

# ЗАЩИТА ОТ ВОЗДУШНОГО ШУМА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

## PROTECTION AGAINST AIRBORNE SOUND SYSTEM COMPONENTS VENTILATION AND AIR CONDITIONING

В.П. Гусев, М.Ю. Лешко, (НИИСФ РААСН)  
А.В. Сидорина, (фирма «K-FLEX»)

V.P. Gusev, M.Y. Leshko, (NIISF RAACS)  
A.V. Sidorina, («K-FLEX»)

*Рассматриваются вопросы, связанные с практикой проектирования шумоглушения систем вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях различного назначения и с результатами оценки акустических возможностей различных материалов и конструкций.*

*We consider issues related to the practice of designing noise reduction systems, ventilation and air conditioning systems in buildings of various on-values and the evaluation of the acoustic features of different materials and designs.*

Элементы вентиляционных систем (вентиляторы, блочные вентиляционные установки, воздуховоды, фасонные элементы), как и других систем, перемещающих воздух по трубам, излучают шум, звуковая мощность которого пропорциональна мощности оборудования. Этот шум подразделяется на три категории: воздушный, распространяющийся от поверхности источника в окружающее пространство; аэродинамический, распространяющийся по воздуховодам в обслуживаемые системами помещения и окружающее пространство; структурный, излучаемый в помещения их ограждениями, его причиной является остаточная вибрация оборудования, передаваемая на строительные конструкции здания и далее на эти ограждения [1,2].

Задачи защиты от шума решаются успешно, если внедряемые отдельные меры или комплексы строительно-акустических мероприятий выбраны (разработаны) правильно, т.е. на основе правильной оценки акустической ситуации, точных данных о требуемом снижении шума [3,4,5], об эффективности используемых средств и методов, и в соответствии с условиями эксплуатации оборудования. Такая технология нашла подтверждение и используется в многолетней практической деятельности лаборатории.

В общем, защита от воздушного шума достигается за счет мер и средств, основанных на методах звукоизоляции, звукопоглощения, экранирования, структурного – на методах виброизоляции, звукоизоляции, для снижения аэродинамического шума используются различные типы шумоглушителей. При этом учитываются объемно-планировочные решения и конструктивные особенности зданий, которые изменяются в строительной отрасли в соответствии с требованиями времени. Вектор этих изменений в

современных условиях направлен на сокращение площадей, как для размещения вентиляционного оборудования, так и для размещения средств снижения шума.

Окружающее пространство, в которое элементы вентиляционных систем излучают воздушный шум, может быть замкнутым, когда источники находятся в техническом, вспомогательном или обслуживаемом системой помещении, или открытым (свободным), когда источники установлены снаружи зданий (на фасадах, балконах, кровле). Поэтому выбор рекомендуемых нами в проектах шумоглушения оптимальных мер и разработка технических решений по снижению воздушного шума всегда зависят от места расположения оборудования (источника) и объекта его воздействия, разумеется, если известна точная величина требуемого снижения шума. Рассмотрим три типичных акустических ситуации.

Ситуация 1. Один или группа вентиляторов установлены в венткамере, а в смежных с ней помещениях по горизонтали и вертикали уровень шума ограничен. Воздушный шум излучается корпусами вентиляторов и стенками воздуховодов сначала в венткамеру, затем через ее ограждения проникает в указанные помещения. Требуемое снижение уровня шума в этих помещениях достигается за счет строительно-акустических мероприятий:

- подбора ограждений с достаточной звукоизолирующей способностью;
- установки кожухов на вентиляторы и звукоизолирующих покрытий на воздуховоды или глушителей на патрубки всасывания и нагнетания вентиляторов;
- акустической обработки помещения венткамеры - облицовки стен и потолка слоем звукопоглощающего материала, как правило, волокнистого с защитным покрытием.

Из всех приведенных вариантов в зависимости от частотной характеристики (спектра) и величины требуемого снижения шума выбирается наиболее эффективный и менее затратный.

*Выбор конструкций ограждений венткамеры, обеспечивающей требуемое снижение шума, осуществляется по предварительно определенной требуемой изоляции воздушного шума и по индексу изоляции воздушного шума  $R_w$ , дБ (параметр, нормирующий звукоизоляцию внутренних ограждающих конструкций зданий [6,7]).* Примеры выбора ограждений по указанным характеристикам представлены в таблицах 1 и 2 (составлены по материалам работы [8]). Как видно из таблицы 1, однослойные конструкции состоят из плотного строительного материала на жестком связующем (цементно-песчаном растворе): железобетонные, кирпичные, гипсовые, керамзитобетонные и др. Многослойные конструкции (таблица 2) состоят из нескольких чередующихся слоев жестких (плотных) и мягких (легких) строительных материалов. Плотные материалы (кирпич, металл, гипсокартон) проявляют здесь звукоизоляционные свойства и работают аналогично однослойным перегородкам (обеспечиваемая звукоизоляция прямо пропорциональна их поверхностной плотности). Материалы легкого

слоя предназначены для выполнения звукопоглощающей функции. Характерно, что такие материалы, как газобетон, пенобетон, экструдированный полистирол, пенополиуретан, пробка, при использовании в перегородках малоэффективны (для хороших звукоизоляционных материалов они имеют недостаточную плотность, а для звукопоглощающих – слишком низкий коэффициент звукопоглощения).

Таблица 1 – Звукоизоляция однослойных конструкций ограждений

масса, кг/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Индекс ции воз- шума R <sub>W</sub> ,	Требуемая ция воз- шума R <sub>T</sub>	Недостато ляции воз- шум
1	2	3	4	5	6
1. Кирпич 125 мм	125	192	47	51	4
2. Газобетон 100 мм	100	60	37	51	14
3. Кирпичная 160	250	400	53	51	нет
4. Газобетонная 60	200	120	45	51	6
5. Газобетонная 60	400	240	51	51	нет
6. Бетонная 240	160	390	53	51	нет
7. Гипсовая пазо 1150 кг/м <sup>3</sup>	100	115	41	51	10
8. Керамзитобетон 1200 кг/м <sup>3</sup>	200	240	52	51	1
9. Гипсобетонная	180	162	48	51	3
10. Пенополисти 500 кг/м <sup>3</sup>	200	100	44	51	7

Таблица 2 – Звукоизоляция многослойных конструкций ограждений

Вид для	Общая толщина, мм	Поверхностная пл-ность, кг/м <sup>2</sup>	Индекс ции воз- шума R <sub>W</sub> ,	Требуемая ция воз- шума R <sub>T</sub>	Недостато ляции воз- шум
1	2	3	4	5	6
1. Кирпич 125 мм + газобетон 40 мм	260	252	51	51	нет
2. Газобетон 100 мм + газобетон 40 мм	270	390	46	51	5
3. Кирпич 125 мм + кирпич 40 мм	280	400	60	51	нет
4. Керамзитобетон + воздух 40 мм + бетон 90 мм	220	160	54	51	нет

Примечание - Требуемый индекс изоляции воздушного шума в таблицах относится к стенам и перегородкам, отделяющим номера гостиниц от помещений общего пользования (вестибюлей, холлов, буфетов), R<sub>TR</sub> = 51 дБ [6]. Для ограждений технических помещений (венткамер, насосных) индекс может составлять 55-57 дБ.

*Устройство звукоизолирующих кожухов на вентиляторы* в условиях их эксплуатации связано с разного рода трудностями, поэтому целесообразно идти по пути их замены на вентиляционные установки, в которых вентиляторы располагаются внутри кожухов - вентиляторных блоков. Кон-

струкции кожухов преимущественно трехслойные: две металлических стенки, а между ними слой ЗПМ. На входе в указанный блок-кожух и выходе из него внутри установки (в общем кожухе) располагаются глушители, за счет которых шум, излучаемый стенками присоединяемых к вентустановкам воздуховодами, может быть снижен на необходимую величину [6].

*Акустическая обработка помещения венткамеры* – установка звукопоглощающей облицовки на стены (иногда на дверь) и потолок - используется только в тех случаях, когда характер шума высокочастотный, а величина требуемого снижения уровня шума в них небольшая. Звукопоглощающая облицовка - это слой ЗПМ в каркасе из металлического профиля толщиной 80-100 мм, по которому закрепляется защитное покрытие. В качестве ЗПМ пригодны преимущественно волокнистые материалы с заданной плотностью. При максимальной акустической обработке, например, технических помещений с объемами 100-150 м<sup>3</sup>, за счет такой облицовки уровень шума можно снизить на 5-8 дБ, но только в области высоких частот [2]. В низкочастотном диапазоне эффект от ее установки значительно ниже. Для повышения звукопоглощения в диапазоне низких частот требуются специальные облицовки, слой ЗПМ в которых располагается на отnose от ограждения.

Ситуация 2. Воздуховод проходит через помещение с регламентированными акустическими условиями (так называемый транзитный воздуховод) и излучает в него повышенный воздушный шум (шум, уровни которого превышают нормативные значения).

Данная ситуация имеет место, когда по каким-то причинам не удается снизить шум, излучаемый транзитным воздухопроводом, за счет установки глушителя на входе в него или установка глушителя невозможна. Наиболее эффективными средствами в таких случаях являются различные однослойные и многослойные звукоизолирующие покрытия. В основе этих покрытий могут быть волокнистые материалы типа «Изовер», вспененные полиуретановые типа «Пенофол», эластичные (эластомерные) типа «К-фоник» и другие. Здесь уместно подчеркнуть, что весьма распространенной ошибкой является использование для этой цели, как панацеи, вспененного материала типа «К-флекс», так как на звукоизоляцию воздухопроводов и других труб он практически не влияет. Правда, он эффективен при виброизоляции воздухопроводов в местах прохода через ограждения или их вибродемпфировании (снижении амплитуды виброколебаний, распространяющихся по ним).

Ситуация 3. Холодильная машина – основной элемент системы холодоснабжения в составе системы кондиционирования воздуха находится на кровле общественного здания и излучает воздушный шум в окружающее пространство (прилегающую жилую застройку). Объект воздействия шума машины – прилегающая к зданию жилая застройка.

Из-за конструктивных особенностей таких машин спектр средств и методов, пригодных для снижения их шума, весьма ограничен. Экранирование шума – практически единственный путь. Экранирующие средства устанавливаются рядом с источником шума (на минимально возможном

расстоянии). Это так называемые акустические экраны или некоторые системы из них (выгородки с двух, трех или с четырех сторон). Они представляют собой достаточно прочные преграды для звука из листовых материалов на опорах с необходимыми размерами. Со стороны источника звука эти преграды облицованы слоем волокнистого или комбинированного звукопоглощающего материала с защитным покрытием. Конструкция звукопоглощающей облицовки идентична той, что используется для акустической обработки технических помещений. В качестве преграды (экрана) чаще рекомендуются плоские асбестоцементные или ацеитовые листы толщиной 12,5 мм, металлические листы толщиной 1,2 – 1,5 мм, пластмассовые листы толщиной 10-20 мм. Элементы экранов могут располагаться вертикально и под определенным наклоном к горизонтальной (вертикальной) плоскости. Угол наклона зависит от взаимного расположения источника шума и точки наблюдения. Основные параметры экрана (высота, форма, толщина звукопоглощающей облицовки), при которых обеспечивается заданная акустическая эффективность при фиксированном расстоянии до источника шума, определяются расчетным путем [5,9].

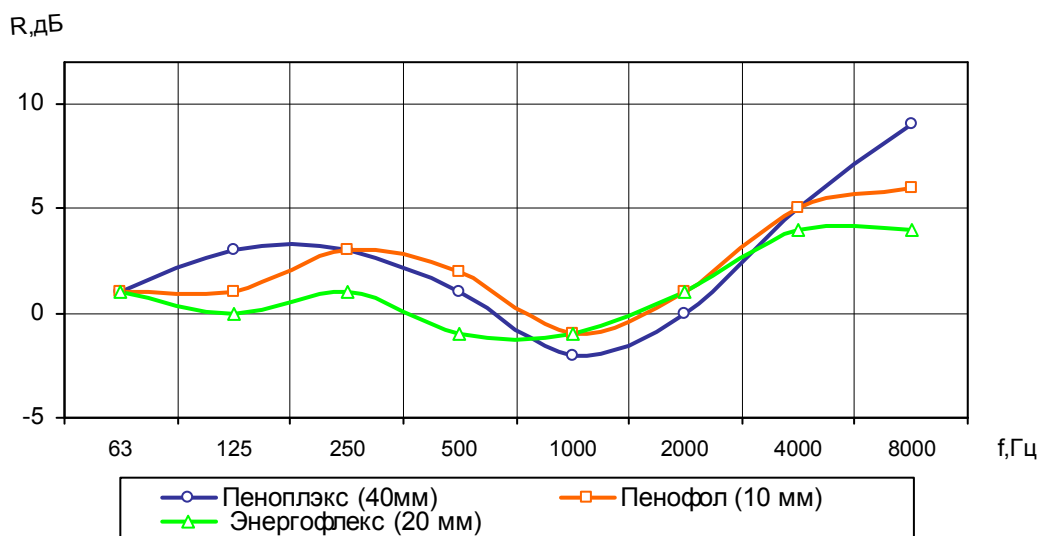
Положительному опыту защиты от шума элементов указанных систем способствует большая экспериментальная работа [10,11,12]. На стендах института проводятся испытания отечественных и зарубежных акустических материалов и конструкций (звукоизолирующих, виброизолирующих, звукопоглощающих). На основе результатов таких испытаний продукция изготовителей рекомендуется или не рекомендуется для использования в проектах шумоглушения вентиляционных систем, используемых на тех или иных объектах.

В последнее время на основе испытаний на стенде лаборатории [13] по ГОСТ [14] получен ряд экспериментальных данных, позволяющих судить о звукоизолирующих возможностях различных покрытий на металлические воздуховоды, точнее об увеличении изоляции воздушного шума стенками воздуховодов за счет них. Эти характеристики внесены изготовителями в технические паспорта покрытий и используются в зависимости от решаемой задачи для выбора оптимальной с точки зрения акустики и экономики конструкции.

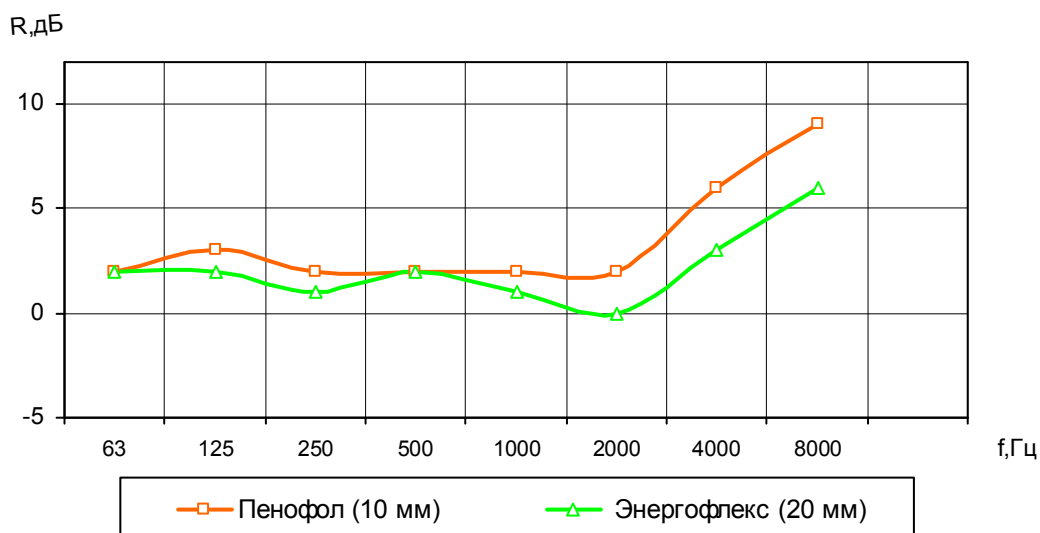
Установлено, что эффективность покрытий из легких вспененных полиэтиленовых материалов плотностью от 25 до 35 кг/м<sup>3</sup> не высокая. За счет установки таких покрытий на круглые и прямоугольные воздуховоды звукоизолирующая способность их стенок увеличивается практически только на самых высоких частотах (рисунки 1 и 2).

Наряду с этим, за счет таких покрытий существенно снижаются (демпфируются) неизбежные виброколебания, порождаемые механическими и гидродинамическими колебаниями в элементах вентиляционных систем и распространяющиеся по воздуховодам. В результате установки покрытий, во-первых, существенно снижается уровень связанного с виброколебаниями характерного шума («гула»), во-вторых, снижается амплитуда колебаний, передаваемых на строительные конструкции, следова-

тельно, снижается структурный шум, причиной которого является вибрация.

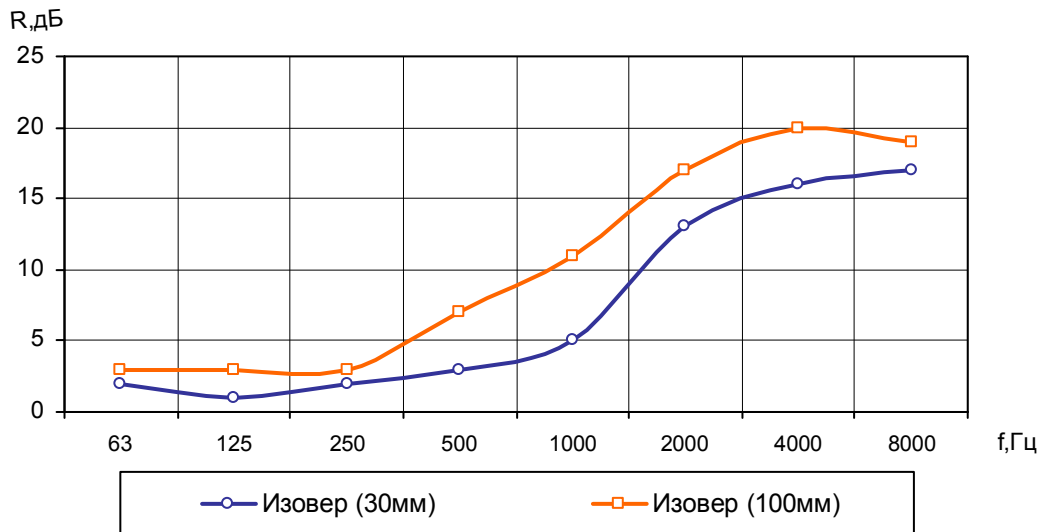


**Рис. 1 – Повышение звукоизолирующей способности круглых воздуховодов за счет покрытий из вспененных материалов**

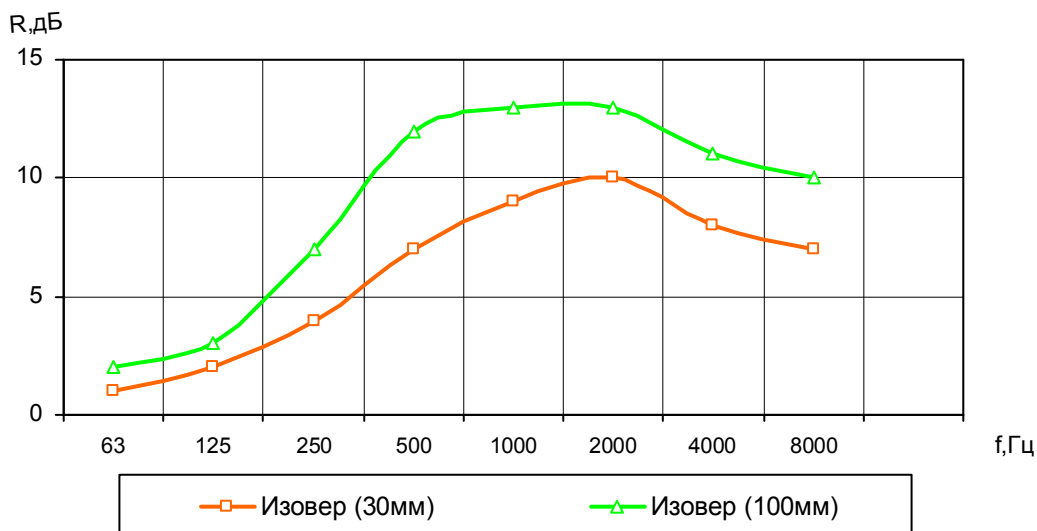


**Рис. 2 – Повышение звукоизолирующей способности прямоугольных воздуховодов за счет покрытий из вспененных материалов**

Более высокую эффективность обеспечивают звукоизолирующие покрытия из волокнистых материалов. В качестве примера на рис. 3 и рис. 4 представлены средние значения (по трем-четырем поперечным размерам круглых и прямоугольных воздуховодов) повышения изоляции воздушного шума за счет установки покрытий из Изовера, кашированного фольгой, толщиной 30 и 100 мм. Плотность материала при толщине 30 мм составляла  $30 \text{ кг/м}^3$ , а при толщине 100 мм -  $22 \text{ кг/м}^3$ .



**Рис. 3 – Повышение звукоизолирующей способности круглых воздуховодов за счет покрытий из вспененных материалов**



**Рис. 4 – Повышение звукоизолирующей способности прямоугольных воздуховодов за счет покрытий из вспененных материалов**

Видно, что эффект при установке данного звукоизолирующего покрытия на прямоугольные воздуховоды выше, чем при установке на круглые воздуховоды. Кроме того, эффект не прямо пропорционален увеличению толщины материала, правда, с увеличением толщины слоя несколько уменьшилась его плотность.

Недостатком представленных покрытий является их весьма ограниченные возможности для использования за пределами зданий. В таких случаях требуются более сложные конструкции, обеспечивающие не только необходимую теплоизоляцию, долговечность, но и достаточные защи-

щенные качества от воздействия атмосферных осадков и ветровых нагрузок.

Изготовителем покрытий, в основном удовлетворяющих этим требованиям, является фирма «Промышленная инициатива». С целью выбора оптимального по эффективности она представила 5 вариантов многослойных тепло-, звукоизолирующих покрытий, в основу которых заложено пеностекло типа FOAMGLAS T4 (в скобках указана толщина слоя и плотность материала):

- вариант 1: FOAMGLAS T4 (50 мм, 120 кг/м<sup>3</sup>), базальтовый мат (80 мм, 100 кг/м<sup>3</sup>), вибродемпфирующий слой (3 мм), оцинкованный лист (0,55 мм);

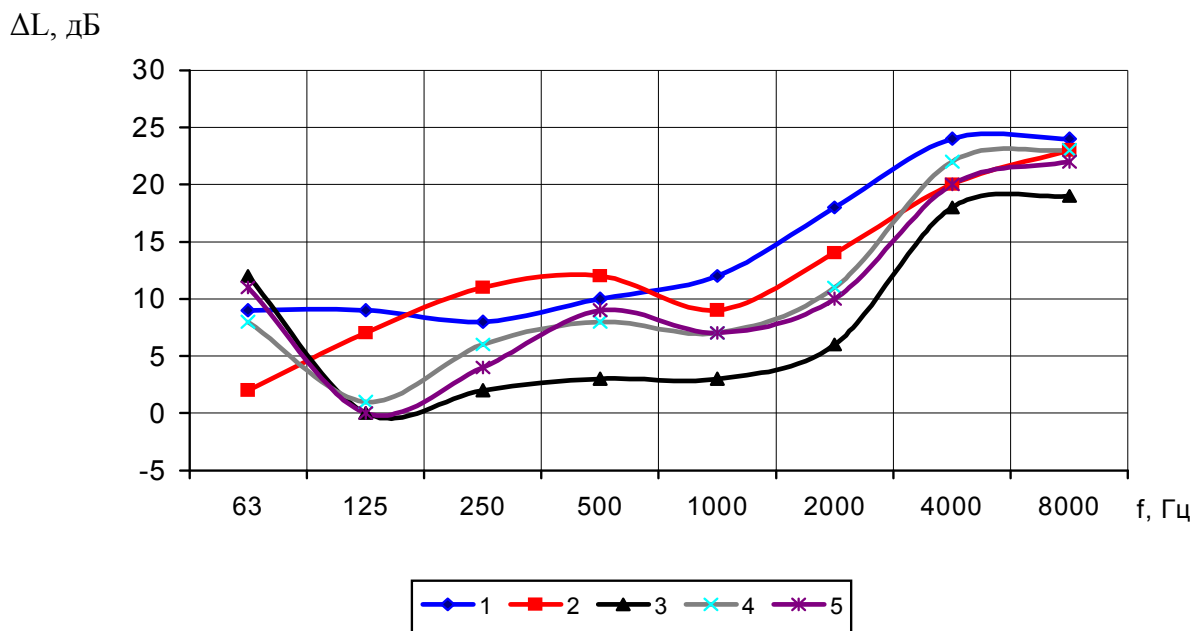
- вариант 2: FOAMGLAS T4 (50 мм, 120 кг/м<sup>3</sup>), базальтовый мат (80 мм, 100 кг/м<sup>3</sup>), оцинкованный лист (0,55 мм);

- вариант 3: FOAMGLAS T4 (50 мм, 120 кг/м<sup>3</sup>);

- вариант 4: FOAMGLAS T4 (80 мм, 120 кг/м<sup>3</sup>), оцинкованный лист (0,55 мм);

- вариант 5: FOAMGLAS T4 (80 мм, 120 кг/м<sup>3</sup>).

При определении акустической эффективности покрытий учитывалось изменение звукопоглощения, вносимого за счет них в измерительную камеру, по измеряемому времени реверберации перед каждой серией испытаний. Результаты испытаний многослойных покрытий представлены на рис. 5.



**Рис. 5 - Эффективность покрытий на основе пеностекла типа FOAMGLAS T4**  
1 – вариант 1; 2 - вариант 2; 3 - вариант 3; 4 - вариант 4; 5 – вариант 5.

Как видно, их эффективность в диапазоне низких частот (до 250 Гц) не превышает 11 дБ. Наибольший вклад в изоляцию воздушного шума в этом диапазоне, должно быть, вносит металлический кожух. На высоких



частотах снижение воздушного шума за счет покрытий достигает 22-24 дБ. Как ожидалось, при установке первого варианта покрытия достигнуто максимальное снижение воздушного шума. Оно обеспечивает в диапазоне частот до 4000 Гц (включительно) звукоизолирующую способность, соответствующую классам А1, А2, и А3, установленным ГОСТ [13], а до частоты 2000 Гц (включительно) классу В1. Наименьший эффект получен при установке третьего варианта покрытия.

В целом такие многослойные покрытия заслуживают достаточно высокой оценки, а изготовитель имеет основание рекомендовать их для широкого внедрения при снижении шума, излучаемого различными трубопроводами и возможно, в первую очередь, наземными газопроводами. К недостатку, пожалуй, следует отнести весьма значительные трудозатраты на установку этих многослойных защитных средств (соответственно, высокую стоимость), сложность монтажа при их установке на фасонные элементы трубопроводов и, вероятно, непригодность для установки на прямоугольные воздухопроводы.

Указанные недостатки (кроме высокой стоимости) отсутствуют у других многослойных покрытий - на основе материалов типа K-FONIK, также предназначенных для тепло-, звукоизоляции труб. Отечественная фирма-изготовитель «K-FLEX» представила для испытаний шесть вариантов таких покрытий:

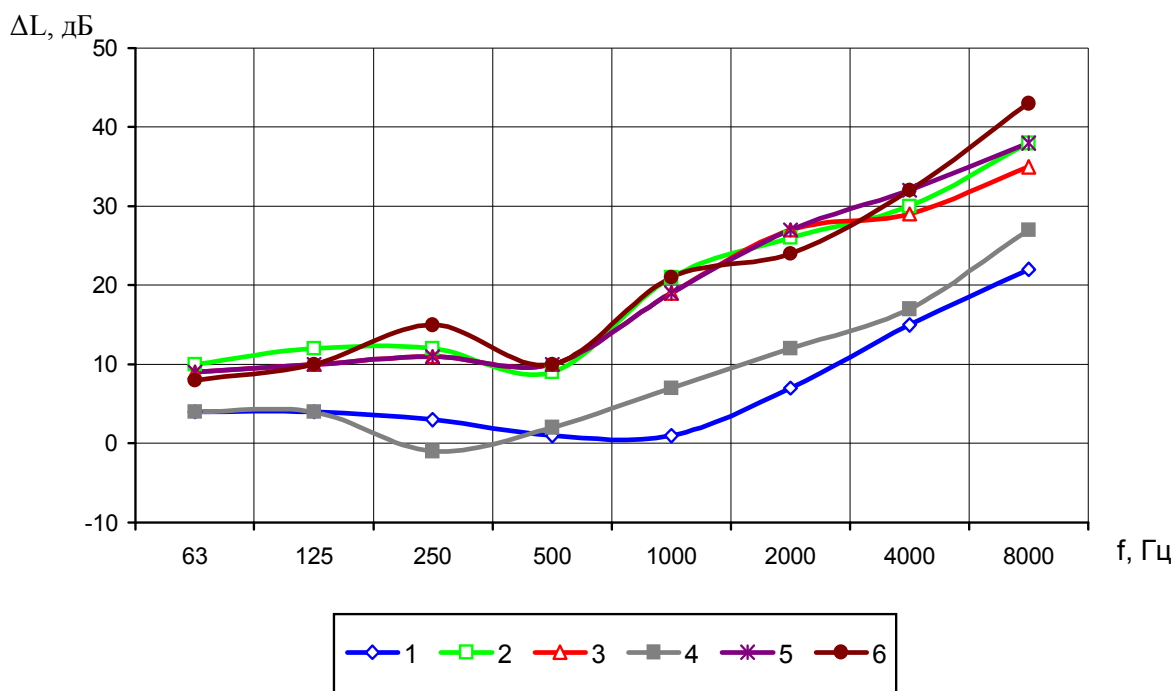
- вариант 1: K-FLEX IGO (19 мм);
- вариант 2: K-FLEX IGO (19 мм) + K-FONIK ST GK 072 (12 мм)  
+ K-FONIK ST GK 072 (12 мм) + IN CLAD;
- вариант 3: K-FONIK ST GK 072 (12 мм) + K-FONIK ST GK 072 (12 мм)  
+ IN CLAD;
- вариант 4: K-FONIK 240 (25 мм);
- вариант 5: K-FONIK 240 (25 мм) + K-FONIK ST GK 072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

По результатам испытаний можно отметить в основном следующее:

1. За счет установки большинства вариантов покрытий уровни шума, излучаемые испытательной трубой, значительно снижаются, особенно в диапазоне высоких частот. Максимальное снижение шума достигается за счет установки четырех покрытий (варианты 2, 3, 5, 6). Минимальный акустический эффект, как ожидалось, получен от установки однослойных покрытий (варианты 1, 4).

2. Акустическая эффективность (эффект установки) покрытий в диапазоне низких частот (до 500 Гц) составляет 9-12 дБ. С ростом частоты она существенно повышается и достигает 38-43 дБ на среднегео-

метрических частотах октавных полос 4000, 8000 Гц (рис. 6). Сравнение показало: эффекты установки покрытий из указанных материалов выше, чем у ряда других, например, покрытий из вспененных и волокнистых материалов (на 15-28 дБ) и даже покрытий на базе пеностекла (на 8-16 дБ) в диапазоне высоких частот (1000 - 8000 Гц). Дополнительным преимуществом данных покрытий является их относительно небольшая толщина и более простая технология установки (нанесения и закрепления) на трубы.



**Рис. 6 – Эффективность покрытий на базе материалов типа К- FONIK**  
 1 – вариант 1; 2 – вариант 2; 3 – вариант 3; 4 - вариант 4; 5 - вариант 5; 6 - вариант 6.

3. Оценка показала, что акустическая эффективность покрытий из материалов типа К-FONIK соответствует классам звукоизоляции А и В (по ГОСТ [13]) и они могут быть рекомендованы для применения, когда требуется существенное снижение шума, излучаемого в окружающее пространство трубопроводами различных инженерных систем, эксплуатируемых в зданиях и за их пределами.

По поводу упомянутых классов звукоизоляции есть некоторые сомнения. Указанный класс, которому соответствует покрытие, ни о чем не говорит, информативность этого показателя весьма низкая. Другое дело, представленные акустические характеристики. Они могут быть использованы при выборе наиболее эффективных покрытий, но главное их назначение - для определения исходных данных в акустических расчетах. основополагающий документ в области защиты от шума [7], действующий в стране, устанавливает обязательность таких расчетов и необходимость для оценки шумового воздействия источников (труб) на окружающую среду. По результатам расчетов определяется величина тре-

буемого снижения шума трубопровода в зоне его воздействия, а по нему подбирается оптимальное покрытие с точки зрения акустики и экономики. Другими словами, из имеющихся вариантов выбирается покрытие, удовлетворяющее указанному требованию без запаса по эффективности.

### *Литература*

1. Гусев В.П. Средства снижения воздушного и структурного шума систем вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения // АВОК, № 4 – 2005 – с. 86-92.
2. Гусев В.П. Из опыта борьбы с шумом оборудования инженерных систем // АВОК – 2012, № 2 - с. 38-42, №3 - с. 38-43.
3. Гусев В.П. Акустический расчет как основа для проектирования малозумной системы вентиляции (кондиционирования) // АВОК, №6 – 2006 – с. 60-66.
4. Гусев В.П. Повышение точности акустических расчетов инженерных систем // АВОК, №3 – 2011 – с. 64-68.
5. Стандарт НИИСФ РААСН СТО 02495359-6.001-2011 Расчет и проектирование шумоглушения систем вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения и воздушного отопления. – 2011 – 65 с.
6. Свод правил СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» - 2004 -35с.
7. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» (СП 51.13330.2011) – 2011 – 40 с.
8. Материалы ООО «Акустические технологии». Звукоизоляция в жилых зданиях. Проблемы и пути решения. - 2010 – 34с.
9. Снижение шума в зданиях и жилых районах // Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина, М.: Стройиздат - 1987 – 362 с.
10. Гусев В.П., Лешко М.Ю. Пластинчатые глушители шума вентиляционных установок (Акустические и аэродинамические характеристики) // АВОК, №8 - 2006 – с.34-38.
11. Гусев В.П., Лешко М.Ю. Генерация аэродинамического шума в элементах систем вентиляции.// АВОК, № 3 - 2006 – с. 70-74.
12. Гусев В.П., Лешко М.Ю. Опыт оценки эффективности средств защиты от шума канальных и центробежных вентиляторов. // АВОК. 2007. № 2. с. 50-54.
13. Гусев В.П., Лешко М.Ю. К вопросу об аэроакустических испытаниях вентоборудования // АВОК. 2002. № 2. с. 75.
14. ГОСТ Р ИСО 15665-2007 Шум. Руководство по акустической изоляции труб и арматуры трубопроводов.

*Ключевые слова: воздушный шум, изоляция воздушного шума, конструкции ограждений венткамер, звукоизолирующие покрытия, эффект установки покрытий на металлические воздуховоды*

*Key words: air noise, airborne noise insulation, construction fenced-mation ventilation chamber, insulating coatings, coatings on the effect of setting metallic ducts*