

УДК 699.844

В.П. ГУСЕВ, д-р техн. наук, Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН; А.В. СИДОРИНА, руководитель направления «Звукоизоляционные материалы», ООО «K-FLEX» (Москва)

Изоляция шума воздуховодов систем вентиляции покрытиями с использованием эластомерных и волокнистых материалов

Основные элементы систем вентиляции и кондиционирования воздуха (вентиляторы, вентиляционные установки, путевая арматура, фасонные элементы и др.) являются источниками повышенного широкополосного аэродинамического шума. Он распространяется по воздуховодам с некоторым затуханием по сети на значительные расстояния и достигает обслуживаемых системами помещений. Для обеспечения нормативных акустических условий в этих помещениях за источниками шума предусматривается установка глушителей.

За вентиляторами в таких случаях устанавливаются так называемые центральные глушители (это могут быть пластинчатые, трубчатые, канальные, камерные в зависимости в первую очередь от мощности оборудования). Эффективность такого глушителя подбирается на стадии проектирования системы по требуемому снижению уровня шума, создаваемого вентилятором, равному разности рассчитанных уровней звукового давления (УЗД) в обслуживаемом помещении и их допустимых значений. При распространении шума в протяженной сети суммарное снижение звуковой мощности ($\Delta L_{\text{сум}}$), как правило, значительное, соответственно эффективность упомянутого глушителя может быть низкой, иначе чем больше суммарное снижение уровней звуковой мощности по пути распространения от источника, тем менее эффективный требуется центральный глушитель. Поэтому в ее начальных участках (непосредственно за вентилятором с глушителем) уровни шума могут быть недопустимо высокими (СТО 02495359-6.001-2011 «Расчет и проектирование шумоглушения систем вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения и воздушного отопления»).

Когда такие шумные, часто магистральные, участки воздуховодов проходят через закрытые или открытые пространства, к акустическим условиям в которых предъявляются достаточно жесткие требования, в них возникает повышенный воздушный шум, следовательно, требуются соответствующие защитные меры.

Практика показывает, что требуемую защиту окружающей среды от воздушного шума, излучаемого стенками воздуховодов в рассмотренных ситуациях, можно добиться за счет установки на них разнообразных покрытий, изначально известных как теплоизолирующие, но обладающие звукоизолирующими свойствами. В последние годы на строительном рынке появилось множество однослойных и многослойных (комбинированных) покрытий, различающихся по толщине, плотности, способу изготовления и крепления на воздуховоде [1].

Исходными данными для выбора того или иного покрытия являются акустические характеристики, по которым можно судить об их звукоизолирующих свойствах, в частности об акустическом эффекте от установки на трубы, включая металлические воздуховоды. В связи с возникшей необходимостью получения этих данных в лаборатории НИИСФ РААСН на базе испытательного стенда созданы экспериментальные установки, удовлетворяющие требованиям действующих стан-

дартов (ГОСТ Р ИСО 15665-2007 «Шум. Руководство по акустической изоляции труб и арматуры трубопроводов»; ГОСТ 31274-2004 (ИСО 3741:1999) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер»). Акустические измерения проводятся в реверберационном поле в специальной измерительной камере.

По результатам испытаний множества различных материалов и покрытий, как на круглые, так и на прямоугольные трубы различного назначения, установлено, что оптимальными с точки зрения акустики и экономики для систем вентиляции являются покрытия, условно разделенные на три группы. К одной из них отнесены однослойные и комбинированные (многослойные), базирующиеся на эластомерных материалах типа K-FONIK (под эластомерными понимают полимеры, обладающие эластичными свойствами). В другую группу включены однослойные покрытия из легких вспененных фольгированных и нефольгированных материалов (пенофол, пенополиэтилен, пеноплекс и т. п.; названия определены заказчиками). К третьей группе отнесены покрытия с использованием волокнистых материалов типа ISOVER, ISOTEC Мат-Ал и др. [2].

В данной статье рассматриваются результаты преимущественно последних испытаний, выполненных для определения звукоизолирующих свойств (возможностей) покрытий с физико-техническими характеристиками, соответствующими указанным группам:

Первая группа — комбинированные и однослойные покрытия:

- вариант 1: K-FLEX IGO (19 мм);
- вариант 2: K-FLEX IGO (19 мм) + K-FONIK ST GK 072 (12 мм) + K-FONIK ST GK 072 (12 мм) + IN CLAD;
- вариант 3: K-FONIK ST GK 072 (12 мм) + K-FONIK ST GK 072 (12 мм) + IN CLAD;
- вариант 4: K-FONIK 240 (25 мм);
- вариант 5: K-FONIK 240 (25 мм) + K-FONIK ST GK 072 (12 мм);
- вариант 6: K-FLEX ST (25 мм) + K-FLEX ST (25 мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-FLEX ST (25 мм) + K-FONIK GK (2 мм) + K-FLEX ST (25 мм) + K-FLEX IN CLAD.

Вторая группа — сегменты из пеноплекса толщиной 40 мм и плотностью 35 кг/м³ — ПП; листовой пенофол (10 мм, 40 кг/м³) — ПФ; листовой пенополиэтилен типа «Блэк Стар ДАКТ-Ал» (10 мм, 25 кг/м³) — ПЭ.

Третья группа — волокнистый материал ISOVER (толщина 100 мм, плотность 22 кг/м³) — ИЗ-1; ISOVER (30 мм, 30 кг/м³) — ИЗ-2; ISOTEC Мат-Ал-30 (толщина 30 мм, плотность 30 кг/м³) — ИЗ-3; ISOTEC Прошивной мат 80-СМ-Мат-Ал (30 мм, 80 кг/м³) — ИЗ-4; ISOTEC Прошивной мат 80-СМ-Мат-Ал (80 мм, 80 кг/м³) — ИЗ-5.

Эффекты установки покрытий **первой группы** на круглую трубу диаметром 200 мм представлены в графической форме на рис. 1. Как видно, они обладают высокой акустической эффективностью в широком диапазоне частот.

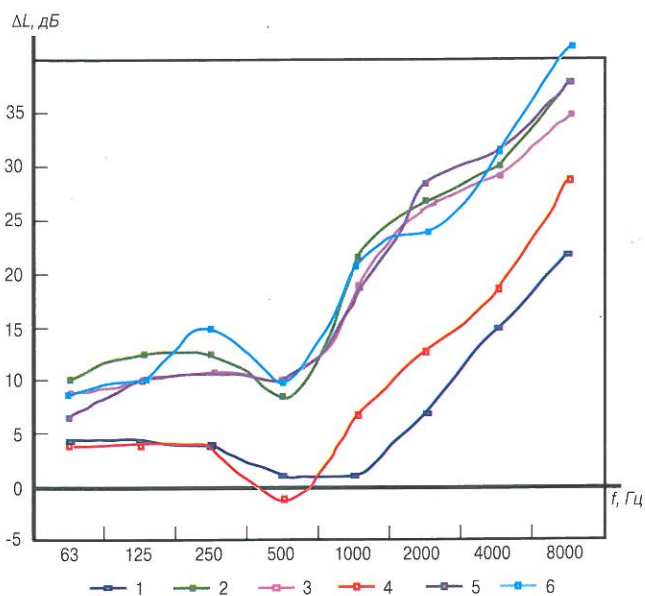


Рис. 1. Эффективность покрытий из материалов типа K-FONIK

Максимальное снижение шума достигается за счет установки четырех комбинированных покрытий (варианты 2, 3, 5, 6). В диапазоне низких частот их эффективность составляет 9–12 дБ. С ростом частоты эффективность повышается и достигает 30–43 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 4000, 8000 Гц.

Наиболее часто используемый материал K-FLEX ST не приносит достаточного звукоизолирующего эффекта. Он пригоден только в тех случаях, когда требуется небольшое дополнительное снижение шума воздуховодов.

Наряду со значительной эффективностью указанные материалы удобны для закрепления на воздуховодах и ремонта. Они хорошо склеиваются на стыках при устранении щелей, за счет которых возникают акустические мостики и снижается звукоизоляция, а также предотвращают коррозию на поверхности и повышают сохранность металлических трубопроводов. Базовым слоем для звукоизолирующей системы трубопроводов является материал на основе синтетического каучука закрыто-ячеистой структуры марки K-FLEX ST. С точки зрения паропроницаемости он имеет преимущества, фактор диффузии водяного пара материала $\mu=7000$ по ГОСТ 25898–83 «Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления

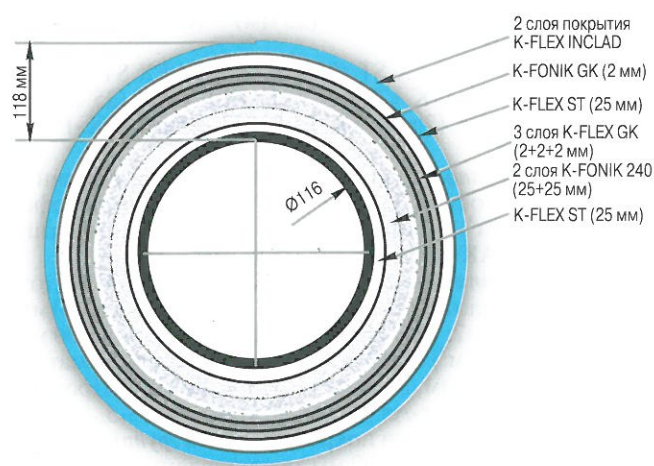


Рис. 2. Конструкция комбинированного покрытия из материалов K-FONIK K-Flex

паропроницанию». По европейской методике оценки (EN 13469) $\mu=12500$.

Для прогнозирования эффекта звукоизоляции в различных условиях эксплуатации материалов существуют данные, позволяющие оценивать его зависимость от температуры среды в трубопроводе, температуры и влажности наружного воздуха, прямого воздействия солнечных лучей, скорости ветра и коэффициента теплоотдачи поверхности. Эти данные используются преимущественно для выполнения теплотехнического расчета и определения толщины и состава конструкции, предотвращающей образование конденсата.

При изменении температуры изменяется коэффициент потерь, динамический модуль упругости и изгибная жесткость многослойной конструкции покрытия. При понижении температуры модуль упругости возрастает, коэффициент потерь уменьшается, в связи с этим снижается звукоизолирующая способность покрытия.

В качестве примера приведем изменение звукоизолирующей способности многослойной конструкции покрытия из материалов на основе модифицированного синтетического каучука (рис. 2) при изменении температуры от +26°C до -60°C (рис. 3).

Представленные на рис. 3 экспериментальные данные дают возможность судить об изменении звукоизолирующих свойств покрытия, приведенного на рис. 2, в широком диапазоне частот. Как видно, с увеличением частоты это влияние уменьшается.

Звукоизоляция легких вспененных материалов *второй группы*, то они далеко не самые лучшие. Они малоэффективны (рис. 4) и пригодны только для защиты от повышенного высокочастотного шума. Вместе с тем эти покрытия полезны для вибродемпфирования и снижения или устранения так называемого гула воздуховодов. К достоинствам можно отнести также простоту закрепления их на воздуховодах (одни закрепляются хомутами, другие наклеиваются).

Эффекты установки покрытий *третьей группы* (на основе волокнистых материалов) в диапазоне низких частот мало отличаются от подобных характеристик у покрытий из вспененных материалов. Однако в диапазоне средних и высоких частот они значительно выше, чем у покрытий второй группы (рис. 5), и сравнимы с эффективностями покрытий первой группы. Покрытия из волокнистых материалов находят применение, несмотря на существенный недостаток: интенсивное высыпание волокон в окружающую среду при установке на воздуховод. Названия материалов определены изготовителями, а условные обозначения присвоены нами для краткости информации на рисунках.

Представленные акустические характеристики покрытий на воздуховоды вентиляционных систем (и любые другие излучающие шум трубы) дают возможность подбора оптимальных с точки зрения акустики и экономики вариантов.

Исходными данными для разработки оптимальных звукоизолирующих покрытий в различных ситуациях на проектируемых объектах является зависимость от частоты требуемое снижение ожидаемых (рассчитанных) уровней шума, проникающего через стенки воздуховодов.

Ожидаемые уровни шума при прохождении магистрального воздуховода через помещение определяются по формуле, приведенной в стандарте НИИСФ РААСН (СТО):

$$L = L_W - \Delta L_{W_{\text{сум}}} + 10 \lg S_{\text{ин}} / S_{\text{ис}} - R_g - 10 \lg B_u + 3, \quad (1)$$

где L_W — октавный уровень звуковой мощности источника шума, излучаемой в воздуховод, дБ; $\Delta L_{W_{\text{сум}}}$ — суммарное снижение уровней звуковой мощности источника, дБ, по пути распространения звука до начала участка воздуховода, излучающего шум в помещение; $S_{\text{ин}}$ — пло-

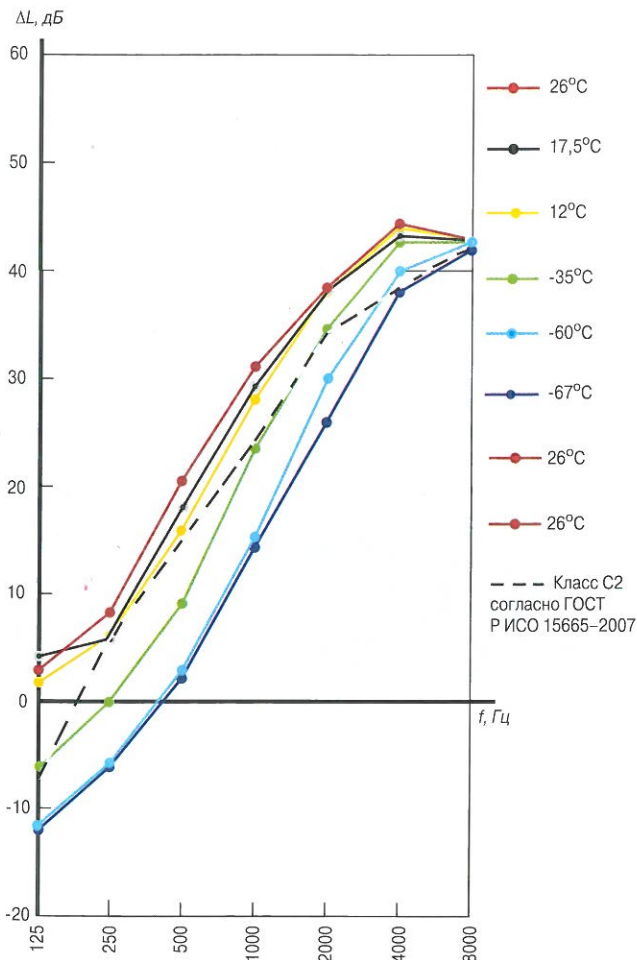


Рис. 3. Температурно-частотная зависимость конструкции из материалов K-FONIK K-Flex

щадь наружной поверхности участка воздуховода, через которую поступает шум в помещение, m^2 ; S_{nc} – площадь поперечного сечения воздуховода, m^2 ; R_g – звукоизолирующая способность стенок воздуховода, дБ; B_u – постоянная изолируемого помещения, m^2 .

Следует подчеркнуть, что в обычных вентиляционных сетях и воздушных каналах, имеющих относительно небольшие поперечные сечения, суммарное снижение звуковой мощности ($\Delta L_{W_{сум}}$) по пути распространения определяется по формулам, основанным на принципах волновой акустики. В крупногабаритных воздушных каналах, как правило, мощных вентиляционных систем применение этих формул ограничивается диапазоном низких частот. В таких случаях в области средних и высоких частот для оценки уровней звукового давления и снижения звуковой мощности предпочтительнее так называемый комбинированный метод [3], основанный на статистической энергетической теории. Суть его заключается в раздельном рассмотрении распространения прямой и отраженной составляющих уровней шума с последующим их суммированием. Для реализации этого инновационного метода оценки звуковых полей в крупногабаритных воздушных каналах разработана и успешно апробирована компьютерная программа.

Существуют ситуации, когда магистральный или любой другой воздуховод проходит через помещение с источниками шума. Тогда шум этих источников в пределах данного помещения проникает внутрь воздуховода через стенки и далее по нему в обслуживаемое системой и защищаемое от шума помещение. Оценка шумо-

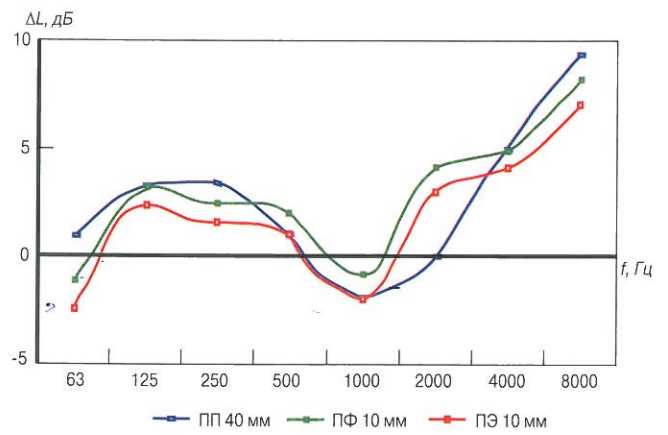


Рис. 4. Эффективность покрытий из легких вспененных материалов

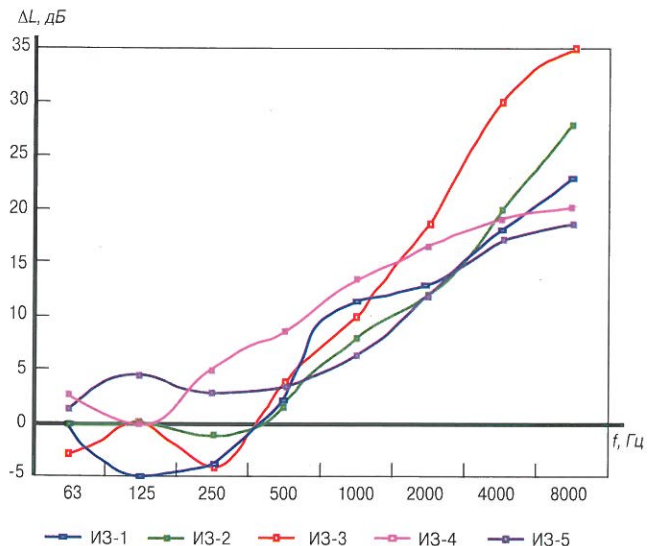


Рис. 5. Эффективность покрытий из волокнистых материалов

вого воздействия указанных источников в таком помещении производится по ожидаемым УЗД, определяемым по формуле:

$$L = L_{ш} + 10 \lg S - R_g - 10 \lg B_u - \Delta L_W, \quad (2)$$

где $L_{ш}$ – октавный уровень звукового давления в шумном помещении, дБ; S – площадь поверхности участка воздуховода в пределах помещения, m^2 ; R_g – звукоизолирующая способность стенок воздуховода, дБ; B_u – постоянная изолируемого от шума тихого помещения, m^2 ; ΔL_W – снижение уровней звуковой мощности, дБ, по пути распространения звука от «шумного» до «тихого» помещений.

Список литературы

1. Гусев В.П. Из опыта борьбы с шумом оборудования инженерных систем // АВОК. 2012. № 2. С. 38–42.
2. Гусев В.П., Лешко М.Ю. Расчет и проектирование защиты от шума воздухопроводов вентиляционных систем // Труды IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации». Санкт-Петербург. 26–28 марта 2013 г. С. 323–331.
3. Гусев В.П., Леденев В.И. Комбинированный метод расчета уровней шума в крупногабаритных газозвуковых каналах // Дни Российской строительной науки в Германии. Инновационные решения. Контакты. Связи. Материалы конференции, ноябрь 2012.