

УДК 628.517.2

DOI: 10.46548/21vek-2022-1157-0031

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА КАНАЛОВ В ОТРАЖАТЕЛЬНОМ ГЛУШИТЕЛЕ НА ЕГО АКУСТИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ

© 2022

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

Российский университет транспорта

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

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы борьбы с шумом вентиляционных систем. Представлены преимущества глушителей без звукопоглощающего материала, как в вытяжных, так и в приточных системах механической вентиляции. Для воздуховодов с размерами поперечного сечения более 500 мм показана универсальность отражательных глушителей многощелевой схемы. Многощелевые конструкции реализуются при разделении воздуховода листами, изогнутыми ступенчато или углообразно, на каналы, у которых один из габаритных размеров существенно меньше двух других. Отмечена важность выявления связи между акустической характеристикой многощелевого отражательного глушителя и акустическими характеристиками его каналов. Для многощелевой конструкции со ступенчато изогнутыми листами рассчитано снижение шума одиночными каналами различного типа, а также снижение шума двухщелевым, трехщелевым и одиннадцатщелевыми устройствами. Анализ возможностей устройств показал, что акустическая характеристика многощелевого отражательного глушителя со ступенчато изогнутыми листами определяется акустической характеристикой сочетания трех его каналов, начиная с крайнего. Для многощелевой конструкции с углообразно изогнутыми листами определено снижение шума неразделенным поворотом, а также поворотом, составленным из двух поворотов, и поворотом, составленным из шестнадцати поворотов. Анализ возможностей устройств свидетельствует, что акустическая эффективность многощелевой конструкции с углообразно изогнутыми листами складывается из акустической эффективности поворота воздуховода, акустических эффективностей составленных поворотов и акустической эффективности неразделенного поворота. Полученные результаты позволяют существенно упростить проектирование многощелевых отражательных глушителей.

Ключевые слова: шум, глушитель, вентиляционная система, многощелевая схема, изогнутые листы, каналы, участок сужения, участок расширения, поворот воздуховода, акустическая характеристика.

INFLUENCE OF THE NUMBER OF DUCTS IN THE REFLECTIVE SILENCER ON ITS ACOUSTIC CHARACTERISTIC

© 2022

Plitsyna Olga Vital'evna, 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-mail: plitsa@yandex.ru)

Abstract. The paper deals with the issues of noise control in ventilation systems. The silencers' without sound-absorbing material advantages both in exhaust and supply ventilation systems are presented. The universality of reflective silencers having multi-slit scheme is shown for air ducts with cross-section's dimensions of more than 500 mm. Multi-slit devices are carried out by dividing with stepped or angled curved sheets the air duct into ducts, in which one of the overall dimensions is significantly less than the other two. The importance of identifying the relationship between multi-slit reflective silencer acoustic characteristics and its ducts acoustic characteristics is noted. In relation to a multi-slit design with stepped curved sheets the noise reduction in single ducts of various types as well as the noise reduction in two-slit, three-slit and eleven-slit devices is calculated. Analysis of the devices abilities showed that acoustic characteristic of the multi-slit reflective silencer with stepped curved sheets is determined by acoustic characteristic of the three ducts combination, starting from the silencer's edge. In relation to the multi-slit design with angled curved sheets the noise reduction in undivided turn as well as the noise reduction in the turn made up of two turns and the noise reduction in the turn made up of sixteen turns is determined. Analysis of the devices abilities indicates that acoustic efficiency of the multi-slit design with angled curved sheets consists of acoustic efficiency of air duct turn, acoustic efficiency of composed turns and acoustic efficiency of undivided turn. The obtained results significantly simplify the designing of the multi-slit reflective silencers.

Keywords: noise, silencer, ventilation system, multi-slit scheme, curved sheets, ducts, narrowing section, expansion section, air duct turning, acoustic characteristic.

Введение. Одним из обязательных средств защиты от шума систем механической вентиляции являются глушители [1-4].

Известно, что преимуществом отражательных глушителей в местных вытяжных вентиляционных

системах является отсутствие звукопоглощающего материала, забивание и замасливание пор которого сопровождается потерей акустической эффективности [5-7].

Однако отсутствие пористого звукопоглощающего материала проявляется как преимущество отража-

тельных глушителей и в приточных вентиляционных системах, поскольку повысились требования к качеству очистки и дезинфекции этих систем [8, 9].

К универсальным глушителям шума вентиляционных систем, имеющих воздуховоды с размерами поперечного сечения более 500 мм, могут быть отнесены отражательные глушители многощелевой схемы [10-12].

Многощелевые конструкции выполняются с помощью изогнутых листов, разделяющих воздуховод на каналы, у которых один из габаритных размеров существенно меньше двух других и предупреждает возникновение первой моды.

Форма изгиба листов определяет набор элементов, отражающих звук, в канале:

- ступенеобразно изогнутые листы образуют чередующиеся сужения и расширения (рис. 1а);
- углообразно изогнутые листы образуют прямоугольный поворот (рис. 2а).

Для упрощения проектирования многощелевых отражательных конструкций, внутри которых учитывается трехмерное звуковое поле, были установлены пропорции каналов, обеспечивающие требуемую акустическую эффективность и аэродинамическую приемлемость глушителей в конкретных вентиляционных системах [13]. Тем не менее, рекомендации по проектированию необходимо дополнить [14-19] уточнением влияния количества каналов конструкции на ее эффективность. Выполнить расчеты акустических характеристик сравниваемых конструкций позволяет инвариантность разработанной [20] алгоритмической модели отражательного глушителя к форме, параметрам и количеству каналов.

Целью работы является установление связи между акустической характеристикой многощелевой конструкции и акустическими характеристиками ее каналов.

Задачи работы:

- выявление каналов, акустическая характеристика которых определяет акустическую характеристику многощелевой конструкции со ступенеобразно изогнутыми листами;
- рассмотрение соотношения между акустической эффективностью каналов и акустической эффективностью многощелевой конструкции с углообразно изогнутыми листами.

Материалы и результаты исследования. В многощелевой конструкции со ступенеобразно изогнутыми листами сочетаются каналы трех типов (рис. 1б):

- каналы первого типа начинаются с участка сужения;
- каналы второго типа начинаются с участка расширения;
- каналы третьего типа начинаются с участка усеченного расширения.

Смежные каналы многощелевой конструкции – разнотипные.

Были рассчитаны акустические характеристики (рис. 1в-д) следующих устройств:

- одиночных каналов первого, второго и третьего типа;
- двухщелевой конструкции с каналами первого и второго типа;
- трехщелевой конструкции с двумя каналами первого типа и одним каналом второго типа;
- трехщелевой конструкции с каналами первого, второго и третьего типа;
- одиннадцатещелевой конструкции с пятью каналами первого типа, четырьмя каналами второго типа и двумя каналами третьего типа.

Акустические характеристики каналов первого, второго и третьего типа отличаются друг от друга, указывая на существование в многощелевой конструкции менее удачной геометрии канала.

В акустической характеристике сочетания каналов их разнотипность проявляется следующим образом:

- различие между снижением шума двухщелевой конструкцией и ее каналами составляет 1-9 дБ;
- различие между снижением шума двухщелевой и трехщелевой конструкциями составляет 1-3 дБ;
- различие между снижением шума трехщелевой и одиннадцатещелевой конструкциями отсутствует.

Следовательно, акустическая характеристика многощелевой конструкции со ступенеобразно изогнутыми листами определяется акустической характеристикой сочетания трех каналов, начиная с крайнего.

Многощелевая конструкция с углообразно изогнутыми листами представляет собой поворот прямоугольного воздуховода поперечных размеров более 500 мм, разделенный (рис. 2б) на несколько поворотов.

Были рассчитаны акустические характеристики следующих устройств (рис. 2в):

- неразделенный поворот, у которого один из габаритных размеров существенно меньше двух других;
- поворот, объединяющий два поворота, у которых один из габаритных размеров существенно меньше двух других;
- поворот, объединяющий шестнадцать поворотов, у которых один из габаритных размеров существенно меньше двух других.

Неразделенный широкий поворот имеет максимальную акустическую эффективность – 6.0 дБ – на частоте, для которой его высота равна 0.5 длины звуковой волны. Поворот, объединяющий два неразделенных поворота, имеет равную акустическую эффективность – 6.0 дБ – в частотном диапазоне, для границ которого высота составленного поворота и высота неразделенных поворотов равны 0.5 длины звуковой волны. Следовательно, в многощелевой конструкции с углообразно изогнутыми листами повороты, составленные в более крупный поворот, не влияют на его эффективность. Поворот, объединяющий шестнадцать неразделенных поворотов, имеет равную акустическую эффективность – 6.0 дБ – в широком частотном диапазоне: от частоты, для которой высота поворота воздуховода равна 0.5 длины звуковой волны, до частоты, для которой высота неразделенных поворотов равна 0.5 длины звуковой волны.

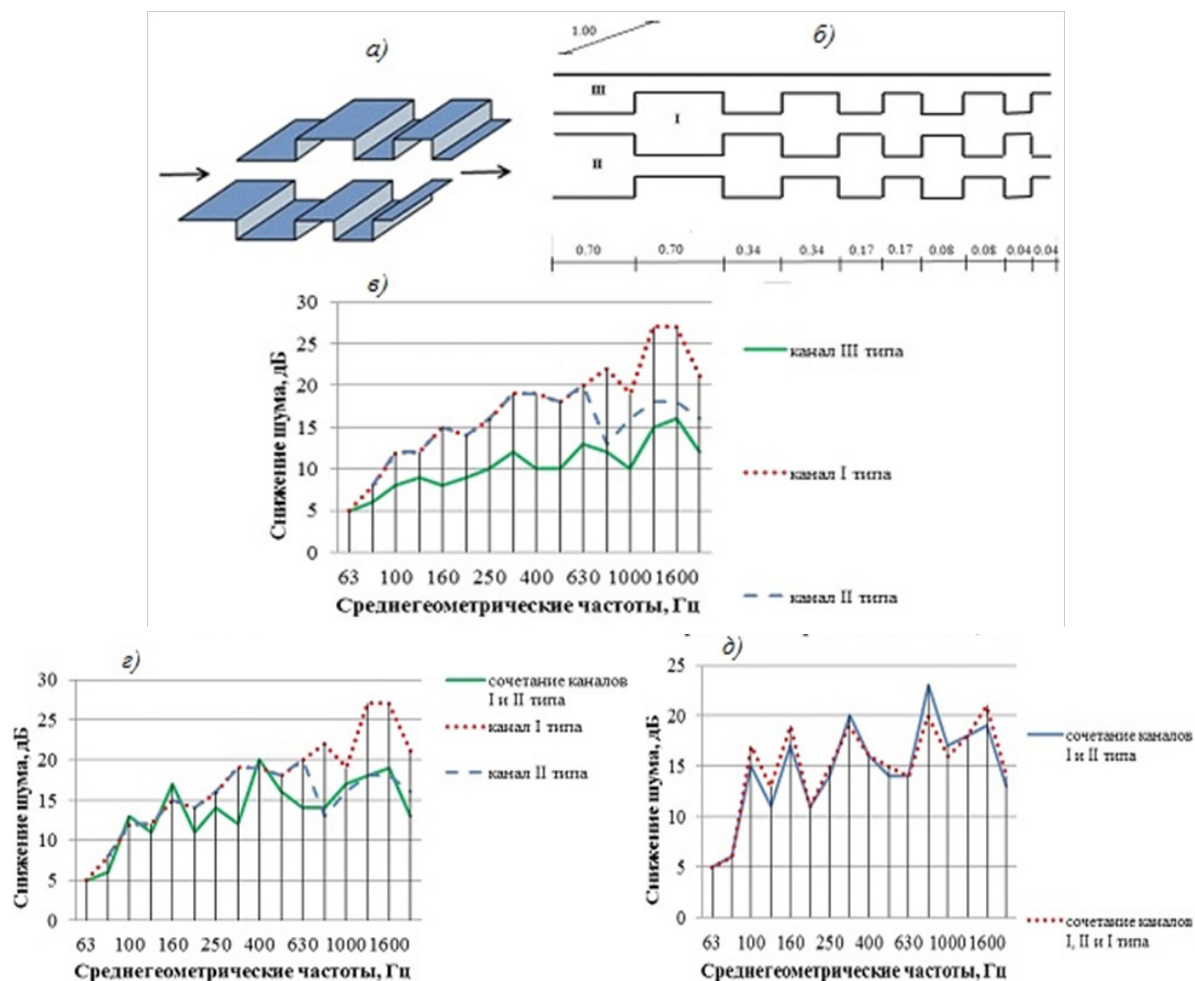


Рисунок 1 – Многощелевая конструкция со ступенеобразно изогнутыми листьями: а – форма изгиба листьев; б – каналы конструкции; в – акустические характеристики каналов; г – акустические характеристики двухщелевой конструкции; д – акустические характеристики трехщелевой конструкции

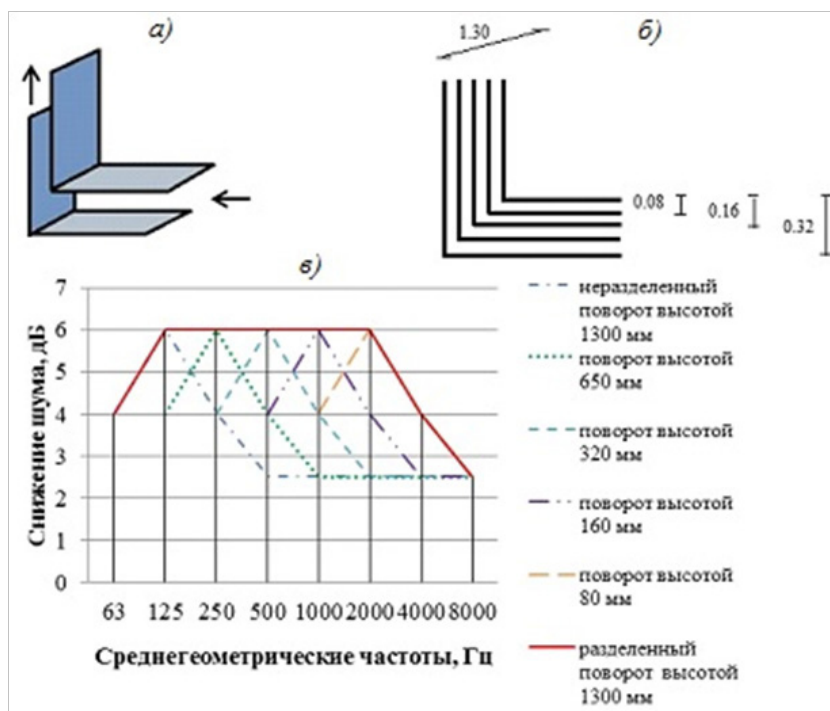


Рисунок 2 – Многощелевая конструкция с углообразно изогнутыми листьями: а – форма изгиба листьев; б – разделение поворота воздуховода; в – акустические характеристики поворотов

Таким образом, акустическая эффективность многощелевой конструкции с углообразно изогнутыми листами складывается из акустической эффективности поворота вентиляционного воздуховода, акустических эффективностей составленных поворотов и акустической эффективности неразделенных поворотов.

Заключение. Полученные данные позволяют ввести рекомендации, существенно упрощающие проектирование многощелевых отражательных глушителей:

– в глушителе со ступенеобразно изогнутыми листами допустимо рассчитывать только три смежных канала, начиная с крайнего;

– разделение поворота воздуховода углообразно изогнутыми листами обеспечивает ровное широкополосное снижение шума в частотном диапазоне, для границ которого высота поворота воздуховода и высота поворотов, образованных изогнутыми листами, равна 0.5 длины звуковой волны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кобзарь Д.Д., Вельбель А.М., Олейников А.Ю. Особенности акустического расчёта систем вентиляции // *Noise Theory and Practice*. 2018. № 14. С. 41-45.
2. Hakan A., Kirby R., Malecki C. Theoretical and experimental investigation of acoustic performance of multi-chamber reactive silencers // *Applied Acoustics*. 2019. Vol. 157. 106987.
3. ГОСТ 31328-2006 (ИСО 14163:1998) Шум. Руководство по снижению шума глушителями. М.: Стандартинформ, 2008. 42 с.
4. Защита от шума. Свод правил. СП 51.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003). М.: Проспект, 2017. 64 с.
5. Yaqiang X., Guoyong J., Chuanmeng Ya. Isogeometric analysis for geometric modelling and acoustic attenuation performances of reactive mufflers // *Computers & Mathematics with Applications*. 2020. Vol. 79. Is. 12. P. 3447-3461.
6. Fonseca de Lima K., Dea Cirino Ph., Barbi N. Multi-frequency sequential and simultaneous parametric shape optimization of reactive silencers // *Applied Acoustics*. 2020. Vol. 171. 10754.
7. Xue F., Sun B. Experimental study on the comprehensive performance of the application of U-shaped corrugated pipes into reactive mufflers // *Applied Acoustics*. 2018. Vol. 141. P. 362-370.
8. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. (Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003). М., 2021. 156 с.
9. Kashikar A., Suryawanshi R., Savant S. Development of muffler design and its validation // *Applied Acoustics*. 2021. Vol. 180. 108132.
10. Zhang Yo., Wu P., Xue J. Analysis on acoustic performance and flow field in the split-stream rushing muffler unit // *Journal of Sound and Vibration*. 2018. Vol. 430. P. 185-195.
11. Elsayed A., Bastien C., Kassem H. Investigation of baffle configuration effect on the performance of exhaust mufflers // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2017. Vol. 10. P. 86-94.
12. Плицына О.В., Рогова Т.Н. Противопожарная конструкция глушителей // *Техносферная безопасность*. 2019. Т. 3(24). С. 73-77.
13. Плицына О.В., Рогова Т.Н. Характеристики глушителя щелевой конструкции // *Вестник НЦБЖД*. 2019. № 4(42). С. 159-163.
14. Шахматов Е.В., Иголкин А.А., Свербилов В.Я., Стадник Д.М., Илюхин В.Н. Исследование характеристик регулятора давления газа с глушителем шума // *Проблемы машиностроения и надежности машин*. 2021. № 6. С. 10-20.
15. Gaonkar C.D., Rao D.R., Munjal M.L. End corrections for double-tuning of the same-end inlet-outlet muffler // *Applied Acoustics*. 2019. Vol. 159. 107116.
16. Kyeom Lee J., Lee I., Woo Lee J. Reliability-based acoustical topology optimization of mufflers under noise frequency and temperature uncertainties // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2021. Vol. 160(9). 107854.
17. Kyeom Lee J., Seung Oh K., Woo Lee J. Methods for evaluating in-duct noise attenuation performance in a muffler design problem // *Journal of Sound and Vibration*. 2019. Vol. 464. 114982.
18. Shen C., Hou L. Numerically estimating acoustic transmission loss of a reactive muffler with and without mean flow // *Measurement*. 2017. Vol. 109. P. 168-186.
19. Shen C., Hou L. Comparison of various algorithms for improving acoustic attenuation performance and flow characteristic of reactive mufflers // *Applied Acoustics*. 2017. Vol. 116. P. 291-296.
20. Plitsyna O., Rogova T. Selecting the parameters of the reactive silencer for exhaust ventilation systems // *Akustika*. 2019. Vol. 34. P. 85-87.

Статья поступила в редакцию 01.02.2022

Статья принята к публикации 10.03.2022