

# ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 697.922

## АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМБИНИРОВАННЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ГЛУШИТЕЛЕЙ

*КОЧЕТОВ О. С.*

### АННОТАЦИЯ

В работе приведены исследования мероприятий по снижению шума путем применения многокамерных комбинированных аэродинамических глушителей шума в промышленных пылесосах. Испытаны серийно устанавливаемый на пылесосе типа НПП-2 многокамерный реактивный глушитель и новый вариант многокамерного глушителя с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем

**Ключевые слова:** снижение шума в источнике; звуковая энергия; глушитель аэродинамического шума; акустические характеристики.

## ACOUSTIC CHARACTERISTICS THE COMBINED AERODYNAMIC MUFFLERS

*КОЧЕТОВ О.С.*

### ABSTRACT

In work researches of actions on noise reductions by use of the multichamber combined aerodynamic mufflers of noise are given in industrial vacuum cleaners. The multichamber jet muffler which is serially installed on the NPP-2 vacuum cleaner and new option of the multichamber muffler with processing of internal cavities a sound absorber are tested.

**Keywords:** decrease in noise in a source; sound energy; the muffler of aerodynamic noise; acoustic characteristics.

Создание эффективных технических средств защиты производственного персонала от вибрации и шума [10, с. 12; 11, с. 62] является одной из актуальных задач исследователей.

На диаграмме 1 представлена частота случаев несоблюдения гигиенических нормативов по физическим факторам на промышленных объектах, обследованных учреждениями Роспотребнадзора.



Диаграмма 1 – Частота случаев несоблюдения гигиенических нормативов по физическим факторам на промышленных объектах

Из диаграммы видно, что по стране в целом на первом месте идет несоблюдение нормативов по электромагнитным полям, шум и вибрация занимают второе место по проценту несоответствия гигиеническим нормативам, и кроме того, имеет место нарушения параметров микроклимата. Следствием продолжительного воздействия повышенных уровней производственного шума является развитие хронического профессионального заболевания – шумовой болезни, при этом среди других хронических профзаболеваний шумовая болезнь занимает одно из основных мест.

На рис. 1 представлена схема многокамерного глушителя [1, с. 13; 2, с. 19; 3, с. 24] с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм, который содержит цилиндрический корпус 1, жестко соединенный с торцевым впускным 6 и выпускным 8 патрубками, при этом корпус изнутри облицован звукопоглощающим материалом 7, а также диски 2 облицованы звукопоглощающим материалом 5 со стороны движения аэродинамического потока. В результате эксперимента были выявлены следующие оптимальные соотношения параметров нового глушителя: отношение длины корпуса  $L_1$  к его диаметру  $D$  лежит в оптимальном интервале величин:  $L_1 / D = 3,5 \dots 4,0$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к диаметру  $D_1$  выпускного патрубка лежит в оптимальном интервале величин:  $D / D_1 = 4,5 \dots 5,5$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к

диаметру  $d$  отверстия дисков лежит в оптимальном интервале величин:  $D / d = 5,0 \dots 6,0$ , отношение диаметра корпуса  $D$  к длине камеры  $L_k$  лежит в оптимальном интервале величин:  $D / L_k = 2,0 \dots 4,5$ . Корпус 1 выполнен из конструкционных материалов, с нанесенным на его поверхности с одной или двух сторон слоя мягкого вибродемпфирующего материала, например мастики ВД-17, или материала типа «Герлен-Д», при этом соотношение между толщиной облицовки и вибродемпфирующего покрытия лежит в оптимальном интервале величин – 1: (2,5...3,5). По сравнению с серийным, у этого глушителя эффективность снижения шума на частотах 4000 Гц и 8000 Гц соответственно составила 8 дБ и 12 дБ. Результаты испытания (рис.2) активного глушителя шума показали хорошие результаты в области высоких частот: его эффективность в диапазоне частот 2000...8000 Гц на 3 дБ выше, чем у серийного глушителя [7,с.100; 8,с.92]. Однако недостатком активного глушителя шума является его невысокая эффективность в области низких и средних частот, где его эффективность ниже на 5...10 дБ серийного глушитель шума. Поэтому наиболее перспективным направлением для создания аэродинамических глушителей шума машин такого класса является разработка схем комбинированных глушителей шума, состоящих из реактивной и активной частей [4,с.23; 5,с.17; 6,с.22].

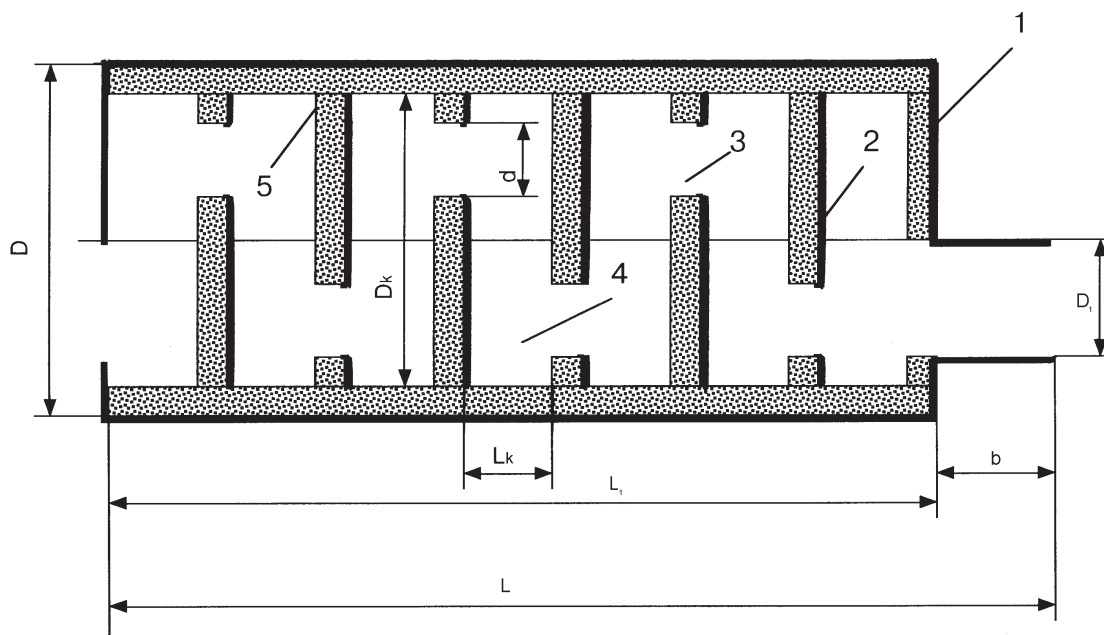
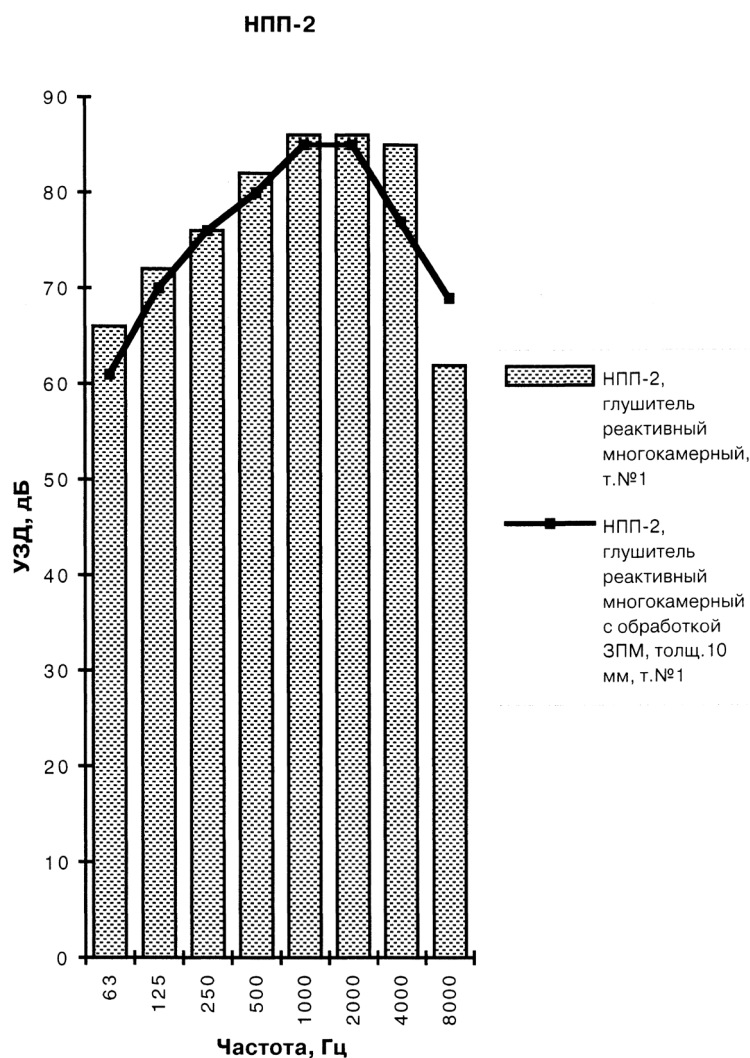


Рисунок 1 – Схема многокамерного аэродинамического глушителя шума с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм.

Расчетная эффективность камерного глушителя шума для нашего случая оказалась сравнительно небольшой. Это связано с тем, что степень расширения  $m = 2,65$  очень незначительна [9, с. 14; 10, с. 12; 11, с. 62], однако увеличить ее

реально не позволяют габаритные размеры, введенные под глушитель шума в пылесосе. Следует иметь в виду, что эффективность однокамерного глушителя шума увеличивается при возрастании степени расширения  $m$ . Так, при  $m = 9$  заглу-



*Рисунок 2 – Сравнительные акустические характеристики пылесоса НПП-2 с многокамерными серийным и глушителя с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм в измерительной точке № 1.*

шение на частоте максимума составляет около 13 дБ, а при  $m = 16$  – около 18 дБ.

Были проведены следующие испытания схем аэродинамических глушителей шума применительно к пылесосу типа Т-1 (рис. 3): кривая 1- точка № 2 (без шланга на входе и без глушителя на выходе); кривая 2- точка № 2 (шланг и глушитель на выходе без резонансных полостей и звукопоглощающей облицовки камеры); кривая 3- точка № 2 (шланг и глушитель на выходе без резонансных полостей, но с облицовкой камеры ЗПМ); кривая 4- точка № 2 (без шланга, но с глушителем на выходе); кривая 5- точка № 2 (шланг и глушитель на выходе с резонансными полостями и облицовкой камеры ЗПМ). Из представленных результатов можно сделать вывод о том, что снижение шума реактивным однокамерным глушителем шума имеет место в низкочастотной области, начиная с 250 Гц, т.е. выбор для расчета

$f_{гр} = 295$  Гц явился обоснованным. Эффективность в этом случае в диапазоне частот 250...1000 Гц (см. кривые 1 и 2) составила 4...7 Гц. Увеличение эффективности по сравнению с расчетной можно объяснить наличием в глушителе поворота потока на  $90^\circ$ , что вызвало увеличение потерь звуковой мощности.

Облицовка камеры глушителя звукопоглощающим материалом (ЗПМ) позволила снизить уровни звукового давления в диапазоне частот 2000...8000 Гц (кривая 3) на 8...9 дБ (расчетная эффективность в этом диапазоне составляет 12...12,5 дБ). Эффективность облицовки камерного глушителя, полученная экспериментальным путем оказалась ниже расчетной на 3...4 дБ по той причине, что расчетная формула для определения теоретической эффективности справедлива для соосного расположения входного и выходного отверстий одного диаметра. Следует

отметить, что эффективность снижения шума шлангом для насадок составляет в полосе частот 500...8000 Гц 7...10 дБ и объясняется его работой как активного глушителя большой длины.

Таким образом, общая эффективность комбинированного глушителя шума на выходе составляет

в полосе частот 250...8000 Гц 13...20 дБ, а уровни звукового давления при работе с пылесосом Т-1, оснащенным глушителями шума на входе и выходе побудителя тяги при скорости 11200 об/мин не превышают санитарно-гигиенические нормы.

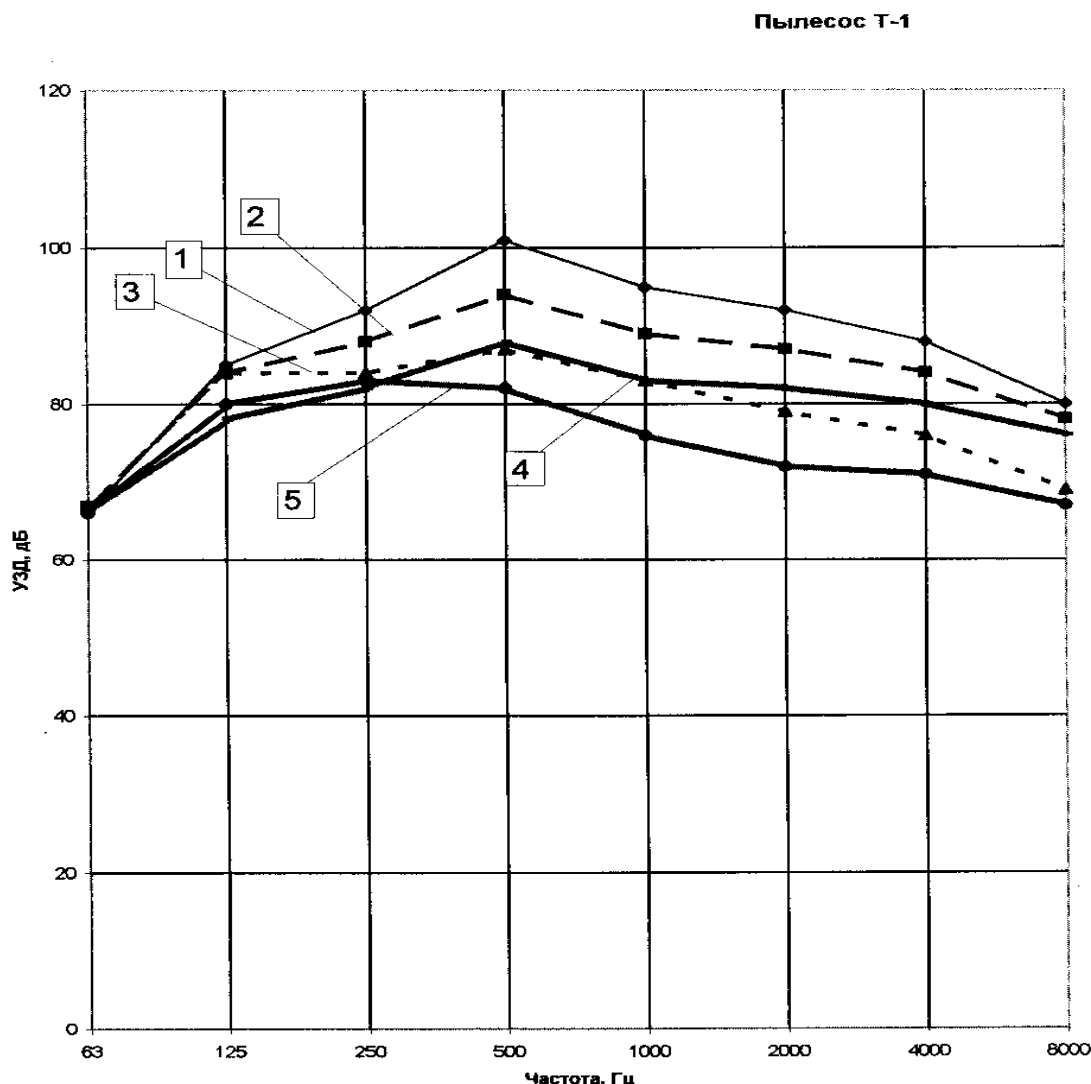


Рисунок 3 – Результаты испытаний промышленного пылесоса Т-1.

На рис. 4 и 5 представлены новые конструкции аэродинамических глушителей шума для систем выпуска воздуха [12,с.25; 13,с.18] с увеличенным звукопоглощением стенок корпуса глушителя. Глушитель шума, представленный на рис. 4 содержит впускной патрубок 2, и жестко связанный с ним корпус 1. Корпус содержит основание 1, выполненное в виде стакана с буртиком 3 в его верхней части 4, с которым взаимодействуют по крайней мере два элемента 5 и 6 звукопоглощающей конструкции в виде цилиндрических внешней 5 и внутренней 6 втулок, верхние основания которых соединены с крышкой 7, имеющей буртик для фиксации втулок, и жестко соединены с основанием 1 цилиндрического стакана посредством

резьбовой шпильки 8, расположенной соосно стакану 1, втулкам 5 и 6 и крышке 7, и имеющей на концах шайбы 10 и 11 и гайки 9 и 12. Отношение высоты всего корпуса 1 ( $A + C$ ) к высоте  $B$  втулок 5 и 6 из пористого материала, находится в диапазоне оптимальных величин:  $(A+C)/B = 1,5...2,5$ . Звуковые волны вместе с турбулентным потоком сжатого воздуха от оборудования поступают через впускной патрубок 2, через его отверстие в корпус 1. При этом явление лучевого эффекта полностью исключается за счет наличия перфорированных коаксиальных втулок внешней 5 и внутренней 6, между которыми расположен звукопоглотитель, а эффективность шумоглушения возрастает за счет подбора геометрических параметров корпуса и

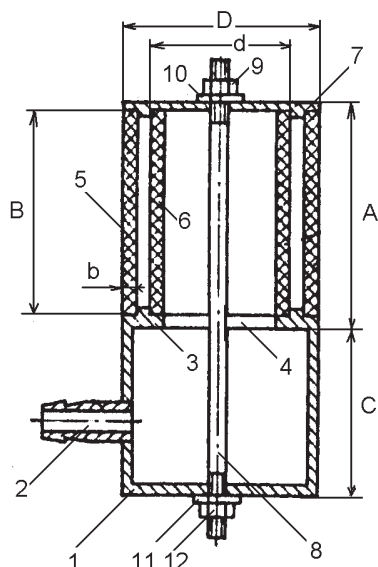


Рисунок 4 – Аэродинамический глушитель шума вертикального исполнения.

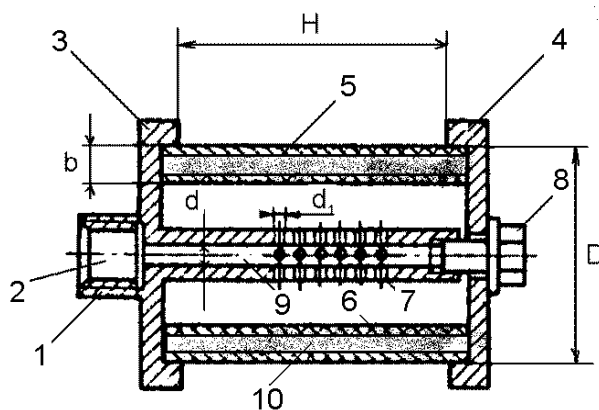


Рисунок 5 – Аэродинамический глушитель шума с увеличенным звукопоглощением стенок корпуса.

втулок и пористости структуры звукопоглотителя.

Глушитель шума на рис. 5 содержит впускной патрубок 1 с отверстием 2, и жестко связанный с ним корпус. Корпус содержит патрубок 1, выполненный в виде одной из боковых крышек 3 корпуса, перпендикулярно к которой жестко прикреплена звукопоглощающая конструкция в виде цилиндрических перфорированных коаксиальных втулок внешней 5 и внутренней 6, причем другой конец внутренней цилиндрической втулки 6 жестко соединен со второй боковой крышкой 4 корпуса посредством винта 8, взаимодействующего с резьбовой частью втулки, причем во внутренней втулке 6 выполнены калиброванные отверстия 7 диаметром  $d_1$ , оси которых перпендикулярны оси втулки 6, а крышки 3 и 4 имеют буртики для фиксации внешней втулки 5, причем отношение длины  $H$  втулки 5 из пористого материала к ее диаметру  $D$  находится в диапазоне оптимальных величин:  $H/D = 1,5 \dots 2,5$ . Два элемента 5 и 6 звукопоглощающей конструкции выполнены в виде цилиндрических перфорированных коаксиальных втулок внешней 5 и внутренней 6, между которыми расположен звукопоглотитель 10, выполненный, по крайней мере, из одного профилированного пористого листа, причем в профиль листа в сечении может быть треугольным, прямоугольным, трапециевидным, в виде дуг окружностей, синусоидальным. Звуковые волны вместе с турбулентным потоком сжатого воздуха от пневматического оборудования поступают через впускной патрубок 1, через его отверстие 2 в корпус 1. При этом явление лучевого эффекта полностью исключается за счет наличия звукопоглощающей конструкции, выполненной в виде цилиндрических перфорированных коаксиальных втулок внешней

5 и внутренней 6, между которыми расположен звукопоглотитель 10, выполненный, по крайней мере, из одного профилированного пористого листа.

#### Выводы:

1. Результаты проведенных испытаний подтвердили основные положения методики и выбранных расчетных схем и показали, что общая эффективность комбинированного глушителя шума на выходе составляет в полосе частот 250...8000 Гц 13...20 дБ, а уровни звукового давления при работе с пылесосом Т-1, оснащенным глушителями шума на входе и выходе побудителя тяги при скорости 11200 об/мин не превышают санитарно-гигиенические нормы.

2. Разработанные средства модернизации серийного глушителя для пылесоса НПП-2, выполненные с использованием элементов звукопоглощения, позволили повысить его эффективность в высокочастотной области на 8...12 дБ.

#### Список литературы

1. Семов А. Д., Кочетов О. С., Кочетов О. С., Церлюк М.Б. Пылесос // А.С. СССР № 1567184. Опубликовано 27.10.1990г. Бюллетень изобретений № 20.
2. Кочетов О. С. Реактивный глушитель шума промышленного пылесоса. / Патент РФ № 2305779, Б.И. № 25 от 10.09.2007г.
3. Кочетов О. С. Камерный глушитель шума промышленного пылесоса. / Патент РФ № 2305783, Б.И. № 25 от 10.09.2007г.
4. Кочетов О. С., Кочетова М. О., Кочетов С. С., Кочетов С. С. Реактивный глушитель шума про-

мышленного пылесоса. // Патент РФ на изобретение № 2305779. Опубликовано 10.09.2007. Бюллетень изобретений № 25.

5. Кочетов О. С., Кочетова М. О., Кочетов С. С., Кочетов С. С. Камерный глушитель шума промышленного пылесоса. // Патент РФ на изобретение № 2305783. Опубликовано 10.09.2007. Бюллетень изобретений № 25.

6. Кочетов О. С. Аэродинамический глушитель // Патент РФ на изобретение № 2411370. Опубликовано 10.02.11. Бюллетень изобретений № 4.

7. Кочетов О. С. Расчет акустических характеристик промышленного пылесоса для ткацкого производства // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2001. – № 2. – С.99-104.

8. Кочетов О. С. Методика расчета средств снижения шума промышленного пылесоса для прядильного производства // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2003. – № 6. – С.91-97.

9. Сажин Б. С., Кочетов О. С., Синев А. В., Ходакова Т.Д. Методика расчета снижения шума звукопоглощением в условиях текстильного производства // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. – № 6. – С.13-17.

10. Сажин Б. С., Кочетов О. С., Ходакова Т.Д. Методы и средства снижения шума и вибрации в текстильной промышленности // Безопасность жизнедеятельности. – 2004. – № 11. – С.10-15.

11. Кочетов О. С. Расчет аэродинамических глушителей шума // Безопасность труда в промышленности. – 2013. – № 9. – С.60-63.

12. Кочетов О. С. Аэродинамический глушитель шума выпуска Кочетова. // Патент РФ на изобретение № 2389884. Опубликовано 20.05.10. Бюллетень изобретений № 14.

13. Кочетов О. С. Аэродинамический глушитель шума Кочетова. // Патент РФ на изобретение № 2412360. Опубликовано 20.02.11. Бюллетень изобретений № 5.