. Акустическим трактом, состоящим из: микрофона 5, усилителя 6, третьоктавного фильтра 7, измерялся уровень звукового давления на выходе из модели глушителя. Вставка, установленная около громкоговорителя, служит для снижения влияния отраженной звуковой волны от открытого конца на громкоговоритель. Резонатор Гельмгольца также отражает звуковую

энергию обратно к источнику, диссипативная вставка поглощает часть и этой энергии, тем самым снижает влияние на громкоговоритель.

Резонатор был рассчитан на частоту 320 Гц, камера имела объем 0,0026 м<sup>3</sup>, горло резонатора содержало 10 отверстий диаметром 10 мм.

Были произведены опыты по исследованию эффективности: отдельно диссипативных вставок и резонатора Гельмгольца, а также комбинированного глушителя. Результаты приведены на рис.3.

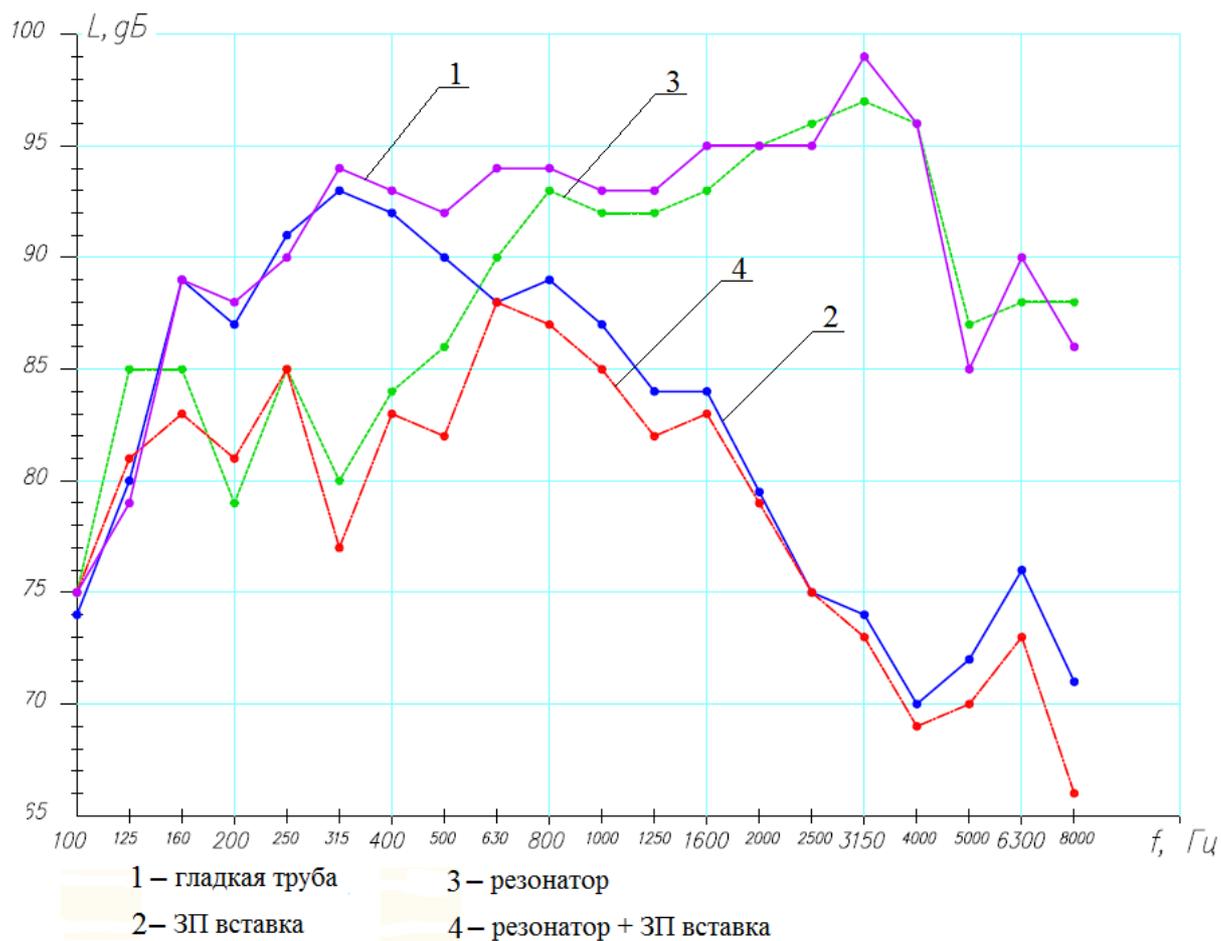


Рис. 3. Спектры шума при испытании глушителя

Из приведенных спектров видно, что использование резонатора Гельмгольца вместе с звукопоглощающей вставкой оказалось эффективным в широком диапазоне частот.

Для комбинированного глушителя исследовалось влияние расположения звукопоглощающей вставки в трубе. В первом случае вставка располагалась на конце трубы, во втором – в сечении «горла резонатора». Результаты приведены на рис. 4.

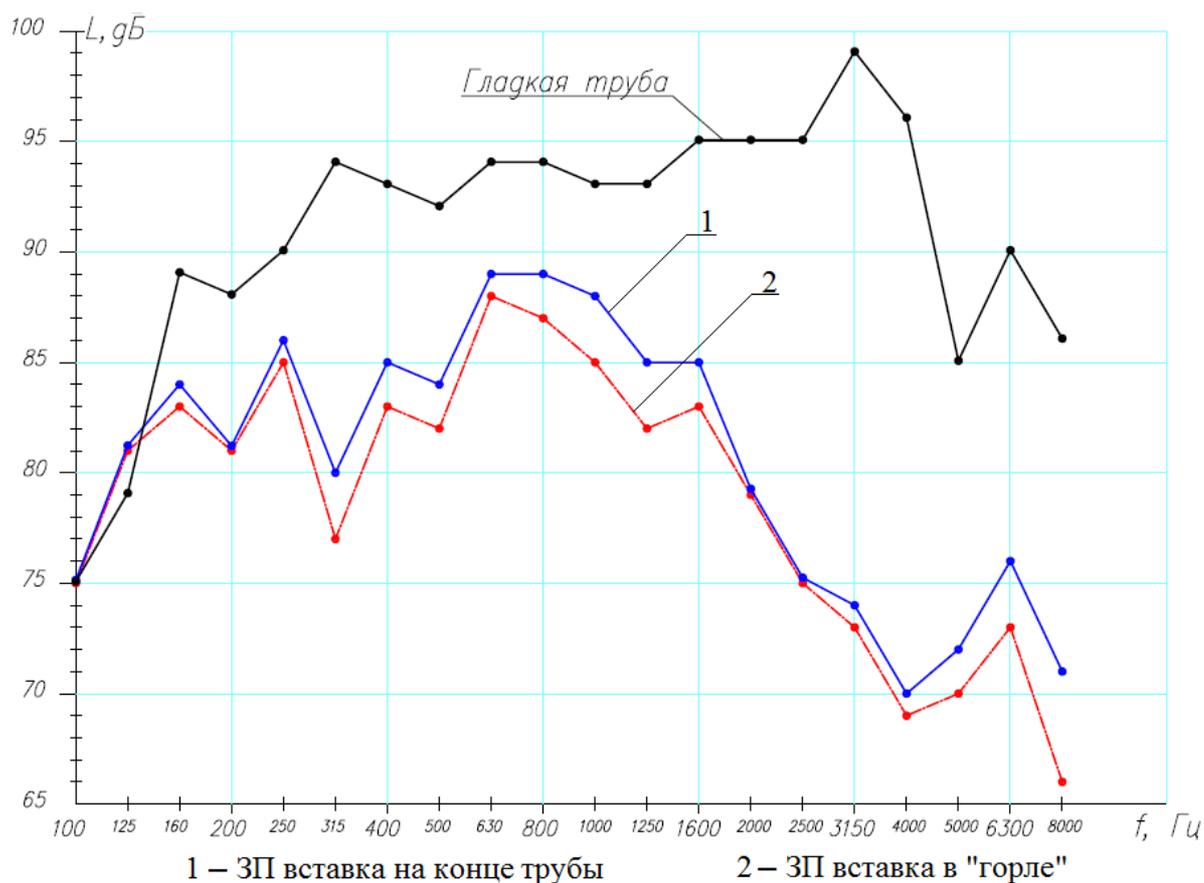


Рис. 4. Эффективность совместной работы диссипативного элемента с резонатором

Анализ полученных спектров показал, что установка звукопоглощающей вставки в «горле резонатора», как и предполагалось, дает лучший эффект по снижению шума, чем расположение ее в другом месте.

Модельное исследование показало высокую эффективность разработанного глушителя во всем спектре слышимых частот.

#### Список литературы

1. Комкин А.И., Миронов М.А., Юдин С.И. Исследование акустических характеристик двигателя внутреннего сгорания // Сборник трудов научной конференции к 100-летию А.В. Римского-Корсакова. М.: Изд-во ГЕОС, 2010. С. 103–109.
2. Комкин А. И. Метод расчета и проектирования глушителей шума // 2-ая Всероссийская научно-практическая конференция «Защита населения от повышенного шумового воздействия»: сб. докладов (Санкт-Петербург, 17-19 марта 2009 г.). Санкт-Петербург, 2009. С. 276–280.
3. Кочетов О.С. Комбинированный глушитель шума: пат. 2389883 Российская Федерация. 2010. 2 с.