

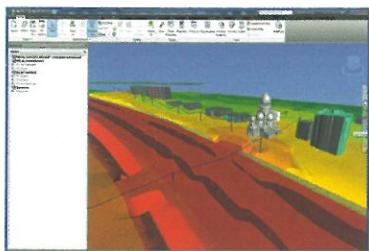
БСТ

2016

Журнал
издается
с 1944 года

6

Ежемесячное издание материалов
по техническому регулированию в строительстве



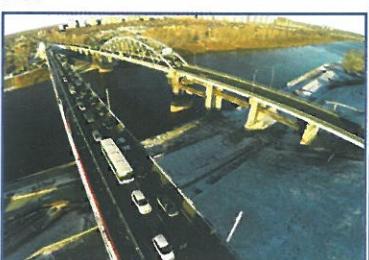
с. 21.



с. 29.



с. 57.



с. 73.



Георгий Львович Осипов
(07.07.1929 г. – 21.12.2008 г.)

МОСКВА,
5-8 ИЮЛЯ
2016 г. ➔

ISSN 0007-7690

Международная научная конференция
VII Академические чтения, посвященные
памяти академика РААСН Осипова Г.Л.,
«ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ»

УДК 628. 517.2

Защита от воздушного шума вентиляционного оборудования кожухами и звукоизолирующими покрытиями

В.П. Гусев, докт. техн. наук;

М.Ю. Лешко, инженер;

А.В. Сидорина, инженер

Научно-исследовательский институт строительной физики
РААСН (127238, Москва, Локомотивный проезд, 21)

Аннотация. Вентиляторы, фэнкоулы, фасонные элементы, транзитные воздуховоды, технологические трубы относятся к числу основных источников шума систем вентиляции и кондиционирования воздуха (с системами холодоснабжения), негативно воздействующих на окружающую человека среду (на места его работы, проживания и отдыха). В статье рассмотрены общие характеристики, используемые при проектировании звукоизолирующих кожухов и покрытий, пригодных для оптимальной защиты от шума указанных и других источников, аналитическая оценка их акустических возможностей. Кроме того, представлены методика и результаты испытаний созданного конструктивно простого и эффективного кожуха на аналог источника широкополосного шума и ряда вариантов покрытий из эластомерных материалов на круглые воздуховоды.

Ключевые слова: элементы систем вентиляции и кондиционирования воздуха, звукоизолирующие кожухи и покрытия, эластомерные материалы.

Protection against air noise of ventilating inventory casings and the soundproofing coverings

V.P. Gusev, Doct.Tech.Sci;
M.Yu. Leshko, engineer;
A.V. Sidorina, engineer

Research institute of structural physics of RAASN (127238, Moscow, Lokomotivny Drive, 21)

Abstract. Fans, fenkoyla, shaped elements, transit air ducts, technological pipes are among the main sources of noise of the systems of ventilation and air conditioning (with systems of cold supply) which has a negative impact on the environment (on places of his work, accommodation and rest). In article the general characteristics used at design of the soundproofing casings and coverings suitable for optimum protection against noise of the specified and other sources, an analytical assessment of their acoustic opportunities are considered. Besides, the technique and results of tests of the created structurally simple and effective casing for analog of a source of broadband noise and a number of options of coverings from elastomeric materials on round air ducts are presented.

Key words: the elements of systems of ventilation and air conditioning soundproofing casings and coverings, elastomeric materials.

В процессе многолетней практической деятельности, связанной с обеспечением нормативных акустических условий в зданиях различного назначения с вентиляционным оборудованием (ВО), нами успешно использовался отечественный и зарубежный опыт изоляции воздушного шума, излучаемого в окружающее пространство разнообразными машинами и агрегатами, посредством кожухов. В конкретных случаях проектирование звукоизолирующих кожухов осуществлялось с учетом особенностей названных источников шума на основании известных общих положений, требований и рекомендаций, наиболее важные из которых заключаются в следующем.

Исходными данными для проектирования кожуха являются, прежде всего, качественная и количественная характеристики (шумовая характеристика) источника шума, на который этот кожух устанавливается, а также величина зависимого от частоты требуемого снижения этого шума, которое определяется на основе результатов акустического расчета или измерений [1].

Конструктивные параметры кожуха и его акустическая эффективность зависят от звукоизолирующей способности его стенок, а также размеров кожуха и источника шума, наличия звукопоглощающей облицовки внутренних поверхностей, способа его установки.

Если для кожуха использован материал с небольшим коэффициентом потерь, то из-за резонансного характера зависимости звукоизоляции от частоты на резонансных часто-

тах возможно не снижение, а увеличение уровней шума от изолируемого источника. Поскольку увеличить коэффициент потерь весьма сложно в низкочастотном диапазоне, проблема решается за счет использования кожухов со стенками сферической или цилиндрической формы, обладающих большой жесткостью и позволяющих повысить звукоизоляцию на низких частотах из-за смещения резонансных частот в среднечастотную область, где достаточно высокая эффективность виброремпифицирующих покрытий. В сочетании со звукопоглощающей облицовкой внутренних поверхностей кожуха сферическая и цилиндрическая форма кожуха позволяет получить эффект звукоизоляции, соответствующий «закону масс» на высоких частотах, и значительно больший на средних и низких частотах.

Если для наружной обшивки используется металлический лист, то обязательно применение виброремпифицирующего слоя, толщина которого должна быть значительно больше толщины стенки обшивки. В относительно легких конструкциях кожуха нанесение виброремпифицирующего покрытия не обязательно, если это не связано с необходимостью дополнительного увеличения поверхностной плотности обшивки. В этом случае функцию звукопоглощения может выполнить звукопоглощающий материал внутренней облицовки кожуха, прочно соединенный (склеенный) с обшивкой.

Виброремпифицирующий слой, располагаемый непосредственно на металлической обшивке, не только препятствует

УДК 628.517.2

Защита от воздушного шума вентиляционного оборудования кожухами и звукоизолирующими покрытиями

В.П. Гусев, докт. техн. наук;

М.Ю. Лешко, инженер;

А.В. Сидорина, инженер

Научно-исследовательский институт строительной физики
РААСН (127238, Москва, Локомотивный проезд, 21)

Аннотация. Вентиляторы, фэнкойлы, фасонные элементы, транзитные воздуховоды, технологические трубы относятся к числу основных источников шума систем вентиляции и кондиционирования воздуха (с системами холодоснабжения), негативно воздействующих на окружающую человека среду (на места его работы, проживания и отдыха). В статье рассмотрены общие характеристики, используемые при проектировании звукоизолирующих кожухов и покрытий, пригодных для оптимальной защиты от шума указанных и других источников, аналитическая оценка их акустических возможностей. Кроме того, представлены методика и результаты испытаний созданного конструктивно простого и эффективного кожуха на аналог источника широкополосного шума и ряда вариантов покрытий из эластомерных материалов на круглых воздуховодах.

Ключевые слова: элементы систем вентиляции и кондиционирования воздуха, звукоизолирующие кожухи и покрытия, эластомерные материалы.

Protection against air noise of ventilating inventory casings and the soundproofing coverings

V.P. Gusev, Doct.Tech.Sci;
M.Yu. Leshko, engineer;
A.V. Sidorina, engineer

Research institute of structural physics of RAASN (127238, Moscow, Lokomotivny Drive, 21)

Abstract. Fans, fenkoila, shaped elements, transit air ducts, technological pipes are among the main sources of noise of the systems of ventilation and air conditioning (with systems of cold supply) which has a negative impact on the environment (on places of his work, accommodation and rest). In article the general characteristics used at design of the soundproofing casings and coverings suitable for optimum protection against noise of the specified and other sources, an analytical assessment of their acoustic opportunities are considered. Besides, the technique and results of tests of the created structurally simple and effective casing for analog of a source of broadband noise and a number of options of coverings from elastomeric materials on round air ducts are presented.

Key words: the elements of systems of ventilation and air conditioning soundproofing casings and coverings, elastomeric materials.

В процессе многолетней практической деятельности, связанной с обеспечением нормативных акустических условий в зданиях различного назначения с вентиляционным оборудованием (ВО), нами успешно использовался отечественный и зарубежный опыт изоляции воздушного шума, излучаемого в окружающее пространство разнообразными машинами и агрегатами, посредством кожухов. В конкретных случаях проектирование звукоизолирующих кожухов осуществлялось с учетом особенностей названных источников шума на основании известных общих положений, требований и рекомендаций, наиболее важные из которых заключаются в следующем.

Исходными данными для проектирования кожуха являются, прежде всего, качественная и количественная характеристики (шумовая характеристика) источника шума, на который этот кожух устанавливается, а также величина зависимого от частоты требуемого снижения этого шума, которое определяется на основе результатов акустического расчета или измерений [1].

Конструктивные параметры кожуха и его акустическая эффективность зависят от звукоизолирующей способности его стенок, а также размеров кожуха и источника шума, наличия звукопоглощающей облицовки внутренних поверхностей, способа его установки.

Если для наружной обшивки используется металлический лист, то обязательно применение вибродемпфирующего слоя, толщина которого должна быть значительно больше толщины стенки обшивки. В относительно легких конструкциях кожуха нанесение вибродемпфирующего покрытия не обязательно, если это не связано с необходимостью дополнительного увеличения поверхностной плотности обшивки. В этом случае функцию вибропоглощения может выполнить звукопоглощающий материал внутренней облицовки кожуха, прочно соединенный (склеенный) с обшивкой.

Вибродемпфирующий слой, располагаемый непосредственно на металлической обшивке, не только препятствует

возможности снижение, а увеличение уровней шума от изолируемого источника. Поскольку увеличить коэффициент потерь весьма сложно в низкочастотном диапазоне, проблема решается за счет использования кожухов со стенками сферической или цилиндрической формы, обладающих большой жесткостью и позволяющих повысить звукоизоляцию на низких частотах из-за смещения резонансных частот в среднечастотную область, где достаточно высокая эффективность вибродемпфирующих покрытий. В сочетании со звукопоглощающей облицовкой внутренних поверхностей кожуха сферическая и цилиндрическая форма кожуха позволяет получить эффект звукоизоляции, соответствующий «закону масс» на высоких частотах, и значительно больший на средних и низких частотах.

Если для наружной обшивки используется металлический лист, то обязательно применение вибродемпфирующего слоя, толщина которого должна быть значительно больше толщины стенки обшивки. В относительно легких конструкциях кожуха нанесение вибродемпфирующего покрытия не обязательно, если это не связано с необходимостью дополнительного увеличения поверхностной плотности обшивки. В этом случае функцию вибропоглощения может выполнить звукопоглощающий материал внутренней облицовки кожуха, прочно соединенный (склеенный) с обшивкой.

Вибродемпфирующий слой, расположенный непосредственно на металлической обшивке, не только препятствует

возникновению резонансных колебаний ее частей, но и повышает звукоизоляцию кожуха. В области средних частот эффект нанесения вибродемпфирующего слоя эквивалентен увеличению динамической жесткости оболочки, т.е. расширению области превышения звукоизоляции над «законом масс», характерным для низких частот. В области высоких частот вибродемпфирующее покрытие увеличивает потери энергии колебаний оболочки и приводит к повышению звукоизоляции, приближая ее к значениям, характерным для «закона масс» и не зависящим от формы кожуха.

Для обеспечения требуемой величины звукоизоляции конструкция стенки кожуха должна быть выбрана на основе предварительного расчета. Частотную характеристику изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией можно представить формулой:

$$R_{\text{тр. кож}} = R_1 + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 + \Delta R_4, \quad (1)$$

где R_1 – собственная звукоизоляция тонкой пластины (стенки) кожуха, дБ;

ΔR_1 – влияние ребер жесткости (стыковых соединений) пластин, дБ;

ΔR_2 – увеличение звукоизоляции при применении демпфирующего покрытия пластин, дБ;

ΔR_3 – увеличение звукоизоляции за счет внутренней звукопоглощающей облицовки, дБ;

ΔR_4 – влияние технологических отверстий, дБ.

Для выбора материалов для кожуха пригодны графоаналитические методы (см. СП 23-103-2003 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий), основанные на теоретических закономерностях зависимости звукоизоляции плоских бесконечных преград от поверхностной плотности (массы единицы площади), динамического модуля упругости, коэффициента потерь, откорректированные по результатам экспериментальных исследований большого числа кожухов.

Для приближенной оценки требуемой эффективности герметичного звукоизолирующего кожуха на любое оборудование, расположенное в помещении, могут быть использованы известные из справочных источников формулы:

$$\Delta L_{\text{эфф.тр}} = L_w - 10 \lg S - L_{\text{дон}} + 5 \quad (2)$$

или

$$\Delta L_{\text{эфф.тр}} = L - L_{\text{дон}} + 5, \quad (3)$$

где L_w – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник шума и проходящей через расчетную точку, м²;

L – октавный уровень звукового давления в расчетной точке, дБ;

$L_{\text{дон}}$ – допустимый по нормам уровень звукового давления в расчетной точке, дБ.

Приведенные формулы основаны на предположении о наличии диффузного звукового поля под кожухом и в помещении и не позволяют достаточно точно рассчитывать звукоизоляцию в низкочастотном диапазоне, где существенное влияние имеет величина жесткости стенок кожуха.

Традиционные конструкции звукоизолирующих кожухов, которые до сих пор находят применение, состоят из внешней обшивки из металла, пластика с нанесенной на нее снаружи вибропоглощающей мастикой для повышения коэффициента потерь и снижения влияния собственных частот обшивки на звукоизолирующие свойства. Внутренние поверхности обшивки, отстоящие от поверхности источника шума на некотором расстоянии, имеют слой волокнистого звукопоглощающего материала (плит минеральной ваты толщиной 40–100 мм, плотность 60–80 кг/м³) с защитным покрытием из стеклоткани и перфорированного металлического листа. За счет установки таких кожухов со стенками, как правило, прямогоугольной формы

может быть достигнуто значительное снижение шума в широком диапазоне частот. Однако они часто имеют ограничения по габаритам (занимаемому объему), а для их изготовления требуются несущие конструкции (каркасы чаще из металлических профилей), на которых закрепляются указанные материалы.

В связи с этим, представляют интерес бескаркасные кожухи из соответствующих материалов. Представляем такой кожух, изготовленный (склеенный) в виде параллелепипеда из панелей типа ТЕРМОАКУСТИК. Это экструдированный пенополистирол, армированный полимерной сеткой на цементно-полимерном связующем. Толщина стенки 30 мм, плотность материала 35–40 кг/м³. При необходимости на внутренние поверхности может быть установлена (наклеена) звукопоглощающая облицовка (ЗПО), например, из эластомерного материала с развитой поверхностью: K-FONIK ST B.

Акустические испытания этого кожуха выполнены в лабораторных условиях на шуме образцового источника шума (ОИШ) типа LOOK-LINE D 301. В реверберационной камере (РК) сначала измерялись уровни звукового давления (УЗД), создаваемые открытым ОИШ, затем укрытым кожухом с внутренней ЗПО и без нее. Результаты измерений представлены на рис. 1.

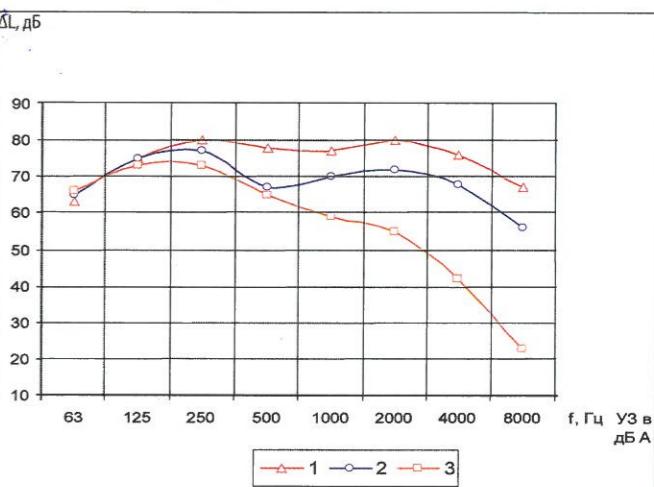


Рис. 1. Уровни звукового давления, создаваемые источниками в РК (№44924209 в рисунках):
1 – ОИШ (открытый); 2 – ОИШ с кожухом без ЗПО;
3 – ОИШ с кожухом с ЗПО

Как следовало ожидать, в низкочастотном диапазоне (в октавах со среднегеометрическими частотами 63 и 125 Гц) влияние кожуха на шум, излучаемый источником в окружающее пространство, практически отсутствует. Приведенные данные позволяют судить об эффекте установки двух вариантов кожуха (разности УЗД, создаваемых ОИШ с кожухом и без него).

Видно, что без внутренней звукопоглощающей облицовки эффективность кожуха низкая во всем диапазоне измеряемых частот и особенно до частоты 250 Гц. Такой кожух можно использовать при требуемом снижении уровня шума ВО не более, чем на 10 дБ. За счет установки внутренней ЗПО эффективность кожуха существенно возрастает (на 6–10 дБ на октаву).

Разновидностью кожухов являются звукоизолирующие покрытия. Они устанавливаются непосредственно на излучающие шум поверхности ВО. По акустическим возможностям покрытия могут не отличаться от кожухов, но имеют существенные конструктивные отличия.

Физическую модель обобщенной системы «труба с покрытием», рассмотренную в работе [3], иллюстрирует рис. 2. Как видно, это многослойная конструкция, включающая шумную полость трубы, ее стенку (оболочку), полость между трубой и обшивкой, саму обшивку и окружающее пространство.

Звуковая энергия, распространяющаяся внутри трубы (в области 0), проникает через ее тонкую стенку 1 в область 2, которая может быть заполнена звукопоглощающим материалом (ЗПМ), где она, многократно отражаясь, частично затухает. Другая ее часть проникает через тонкую стенку обшивки 3 в окружающее пространство 4. Звукоизолирующая способность конструкции зависит от суммарного снижения уровня шума в каждом ее элементе, точнее от суммарного коэффициента потерь, который определяется в основном коэффициентом потерь материала, размещенного в области 2, как правило, ЗПМ.

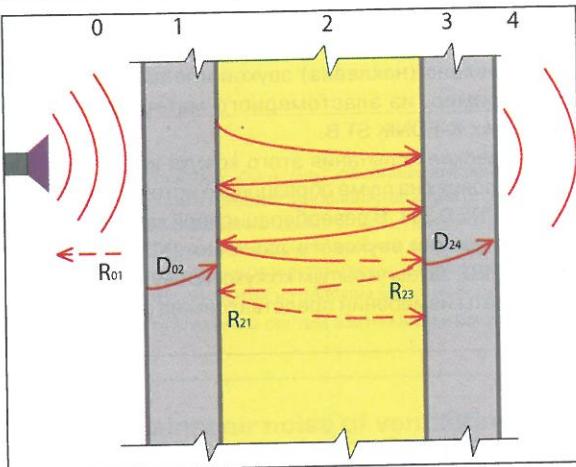


Рис. 2. Схема системы «труба с покрытием»:
1 – оболочка; 2 – звукопоглощающий материал;
3 – звукоизолирующий материал

Эта схема реализована при проектировании однослойных, многослойных звукоизолирующих покрытий с использованием различных волокнистых, эластомерных материалов и пеностекла [2, 3, 4, 5].

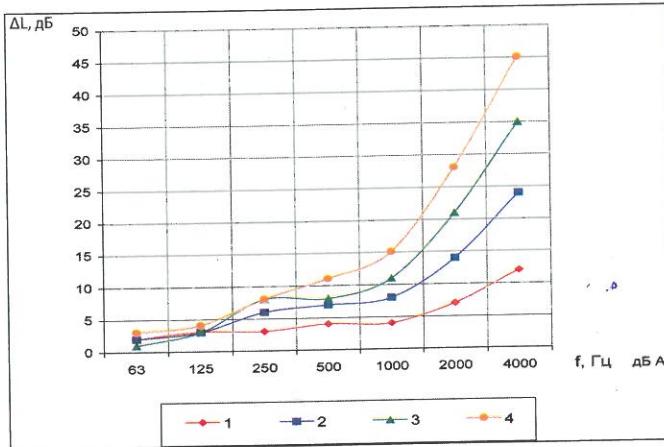


Рис. 3. Эффект установки на трубу покрытий из материала K-FLEX ST (№44924210 в рисунках):
1 – один слой ST; 2 – два слоя ST; 3 – три слоя ST; 4 – четыре слоя ST

В текущем году нами проведены очередные обширные испытания и определены акустические характеристики комбинированных покрытий из материалов K-FLEX ST толщиной 25 мм плотностью 45 кг/м³ и K-FONIK GK толщиной 2 мм плотностью 2000 кг/м³ на трубу диаметром 400 мм. По полученным экспериментальным данным отметим следующее.

При установке на трубу покрытий из материала K-FLEX ST плотностью 45 кг/м³ их звукоизолирующая способность в диапазоне 160–4000 Гц возрастает пропорционально количеству слоев, толщина каждого из которых равна 25 мм. Повышение звукоизолирующей способности существенно зависит от часто-

ты. Это хорошо видно на рис. 3, где сравниваются эффективности покрытий в октавных полосах частот.

Нанесение на покрытие из трех слоев материала K-FLEX ST плотного материала K-FONIK GK толщиной 2 мм не сопровождается существенным увеличением эффективности. Она значительно повышается, когда на два слоя K-FLEX ST наносится даже один слой K-FONIK GK. Нанесение третьего слоя этого материала мало влияет на звукоизолирующую способность покрытия, т.е. практически бесполезно. При сравнении эффективностей пяти вариантов звукоизолирующих покрытий в пределах нормируемого диапазона видно, что в полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц, куда попадает частота волнового совпадения, в сравниваемых спектрах имеется провал – снижение звукоизолирующей способности (рис. 4).

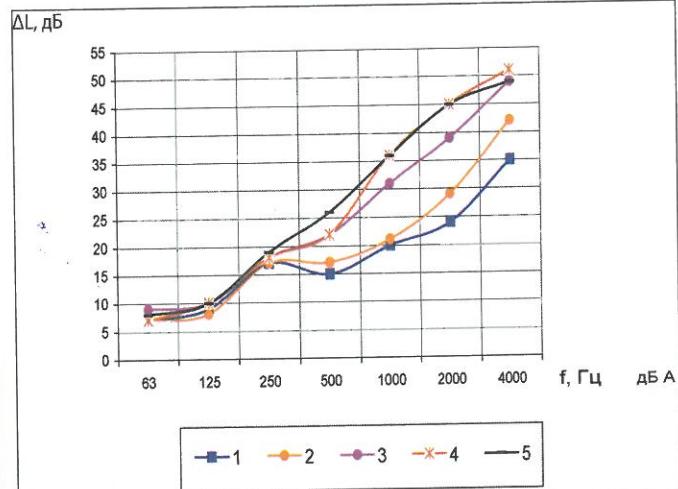


Рис. 4. Эффективность комбинированных покрытий (№44924211 в рисунках):
1 – слой ST + слой GK; 2 – слой ST + слой GK + слой ST; 3 – слой ST+ слой GK + слой ST + слой GK + слой ST;
4 – слой ST+ слой GK + слой ST + слой GK + слой ST; 5 – слой ST+ слой GK + слой ST + слой GK + слой ST

Результаты испытаний дают основание рекомендовать данные покрытия для проектирования оптимальной с точки зрения акустики и экономики защиты от шума воздуховодов систем вентиляции и технологических труб систем холодоснабжения в помещениях зданий различного назначения и в рекреационных зонах.

Литература.

1. Гусев В.П., Леденев В.И., Лешко М.Ю. Расчет и проектирование шумоглушения систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления // Справочное пособие под редакцией И.Л. Шубина. М.: НИИСФ РААСН, ISBN 978-5-902630-14-22013. – 80 с.

2. Гусев В.П., Сидорина А.В. Акустические характеристики покрытий на воздуховоды и технологические трубы // Строительные материалы. 2015. №6. С. 35–39.

3. Гусев В.П., Сидорина А.В Расчет и проектирование защиты от шума транзитных воздуховодов систем ОВК // АВОК, 2013. №2. С. 94–100.

4. Гусев В.П., Сидорина А.В Изоляция шума воздуховодов систем вентиляции покрытиями с использованием эластомерных и волокнистых материалов // Строительные материалы, 2013. №6. С. 37–39.

5. Гусев В.П., Лешко М.Ю., Сидорина А.В. Защита от воздушного шума элементов систем вентиляции и кондиционирования воздуха // Труды конференции – IV академических чтений «Актуальные вопросы строительной физики: энергосбережение, надежность, экологическая безопасность», посвященных памяти Г.Л. Осипова. М. МГСУ, 3–5 июля, 2012 г.

Literature.

1. Gusev V.P., Ledenev V.I., Leshko M.Yu. Calculation and projection of noise suppression of systems of ventilation, air conditioning and air heating//Handbook under I.L. Choubin's edition. M.: NISF RAASN, ISBN 978-5-902630-14-22013. – 80 p.

2. Gusev V.P., Sidorina A.V. Acoustic characteristics of coverings on air ducts and technological pipes//Structural materials. 2015. No. 6. Pp. 35–39.

3. Gusev V.P., Sidorina A.V Calculation and projection of protection against noise of transit air ducts of the OVK//AVOK systems, 2013. No. 2. Pp. 94–100.

4. Gusev V.P., Sidorina A.V Isolation of noise of air ducts of systems of ventilation by coverings with use elastomeric and fibrofoids//Structural materials, 2013. No. 6. Pp. 37–39.

5. Gusev V.P., Leshko M.Yu., Sidorina A.V. Protection against air noise of elements of systems of ventilation and air conditioning//conference Works – the IV academic readings «Topical issues of structural physics: energy saving, reliability, ecological safety», devoted to G. L. Osipov's memory. MGSM, on July 3–5, 2012.