

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА ВОЗДУШНЫХ СТРУЙ

Леньшин В.В., Орехов А.Г., Шахматов Е.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

При работе пневмоавтоматов и другого промышленного оборудования часто возникают ситуации, что в процессе выхлопа отработанного уровня звукового давления значительно превосходят допустимые санитарные нормы.

Эффективным мероприятием по снижению шума воздушной струи является установка шумоглушащих устройств. При этом, как правило, предъявляются требования по минимальному гидравлическому сопротивлению глушителей, во избежание нарушения нормального функционирования пневмоавтоматов и ограничения по геометрическим размерам устройств для удобства их размещения и т.д.

Известно, что спектры шумоизлучения струй широкополосные, с неярко выраженным максимумом [1,2]. Поэтому для снижения уровней звукового давления генерируемых воздушной струей применяются, в основном, глушители шума активного типа [3,4]. Реактивные глушители в данном случае малоэффективны и обладают большими габаритами.

В настоящее время нет общей теории, описывающей распространение звука при произвольных геометрических характеристиках глушителей и активных элементов [4,5]. При проектировании таких устройств обычно руководствуются рекомендациями, основанными на эмпирических данных.

Так одно из наиболее простых и эффективных устройств, применяемых на производстве - цилиндрический глушитель, изображен на рис.1. Его эффективность составляет **20-25 дБ**, что достаточно для решения большинства практических задач [7]. Оптимальный глушитель должен иметь диаметр внутреннего канала $D = 2d_{ex}$ и длину $10D$. При этом толщина слоя поглотителя выбирается так, чтобы она была равна четверти длины звуковой волны в материале поглотителя для частоты максимума интенсивности звукоизлучения [4]. В тех случаях, когда нельзя применять длинные глушители по конструктивным или другим соображениям, снижение длины глушителя приводит к резкому снижению его эффективности (уменьшение длины на два калибра снижает эффективность на **3 дБ**, дальнейшее снижение длины еще на три калибра снижает эффективность примерно на **10 дБ**).

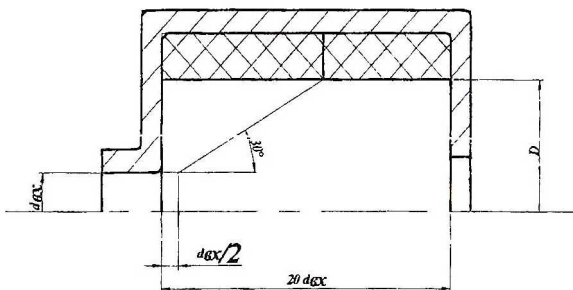


Рис. 1. Конструктивная схема цилиндрического глушителя шума.

В таких случаях необходима разработка других рекомендаций, которые позволят при меньших габаритах устройств сохранить эффективность глушителей и их невысокую себестоимость.

Для решения этой задачи обратим внимание на структуру и характер излучения воздушной струи. Известно, что начальным участком струи (приблизительно длиной $5d$ от сопла) излучается около 75% звуковой мощности струи, при этом максимум шума излучается цилиндрическим кольцом радиусом, равным радиусу сопла, образующая которого расположена на кромке сопла. Участок струи, составляющий $10d$ от среза сопла излучает 98% ее звуковой мощности.

Для начального участка струи характерно также то, что звуковая мощность, создаваемая конечными объемами струи длиной $x = l$ ($x = X / D$) не зависит от расположения объема относительно среза сопла. Причем максимум излучения звуковой мощности холодных струй приходится на направление 30 градусов, это же направление характерно для максимума излучения низкочастотного звука. Высокочастотный шум излучается, в основном, перпендикулярно потоку.

Исходя из этих соображений, определим условную границу зон высокочастотного и низкочастотного излучений (Рис.1) для первого участка струи длиной d в предположении об излучении основной звуковой мощности с середины участка.

$$L_1 = \frac{d_{ax}}{2} + d_{ax} \cdot \text{ctg}30 = 2,23 d_{ax}$$

Для повышения эффективности звукопоглощения в простейшем случае предлагается сделать звукопоглощающую вставку из двух наборных элементов. Первая (ближняя ко входу) должна иметь

длину от L_{11} до $5d$ (что соответствует границе зоны начального участка). Толщина h должна выбираться из условия максимума звукопоглощения излучения начального участка струи в высокочастотной области.

Так как по мере удаления от среза сопла максимум звуковой мощности, излучаемой отдельными объемами струи сдвигается в область низких частот, то в идеале можно применять наборный звукопоглощающий элемент, отдельные части которого должны иметь максимум звукопоглощения при более низких частотах по мере удаления от выхода струи.

Последующий поглощающий элемент должен иметь максимум звукопоглощения в низкочастотной области. Применением такого мероприятия можно добиться эффективности глушителя на 2-3 дБ. На рис.2 изображена частотная характеристика глушителя типа ГШ-2, разработанного в Институте Акустики Машин. Сплошная кривая соответствует расположению на начальном участке войлочного поглотителя (максимум звукопоглощения смещен в область низких частот) и поролонового в выходном участке поглотителя. Пунктирная кривая соответствует обратному расположению звукопоглощающих вставок.

Также можно для улучшения звукопоглощения при использовании одного и того же материала изменять толщину слоя звукопоглотителя по длине внутренней камеры, так как для начального участка струи максимум звукоизлучения приходится на частоту [5]:

$$f_{max} = 1,35Uc / X$$

где X - текущая координата сечения струи;

Uc - скорость струи на срезе сопла.

Соответственно, если h_1 - толщина звукопоглотителя на участке входа, выбранная из соображений максимума поглощения шума от первого участка длиной d , то толщина звукопоглотителя должна изменяться по закону:

$$h = h_0 + \frac{x}{1,35Uc} ;$$

То есть, одна из образующих поверхностей звукопоглотителя должна быть конусообразная.

Еще один фактор, слабо используемый для повышения эффективности глушителей - правильная организация выхода воздуха из самого глушителя. Как правило, при этом руководствуются простым принципом - для наименьшего гидравлического сопротивления глушителя площадь отверстия (отверстий) выхода должна быть не менее чем в 1,4- 1,5 раза больше площади входного отверстия. Хотя разбивка выходящей струи на множество струек с помощью правильно

подобранных размеров ячеек и их взаимного расположения дает эффект снижения шума струи на 7- 8 дБ. Методика параметров зоны выхлопа из глушителя описана в работе [5].

Применив два мероприятия, описанных выше, был разработан глушитель шума выхлопа, который при сокращении длины внутренней полости **4Д** позволил сохранить эквивалентную эффективность глушителя на уровне **20 дБА**. Эти же мероприятия можно использовать для повышения эффективности глушителей, создающихся по общепринятым методикам.

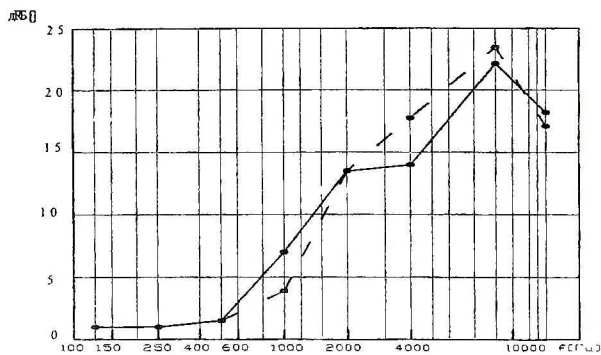


Рис 2 Частотная характеристика глушителя шума с войлочным поглотителем на начальном участке
 — — с поролоновым поглотителем на начальном участке

Список литературы

1. Howes W.L., Callaghan E.E., Coles W.D., Mull H.R. Near field noise of jet engine exhaust, NASA, Rep.1338, 1957.
2. Howes W.L. Similarity of near noise fields of subsonic jets, NASA, TRR- 94,1961.
3. Мунин А.Г., Кузнецов В.М., Леонтьев Е.А. Аэродинамические источники шума. - М., Машиностроение, 1981.- 248с.
4. Лагунов А.Ф., Осипов Г.Л. Борьба с шумом в машиностроении . М., Машиностроение, 1980.-150с.
5. Мунин А.Г. Авиационная акустика. - М., Машиностроение, 1973.- 448с.
6. Мунин А.Г. О величине снижения звуковой мощности струи в цилиндрическом глушителе- Акустический журнал, т.хи, вып.1, 1966
7. Мунин А.Г., Власов Е.В., Науменко З.Н. Глушитель шума газовых струй .- Труды ЦАГИ, вып.1092, 1968.