

УДК 628.517.2

DOI: 10.46548/21vek-2020-0950-0011

КОМПОНОВКА ЩЕЛЕВОЙ РЕЗОНАТОРНОЙ СЕКЦИИ ГЛУШИТЕЛЯ

© 2020

Плицина Ольга Витальевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»

Рогова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление безопасностью в техносфере»

Российский университет транспорта

(127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, e-mails: plitsa@yandex.ru, tatnik2009@rambler.ru)

Аннотация. Работа посвящена снижению шума в инженерных сетях. Указано на перспективность щелевого глушителя для систем с воздухопроводами и газоходами большого поперечного сечения. Отмечены технологические и эксплуатационные возможности включения в глушитель дополнительной щелевой секции. Представлена дополнительная двухщелевая секция, составленная из резонаторов Гельмгольца. На основании расчетов установлено, что ровное широкополосное снижение шума обеспечивается настройкой щелевых резонаторов в геометрической прогрессии со знаменателем 20.8. Для секции с тремя резонаторами в каждом щелевом канале показано следующее: резонатор с наиболее высокой частотой настройки не оказывает существенного влияния на снижение шума двумя другими резонаторами; резонатор с наиболее высокой частотой настройки может быть размещен между резонаторами с более низкими частотами настройки. Предложено размещение щелевых резонаторов, сокращающее длину секции в 1.5 раза при уменьшении эффективности на 30%. Полученные данные свидетельствуют, что секция, составленная из щелевых резонаторов Гельмгольца, обеспечивает щелевому глушителю дополнительное снижение шума в диапазоне частот 31.5-125 Гц и допустимую длину. Щелевая резонаторная секция глушителя рекомендуется для инженерных сетей, не имеющих габаритных ограничений на магистральном участке большого поперечного сечения.

Ключевые слова: глушитель, шум, воздухопроводы, газоходы, большое поперечное сечение, щелевые каналы, равномерное снижение шума, секция глушителя, расширение частотного диапазона, резонаторы Гельмгольца, частота настройки, расположение щелевых резонаторов, эффективность.

COMPOSING THE SLOTTED RESONATOR SECTION OF THE SILENCER

© 2020

Plitsyna Olga Vital'evna, ph.D. of Engineering Science,
Assistant Professor of Safety Management in the Technosphere

Rogova Tatyana Nikolaevna, ph.D. of Engineering Science,
Assistant Professor of Safety Management in the Technosphere

Russian University of Transport

(127994, Russia, Moscow, Obraztsova st., 9, build. 9, e-mails: plitsa@yandex.ru, tatnik2009@rambler.ru)

Abstract. The paper is devoted to noise reduction in engineering networks. It is indicated that the slotted silencer is promising for systems with large cross-section air ducts and gas flues. The technological and operational possibilities of including in the silencer the additional slotted section are noted. The additional two-slot section containing Helmholtz resonators is presented. Based on the calculations it was found that broadband noise reduction is provided by tuning the slotted resonators in a geometric progression with a denominator of 20.8. For a section with three resonators in each slot duct the following is shown: the resonator with the highest tuning frequency does not significantly effect the noise reduction of the other two resonators; the resonator with the highest tuning frequency can be placed between resonators with lower tuning frequencies. Compact placement of slotted resonators is proposed. The length of the device is shortened by 1.5 times while reducing the efficiency by 30%. The obtained data show that the silencer section composed from Helmholtz slotted resonators allows fulfilling silencer with additional noise reduction in the frequency range of 31.5-125 Hz and acceptable length. Slotted resonator section of the silencer is recommended for usage in engineering networks that do not have length restrictions for the main duct of the large cross-section.

Keywords: silencer, noise, air ducts, gas flues, large cross-section, slotted ducts, even noise reduction, silencer section, expanding the frequency range, Helmholtz resonators, tuning frequency, placement of slotted resonators, efficiency.

Введение. Результаты расчетов [1] и испытаний [2, 3] свидетельствуют о перспективности глушителя, щелевые каналы которого образованы ступенчатыми перегородками, в сетях воздухопроводов и газоходов большого поперечного сечения.

Щелевая конструкция отличается технологичностью и способностью при длине устройства до 2м обеспечивать необходимое снижение шума в различ-

ных эксплуатационных условиях. В сетях, не имеющих габаритных ограничений на магистральном участке, может быть применена дополнительная секция глушителя [4-8].

Если с помощью ступенчатых перегородок сформировать дополнительную секцию из резонаторов Гельмгольца, то будут созданы условия [9-13] для повышения эффективности глушителя в диапазоне

частот 31.5-125 Гц без внесения в сеть значительных потерь давления.

Цель работы – расширение частотного диапазона снижения шума щелевым глушителем за счет дополнительной секции, составленной из щелевых резонаторов Гельмгольца.

Задачи работы: установить зависимость между частотами настройки щелевых резонаторов Гельм-

гольца, определяющую ровное широкополосное снижение шума; выявить последовательность размещения щелевых резонаторов Гельмгольца, позволяющую сокращать длину глушителя.

Материалы и результаты исследования. Секция глушителя, содержащая резонаторы Гельмгольца, составляется из двух симметрично расположенных щелевых каналов (рис. 1.а).

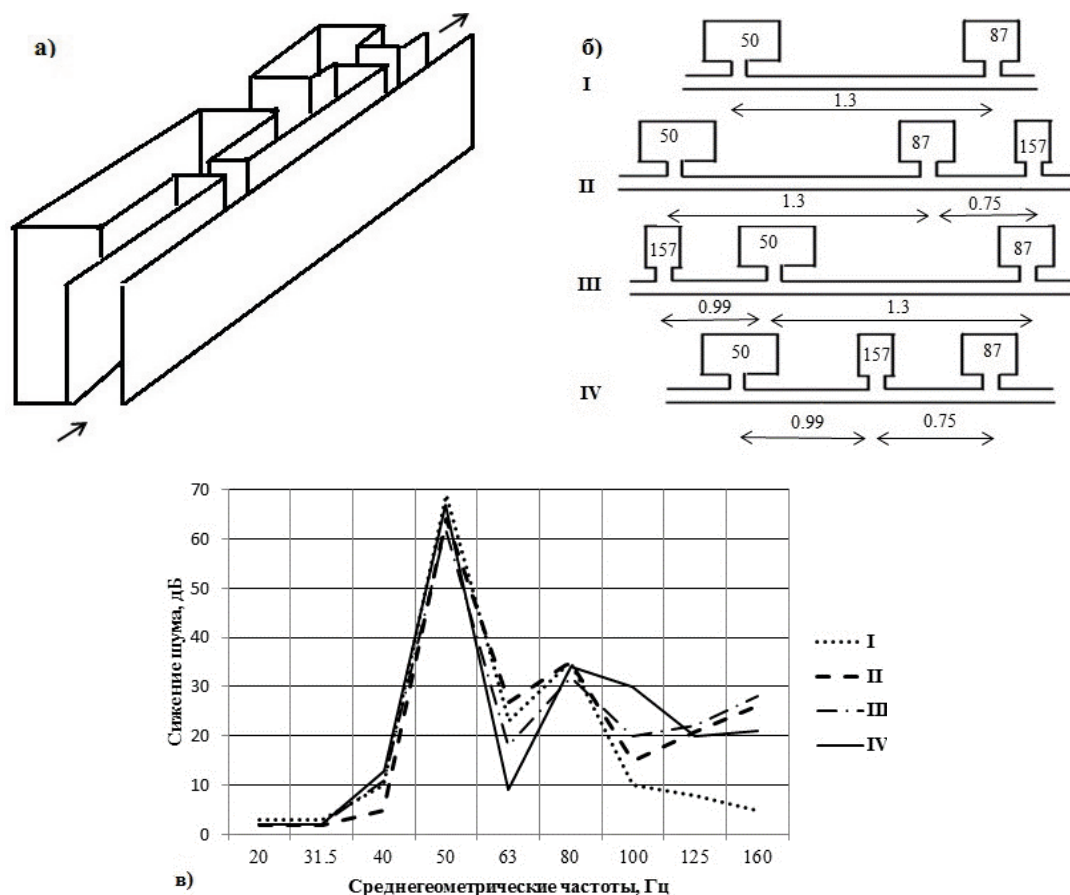


Рисунок 1 – Резонаторный щелевой канал: а – форма канала; б – варианты расположения резонаторов; в – акустические характеристики вариантов

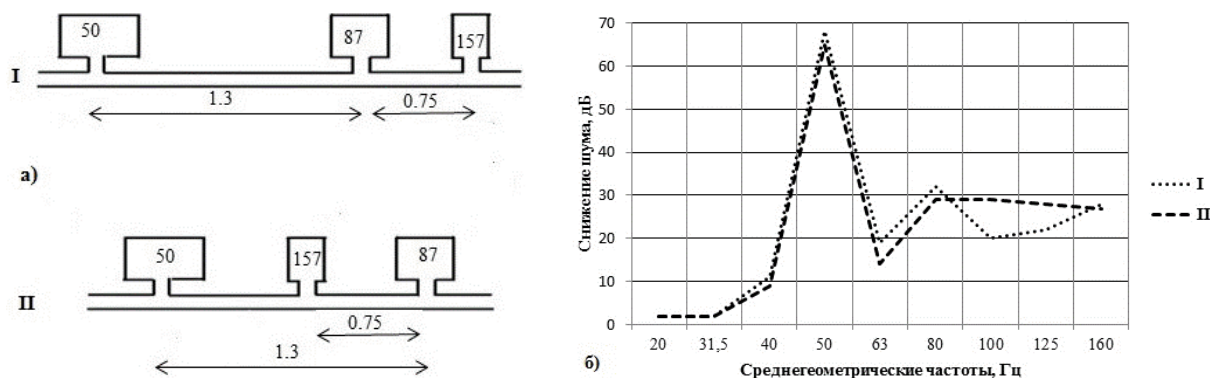


Рисунок 2 – Компонировка резонаторной секции: а – варианты расположения резонаторов в каналах секции; б – акустические характеристики вариантов

Рассмотреть возможности такой секции позволяет разработанная на принципах модульности S-модель щелевого глушителя [3], адекватность которой реаль-

ным процессам распространения звука подтверждена экспериментально [3].

Результаты расчета вариантов [14-20] резонатор-

ной секции свидетельствуют, что ровную в наиболее широком частотном диапазоне акустическую характеристику имеет устройство, содержащее щелевые резонаторы, частоты настройки которых образуют геометрическую прогрессию со знаменателем 20.8. Расстояние между различно настроенными резонаторами определяется четвертью среднегеометрической длины звуковой волн.

Для выявления возможности уменьшения длины секции рассмотрены устройства с двумя (рис.1.а) и тремя резонаторами в каждом щелевом канале. Резонаторы были настроены на частоты 50 Гц, 87 Гц, 157 Гц и расположены на расстоянии, м друг от друга согласно рисунку 1.б.

Оценка по минимальным значениям, (рис. 1.в), которая предусматривает работу резонаторов в потоке, позволяет считать, что резонатор с наиболее высокой частотой настройки (кривые I, II, III) не оказывает существенного влияния на снижение шума двумя другими резонаторами (кривая IV).

Следовательно, резонатор с наиболее высокой частотой настройки может быть размещен между резонаторами с более низкими частотами настройки при сохранении необходимой длины между резонаторами с соседними частотами (рис. 2.а). Компактное размещение резонаторов, по сравнению с размещением по порядку изменения частот настройки, сокращает длину секции в 1.5 раза при снижении наименьшей эффективности (которая характеризует равномерное снижение шума) на 30% (рис. 2б).

Заключение. Секция, составленная из щелевых резонаторов Гельмгольца, обеспечивает глушителю дополнительное равномерное снижение шума в диапазоне частот 31.5-125 Гц и длину, не превышающую 3.5 м – стандартную длину глушителей на магистральных воздуховодах или газоходах. Щелевая резонаторная секция глушителя рекомендуется для применения в инженерных сетях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Plitsyna, O. Selecting the parameters of the reactive silencer for exhaust ventilation systems / O. Plitsyna, T. Rogova // *Akustika*. – 2019. – Vol.34. – P. 85-87.
2. Плицина, О.В. Противопожарная конструкция глушителей / О.В. Плицина, Т.Н. Рогова // *Техносферная безопасность*. – 2019. – Т. 3(24). – С. 73-77. – Режим доступа: <https://uigps.ru/userfiles/ufiles/nauka/journals/ttb.pdf>.
3. Плицина, О.В. Характеристики глушителя щелевой конструкции / О.В. Плицина, Т.Н. Рогова // *Вестник НЦБЖД*. – 2019. – № 4(42). – С. 159-163.
4. Glav, R. Study of folded resonator including the effects of higher order modes / R. Glav, P.L. Regaund, M. Abom // *Journal of Sound and Vibration*. – 2004. – Vol. 273. – № 4-5. – P. 777-792.
5. Kar, T., Munjal, M.I. Generalized analysis of a muffler with any number of interacting ducts / T. Kar, M.I. Munjal // *Journal of Sound and Vibration*. – 2005. – Vol. 285. – № 3. – P. 585-596.
6. Gerges, S.N.Y. Muffler modeling by transfer matrix method and experimental verification / S.N.Y. Gerges, R. Jordan, F.A. Thieme, J.L. Bento Coelho // *Journal of the*

Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2005. – Vol. 27. – № 2. – P. 132-140.

7. Груданов, В.Я. Моделирование и оптимизация гидравлических и акустических характеристик глушителей шума поршневых двигателей / В.Я. Груданов, Л.Т. Ткачева // *Вестник Белорусско-Российского университета*. – 2017. – № 4. – С. 17-28.

8. Ji, Z.L. Acoustic attenuation performance analysis of multi-chamber reactive silencers / Z.L. Ji // *Journal of Sound and Vibration*. – 2005. – Vol. 283. – № 1-2. – P. 439-446.

9. Гусев, В.П. Глушители шума систем вентиляции и их акустические характеристики / В.П. Гусев, М.Ю. Лешко // *АВОК*. – 2009. – № 4. – С. 46-50.

10. Теребнев, А.В. Совершенствование шумоглушителей сбросов газа высокого давления / А.В. Теребнев, О.Н. Емельянов, Л.Р. Яблоник // *Вести газовой науки*. – 2017. – № 5. – С. 100-105.

11. Гусев, В.П. К вопросу о распространении шума в больших воздуховодах и газоходах / В.П. Гусев, М.А. Солодова // *Academia. Architecture and Construction*. – 2010. – № 3. – С. 211-218.

12. Гусев, В.П. К вопросу об аэроакустических испытаниях вентиляционного оборудования / В.П. Гусев, М.Ю. Лешко // *АВОК*. – 2002. – № 4. – С. 75-76.

13. Гусев, В.П. К вопросу об аэроакустических испытаниях вентиляционного оборудования / В.П. Гусев, М.Ю. Лешко // *АВОК*. – 2002. – № 4. – С. 75-76.

14. Abbad, A. Numerical and experimental investigations on the acoustic performances of Helmholtz resonators / A. Ahmed, A. Nouredine, O. Morvan, D. Olivier // *Journal of Sound and Vibration*. – 2019. – Vol. 459. – P. 1148-1173.

15. Romero-Garcia, V. Use of complex frequency plane to design broadband and sub-wavelength absorbers / V. Romero-Garcia, G. Theocharis, O. Richoux, V. Pagneux // *The Journal of the Acoustical Society of America*. – 2016. – Vol. 139(6). – P. 3395-403.

16. Komkin, A. I. Sound absorption by a Helmholtz resonator / A. I. Komkin, M. A. Mironov, A. I. Bykov // *Acoustical Physics*. – Vol. 63(4). – P. 385-392.

17. Griffiths, S. Materials composed of elastic Helmholtz resonators for acoustic wave absorption / S. Griffiths, B. Nennig, S. Job // *The Journal of the Acoustical Society of America*. – 2017. – Vol. 141(1). – P. 254-264.

18. Yu, X. Vibroacoustic modeling of an acoustic resonator / X. Yu, Z. Lu, L. Cheng, F. Cui // *Journal of Sound and Vibration*. – 2018. – Vol. 417. – P. 548-573.

19. Abbad, A. Adaptive Helmholtz resonator: modeling, characterization, and control / A. Abbad, K. Rabenoroso, M. Ouisse, N. Atalla // *Smart Materials and Structures*. – 2018. – Vol. 4. – P. 105-129.

20. Langfeldt, F. An efficient analytical model for baffled panels / F. Langfeldt, W. Gleine, O. von Estorff // *Journal of Sound and Vibration*. – 2018. – Vol. 417. – P. 359-375.

Статья поступила в редакцию 10.05.2020

Статья принята к публикации 10.06.2020