

УДК 534.835.44, 534.835.462

OECD 02.01.FA, 01.03.AA

## Особенности акустического расчёта систем вентиляции

Кобзарь Д.Д.<sup>1</sup>, Вельбель А.М.<sup>2</sup>, Олейников А.Ю.\*<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Магистрант, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова,

инженер-акустик завода «Арктос», г. Санкт – Петербург,

<sup>2</sup> Начальник акустического стенда завода «Арктос», г. Санкт-Петербург,

<sup>3</sup> Доцент, к.т.н., БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова, г. Санкт – Петербург

### Аннотация

В статье рассмотрены проблемы, возникающие при акустическом расчёте и проектировании вентиляционных установок.

В данный момент отсутствуют надежные методики расчёта генерации шума на отдельных элементах, проектируемой вентиляционной системы (повороты под прямым углом, клапаны, резкое изменение сечения воздуховода, разветвления и т.д.) Учёт генерации шума, на этих элементах, позволит определить перечень необходимых мероприятий для соответствия нормам. Экспериментально определена генерация шума при резком изменении сечения воздуховода. Предложены рекомендации, позволяющие избежать дополнительной генерации шума.

**Ключевые слова:** вентиляция, воздухораспределители, акустика, вентиляционная система, звуковая мощность.

### *Special aspects of acoustic accounting of ventilation systems*

*Kobzar D.D.<sup>1</sup>, Velbel A.M.<sup>2</sup>, Oleynik A.U.\*<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Master, BSTU «VOENMEH» named after D.F. Ustinov,*

*Acoustic engineer OOO “Arktos”, Saint Petersburg,*

*<sup>2</sup>Manager of acoustic facility in the factory «Arktos», Saint Petersburg,*

*<sup>3</sup>Senior lecturer, Doctor of Science at BSTU «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Saint Petersburg*

### **Abstract**

*Problems, appearing in acoustic calculation and ventilation systems design, are taken in consideration in this paper. Reliable calculation procedures of noise generation on single elements of designed ventilation system (right angle turn, valves, abrupt change in air duct cross-section and its branching and etc.) are absent at present moment. Counting of noise generation on the mentioned above elements will give an opportunity to identify number of necessary actions to bring actual level of noise down to required sanitary standards. Experimentally noise generation was defined with abrupt change in air duct cross-section. Recommendations, that will help to avoid additional noise generation in designing ventilation systems, were offered.*

**Key words:** *ventilation, air diffusers, acoustic, ventilation system, acoustic power.*

### **Введение**

Шум, возникающий в элементах вентиляционных систем и распространяющийся по воздуховодам, может представлять серьёзную проблему для людей, находящихся в помещениях, обслуживаемых вентиляционной системой.

Для того, чтобы оценить степень воздействия шума и его соответствие требованиям санитарных норм, необходимо руководствоваться ГОСТ 12.1.003-2014 [5] и провести акустический расчёт ожидаемых уровней шума на стадии проектирования данной вентиляционной системы, руководствуясь СНиП 23-03-2003 [1]. В противном

\*E-mail: [alexey.ole@gmail.com](mailto:alexey.ole@gmail.com) (Олейников А.Ю.)

случае вентиляционная установка не будет соответствовать стандартам безопасности и санитарным нормам, а, следовательно, непригодна для эксплуатации.

Методика расчёта, предложенная в руководстве по расчёту и проектированию шумоглушения вентиляционных установок [2], учитывает снижение шума на таких элементах вентиляционной системы, как повороты под прямым углом, клапаны, резкие изменения сечения воздуховода, его разветвление и т.д., но необходимо учитывать, что все отдельные элементы вентиляционной системы, как правило, являются одновременно устройствами как снижающими, так и генерирующими шум. А возможность определения генерации шума этими элементами, в вышеуказанной методике, отсутствует.

### 1. Проблемы проектирования вентиляционных систем, отвечающих санитарным нормам и требованиям

Снижение октавных уровней звуковой мощности  $\Delta L_p$ , дБ, при изменении поперечного сечения воздуховода следует определять по формуле (1), в зависимости от частоты и размеров поперечного сечения воздуховодов, согласно руководству по расчету и проектированию шумоглушения вентиляционных установок [2]:

$$\Delta L_p = 10 \lg \frac{(m_n + 1)^2}{4m_n}, \quad (1)$$

где  $m_n$  – отношение площадей поперечных сечений воздуховода, равное

$$m_n = \frac{F_1}{F_2} \quad (2)$$

( $F_1$  и  $F_2$  – площади поперечного сечения воздуховода соответственно до и после изменения сечения по пути распространения звука, м<sup>2</sup>).

В частности, резкое изменение сечения воздуховода с круглого диаметра 160 мм на прямоугольное сечение с размерами 600x100 мм приводит к снижению октавных уровней звуковой мощности на **1,3 дБ**.

Компания «Арктос» обладает современной акустической лабораторией и сертифицированной безэховой камерой. Это позволяет проводить измерения согласно ГОСТ 31273 [7], ГОСТ 51401 [8], ГОСТ (ИСО 7235:2003) [9].

Измерения, проводимые на акустическом стенде, показали, в частности, что фактический уровень звуковой мощности, генерируемый воздушным потоком в испытуемом воздуховоде ( $d=160\text{мм}/ 600\text{x}100\text{ мм}$ ) будет равен **62 дБА**, что говорит об увеличении, а не снижении октавных уровней звуковой мощности.

Если проектировать вентиляционную систему, руководствуясь нормативно-техническими документами [1, 2], то к снижению шума приведет наличие большого числа поворотов воздуховода под прямым углом, но в действительности это решение может привести к генерации шума, т.к. происходит турбулизация воздушного потока при резком повороте воздуховода [6]. Турбулизация происходит на повороте под прямым углом вследствие резкого изменения профиля скоростей и перепада давления, что влечет за собой дополнительную генерацию шума. Генерируемый (собственный) шум – это шум, вызванный турбулентностью в компонентах системы воздуховодов, преграждающих или отклоняющих воздушный поток (например, отводах, переходах, клапанах, канальных шумоглушителях).

Методика, представленная в руководстве по расчёту и проектированию шумоглушения вентиляционных установок [2], позволяет определить уровень звуковой мощности вентилятора, излучаемой непосредственно в воздуховоды на всасывание и

нагнетание. В настоящее время эти данные получают экспериментальным путём и для каждого существующего типа вентиляторов характеристики получают индивидуально. Это происходит из-за того, что вентиляторы могут иметь различные конструктивные исполнения, а, соответственно, разные шумовые характеристики. Таким образом, результаты расчёта по методике [2] будут весьма далеки от истины в силу многообразия типов и особенностей исполнения вентиляторов.

Также в используемой методике [2] отсутствует упоминание о том, что суммарная эффективность установленных вплотную друг за другом нескольких глушителей шума будет меньше суммы их эффективностей. Между глушителями необходим разрыв не менее 4-5 калибров друг от друга, для выравнивания воздушного потока в вентиляционной системе [4]. Место установки глушителей шума в вентиляционной сети так же играет важную роль, поскольку в зависимости от места установки фактическая эффективность суммарного шумоглушения может иметь различное значение. Так, если вентилятор излучает шум со звуковой мощностью (в одной из октавных полос) 90 дБ, а эффективность глушителя в данной октавной полосе составляет 40 дБ, то на выходе глушителя получаем 50 дБ. Если далее в вентиляционной сети находятся устройства, генерирующие шум 60 дБ и более, то суммарный уровень шума, распространяющийся дальше по вентиляционной сети, будет определяться акустическими характеристиками этих устройств. В то время как при установке этого глушителя в конце вентиляционной сети, суммарный уровень шума будет определяться практически полностью, акустическими характеристиками вентилятора, соответственно, уровень шума после установки глушителя будет намного меньше.

## **2. Рекомендации по улучшению качества проектирования вентиляционных сетей**

Пользуясь вышеупомянутой методикой, определить фактический уровень шума, излучаемого в вентилируемое помещение, невозможно. Единственная возможность – руководствоваться практическими знаниями технической акустики, осуществлять грамотное проектирование с точки зрения шумоглушения.

### **2.1. Общие рекомендации**

Следует избегать дополнительной генерации шума и использовать элементы, приводящие к снижению шума (плавные повороты и их облицовка, установка шумоглушителей, плавные изменения сечения воздухопроводов и т.д.). Использование этих элементов зависит от требований, предъявляемых к определенному типу помещений в соответствии с нормами, приведенными в СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» [1].

### **2.2. Прокладка воздухопроводов**

Воздуховоды, поставляющие воздух в помещения с жесткими требованиями по шуму (палаты больниц, жилые комнаты квартир и т.д.) не рекомендуется прокладывать через шумные помещения.

### **2.3. Выбор воздухораспределительных устройств**

Необходимо уделять внимание выбору воздухораспределителей, руководствуясь акустическими характеристиками изделий. При выборе воздухораспределителей следует учитывать, что этот элемент является конечным на пути подачи воздуха в помещение, соответственно, использование каких-либо

мероприятий по шумоглушению (помимо средств архитектурной акустики в самом помещении) здесь невозможно. Единственный вариант – это снижение скорости подаваемого в помещение воздуха с одновременным увеличением количества воздухораспределителей (для сохранения суммарного объёмного расхода). Как показали многочисленные экспериментальные исследования, у большинства воздухораспределителей излучаемая звуковая мощность пропорциональна шестой степени скорости (объёмного расхода) воздуха, проходящего через воздухораспределители. Так, добавление дополнительного воздухораспределителя (при той же скорости, т.е. при сохранении расхода) увеличит уровень звуковой мощности на 3 дБА, а снижение скорости вдвое уменьшит излучение, примерно на 18 дБА. То есть суммарный эффект составит 15 дБА.

#### **2.4. Устройство поворотов воздуховодов**

Следует избегать поворотов под прямым углом. При невозможности этого, использовать облицовку поворота или установку угловых глушителей. Так как на поворотах воздуховодов значительная часть энергии отражается обратно к источнику звука, в круглых каналах отражение меньше, чем в прямоугольных. Отражение может быть увеличено посредством звукопоглощающей облицовки стенок канала до и после поворота. Для эффективного затухания необходимо облицевать именно боковые стороны в плоскости поворота [2].

#### **2.5. «Лучевой эффект»**

Для помещений с жесткими акустическими требованиями рекомендуется установка на конечных участках воздуховода канальных глушителей малого диаметра, так как на высоких частотах длина волн много меньше поперечных размеров глушителя и концентрированный пучок звуковых волн проходит в центре глушителя без поглощения на более или менее длительном расстоянии («лучевой эффект») [3].

#### **2.6. Оконечные устройства воздуховодов**

Для снижения низкочастотных составляющих шума, для которых глушители, как правило, имеют низкую эффективность, рекомендуется использовать эффект отражения от открытого конца воздуховода, с этой целью использовать на конечных участках воздуховоды малых диаметров. В случае, когда воздух выходит в вентилируемое помещение через открытый конец воздуховода или вентиляционную решётку, при этом на выходе происходит отражение звука. Снижение уровней звуковой мощности зависит от частоты, поперечного сечения решётки или воздуховода и от расположения выходного отверстия относительно ограждений помещения.

### **Заключение**

Таким образом, основной задачей проектирования является минимизация шума, распространяющегося по воздуховоду до уровней ниже излучаемых воздухораспределительными устройствами.

Отсутствие в существующих методиках акустического расчёта учета генерации шума на отдельных элементах вентиляционной системы приведёт к несоответствию расчётных значений с фактическими, а именно в значительной степени заниженным показателям уровня шума, что не даёт возможности определить перечень необходимых мероприятий для приведения фактических уровней шума к требуемым санитарным нормам. Также, при выборе воздухораспределительных устройств необходимо уделить

внимание производителю, применению качественных материалов, точности определения акустических показателей и характеристикам изготавливаемых изделий. К числу таких производителей можно отнести компании, имеющие аттестованную экспериментальную лабораторию или центр.

#### Список источников

1. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
2. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения вентиляционных установок. НИИСФ.М., Стройиздат, 1982.
3. Борьба с шумом на производстве. Справочник. / Под общ. ред. Е. Я. Юдина - М.: Машиностроение, 1985.
4. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1,2 Под редакцией Н.Н.Павлова и Ю.И.Шиллера. М. Стройиздат 1992.
5. ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности».
6. Защита от шума и вибраций в системах ОВК. Практическое руководство / Марк Шаффер; [пер. с англ.].-М.:АВОК-ПРЕСС, 2009.-215с. – 3000 экз.
7. ГОСТ 31273-2003 «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для заглушенных камер».
8. ГОСТ Р 51401-99 «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью».
9. ГОСТ 28100-2007 (ИСО 7235:2003) «Акустика. Измерения лабораторные для заглушающих устройств, устанавливаемых в воздуховодах, и воздухораспределительного оборудования. Вносимые потери, потоковый шум и падение полного давления».