

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
ОТ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ОВК
В АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЯХ
ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**DESIGNING OPTIMAL PROTECTION
AGAINST NOISE EXPOSURE OVK SYSTEMS
IN OFFICE BUILDINGS OF THE TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY**

В.П. ГУСЕВ, В.И. ЛЕДЕНЕВ

V.P. GUSEV, V.I. LEDENEV

(Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук,
Тамбовский государственный технический университет)
(Research Institute of Building Physics
of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences,
Tambov State Technical University)
E-mail: niisf@mail.ru; gsiad@mail.tambov.ru

Системы воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) в административных зданиях предприятий текстильной и легкой промышленности являются источниками повышенного шума. Его снижение связано со значительными материальными затратами. Поэтому при выборе и оценке шумозащитных мер с точки зрения акустики и экономики необходимо проведение многочисленных акустических расчетов. В статье рассматриваются существующие оценки уровней шума, распространяющегося от систем ОВК, и приводятся основанные на опыте рекомендации по ограничению его распространения в зданиях.

Air heating systems, ventilation and air conditioning (OVK) in commercial buildings enterprises of textile and light industry are a source of increased noise. It is associated with significant reduction in material costs. Therefore, in the selection and evaluation of anti-noise measures in terms of acoustics and the economy is necessary to conduct numerous acoustic calculations. This article discusses the existing estimates noise propagating from the OVK systems and are based on the experience of the recommendations to limit its spread in buildings.

Ключевые слова: системы ОВК, шумовое воздействие, акустический расчет, методы и средства снижения шума.

Keywords: OVK systems, noise impact, acoustic calculation methods and tools for noise reduction.

В связи с постоянным повышением требований к обеспечению санитарно-гигиенического режима в административных и административно-бытовых зданиях промышленных предприятий в них появляется все большее количество современных систем воздушного отопле-

ния, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК). Негативным последствием появления систем ОВК является возникающее при их работе зашумление рабочих помещений и помещений для отдыха работников. Имеющийся в НИИ строительной физики опыт по снижению

шума в указанных зданиях текстильной, легкой и обувной промышленности, а также на других подобных предприятиях, свидетельствует о сложности решения этой задачи. Как правило, при разработке шумозащитных мероприятий не учитываются условия возникновения шума в системах ОВК и его распространения в среде зданий и окружающем здании пространстве. Поэтому принимаемые шумозащитные меры, являясь весьма затратными, зачастую не обеспечивают требуемую акустическую эффективность.

Оптимальная защита от шума систем ОВК на проектируемых и реконструируемых объектах возможна только на основе достоверных акустических расчетов. По результатам расчетов прогнозируется акустическая ситуация, создаваемая системами ОВК, и определяется зависящее от частоты требуемое снижение шума их оборудования. Сведения о превышении уровней шума в зонах его воздействия над допустимыми значениями в октавных полосах частот служат исходными данными для проектирования эффективных средств снижения шума при минимально возможных материальных затратах [1].

Методика таких расчетов приведена в [2], устанавливающая последовательность действий, включая: выявление излучающих шум элементов систем; определение их шумовых характеристик; расчет уровней шума от систем на рабочих местах; определение требуемого снижения шума; выбор методов, состава и объема средств снижения шума. В нем содержатся требования к шуму, исходные данные и методические рекомендации по проектированию, а также расчетные формулы, отсутствующие в СНиП 23-03-2003 [3].

Расчетные формулы, приведенные в [2], пригодны для оценки звуковой энергии, распространяющейся в воздушных каналах систем ОВК с небольшими поперечными размерами. В крупногабаритных каналах применение этих формул ограничивается диапазоном низких частот. В связи с этим для области средних и высо-

ких частот предлагается использовать новый комбинированный метод расчета [4], основанный на принципах метода прослеживания звуковых лучей и численного статистического энергетического метода распространения шума в каналах.

Для расчета прямого звука, распространяющегося в окружающем пространстве от протяженных (линейных) источников шума конечной длины (например, цепочек холодильных машин, воздушных охладителей, крупных вентиляционных установок и др.), предлагается использовать расчетные модели, разработанные с учетом характера излучения звука источником [5]. Предложенные расчетные модели в каждом случае позволяют осуществлять расчеты шума с учетом конкретного взаимного расположения источника шума и расчетной точки, что не всегда позволяют делать другие существующие методы расчета.

С точки зрения борьбы с шумом шум элементов систем ОВК можно разделить на три вида: воздушный, аэродинамический и структурный. Воздушный шум распространяется непосредственно в окружающее источники пространство. Аэродинамический шум излучается в основном в воздуховоды и распространяется по ним в обслуживаемые системами помещения и в открытое пространство. Причиной структурного шума является механическая или аэродинамическая вибрация, передающаяся от оборудования на строительные конструкции здания. Снижение воздушного шума достигается за счет мер, основанных на методах звукоизоляции, звукопоглощения и экранирования, а структурного шума – на методах виброизоляции. Снижение аэродинамического шума в основном достигается за счет использования глушителей шума.

Меры и средства снижения воздушного шума зависят от величины его требуемого снижения, а также от места расположения шумного оборудования в помещениях или на наружных ограждениях зданий. На выбор решений могут влиять также условия эксплуатации оборудования и ряд других факторов.

Распространенным является случай, когда вентиляторы установлены в венткамере, а в смежных с ней помещениях уровни шума должны быть ограничены. Воздушный шум, излучаемый корпусами вентиляторов и стенками воздуховодов, распространяется в венткамеру, а затем через ее ограждения проникает в смежные, защищаемые от него помещения. В этих ситуациях шумовое воздействие можно снизить за счет установки кожухов на вентиляторы и воздуховоды, устройств звукопоглощения на ограждения венткамеры, повышения звукоизоляции ограждений камеры. Выбор варианта защиты зависит от требуемой акустической эффективности мер и его стоимости.

При решении таких задач нередко требуется осуществлять оперативную оценку фактической звуковой мощности вентиляционного оборудования, например, с целью оценки ее соответствия с паспортными данными и для определения причин повышенных уровней звуковой мощности установленного в венткамере оборудования. Для этой цели может использоваться инженерный метод расчета [6]. Суть его заключается в определении уровней звуковой мощности (УЗМ) на основе сравнения результатов расчетов уровней звукового давления методами, объективно оценивающими распределение отраженной звуковой энергии в помещениях с различными объемно-планировочными решениями при известных характеристиках звукопоглощения помещения, и экспериментальных данных об уровнях, полученных непосредственно в венткамерах при работе исследуемого оборудования.

Часто через помещения с жесткими по ограничению шума требованиями проходят транзитные воздуховоды, излучающие повышенный воздушный шум. В этих случаях эффективной мерой снижения шума является устройство кожухов или звукоизолирующих покрытий [7]. Используемые в практике однослойные и многослойные покрытия из эластомерных или волокнистых материалов существенно различаются по

стоимости и акустической эффективности. Поэтому их выбор проводится не только по требованиям шумозащиты, но и по экономическим требованиям. В наиболее сложных ситуациях могут использоваться акустически эффективные, но относительно дорогие покрытия на основе эластомерных материалов типа К-фоник или из пеностекла. Эластомерные материалы по сравнению с волокнистыми материалами имеют преимущество по акустическим показателям и при этом занимают существенно меньший объем. Последнее преимущество касается и покрытий на основе пеностекла [8].

Наружные блоки систем кондиционирования воздуха, охладители систем холодоснабжения, располагаясь на фасадах и кровле зданий, излучают воздушный шум на прилегающую застройку. Из-за конструктивных особенностей этого оборудования набор методов и средств, пригодных для снижения шума, весьма ограничен. Поэтому экранирование указанных агрегатов является практически единственным средством снижения шума. Необходимую защиту от шума обеспечивают акустические экраны, состоящие чаще всего из листовых материалов, облицованных со стороны источника звука слоем волокнистого звукопоглощающего материала с защитным покрытием. Акустическая эффективность экранов зависит от их размеров, расстояния между экраном и источником, от высоты расположения расчетной точки и расстояния от нее до экрана [3].

Снижение аэродинамического шума вентиляторов, воздухораспределительных и регулирующих поток устройств систем ОВК в зданиях и застройке обеспечивается абсорбционными глушителями. Глушители достаточно просты по конструкции и технологии изготовления. При правильном проектировании они не создают больших гидравлических потерь в сети, но обеспечивают существенное снижение звуковой энергии, распространяющейся в воздуховодах. Затухание звука в глушителях зависит от длины активной части, периметра проходного

сечения, а также от толщины слоя, плотности и коэффициента звукопоглощения материала (ЗПМ) глушителя. Недостатком глушителей, как и других средств снижения шума, является их невысокая акустическая эффективность на частотах менее 250...300 Гц [10].

Эффективность глушителей во многом зависит от их конструкций. Трубчатые глушители (круглые и прямоугольные) эффективны в воздуховодах с поперечными размерами до 500 мм. Увеличить снижение шума в воздуховодах с большими поперечными размерами можно путем равномерного распределения ЗПМ по их сечению. Этот принцип использован в пластинчатом глушителе. В прямоугольных воздуховодах с поперечными размерами до 800×500 мм часто применяют каналные глушители. По сути, это пластинчатый глушитель с одной пластиной. В работе [11] показано, что в диапазоне низких частот (в октавных полосах f_{cp} 63 и 125 Гц) эффективность трубчатого и канального глушителей практически не различается и не превышает 7...8 дБ. На частоте 250 Гц эффективность пластинчатого глушителя (толщина пластин 200 мм, расстояние между пластинами 200 мм) выше, чем у двух других, и достигает 12...13 дБ. Эффективность всех глушителей достигает максимума на частоте около 1000 Гц и с повышением частоты снижается.

Снижение структурного шума обеспечивается устройством виброизоляции в виде разнообразных упругих систем, размещаемых между строительными конструкциями и оборудованием. Конструкции систем зависят от сложности решаемых задач. Поскольку элементы систем ОВК являются источниками широкополосной вибрации, виброизоляция проектируется для широкого диапазона частот. Применяются одно-, двухзвенные, а в некоторых случаях и трехзвенные системы виброизоляции.

Снижение вибрации вентиляторов, входящих в состав вентиляционных уста-

новок, кондиционеров, воздушных охладителей, компрессоров холодильных машин, а также машин в целом, достигается с помощью пружинных, резиновых и комбинированных амортизаторов или виброизоляторов. Подбор и расчет виброизоляторов выполняется изготовителями оборудования. При этом определяются статический и динамический модули упругости виброизолирующего материала, расчетное статическое напряжение в нем, собственные частоты, рабочая высота, жесткость, количество виброизоляторов и допустимая нагрузка на каждый из них. Несмотря на принимаемые изготовителями меры, по разным причинам оборудование имеет достаточно большую остаточную вибрацию. Одна из них связана с тем, что на объектах количество размещаемого оборудования, как правило, большое. Оборудование устанавливается группами, в одном или нескольких помещениях, и различается по габаритам, массе, собственным частотам и другим характеристикам. При этом взаимодействие каждого агрегата с перекрытием усложняется, и его виброизоляторы не обеспечивают требуемое снижение вибрации. В таких случаях целесообразно использовать способ виброизоляции путем устройства пола на упругом основании ("плавающего пола"). За счет него частично снижается и усредняется взаимодействие разнообразных источников вибрации с перекрытием [12].

Эффект от установки "плавающего пола" достигается при выполнении ряда условий. Плита пола должна быть тщательно изолирована от стен, несущей плиты перекрытия и других конструкций здания. Наиболее важной характеристикой при проектировании "плавающего пола" является частота собственных колебаний f_0 пола. На частотах возбуждения f ниже $2f_0$ такой пол снижает минимально или вообще не снижает колебания. Необходимо добиваться того, чтобы для пола в области частот, в которой необходимо снижение колебаний перекрытия, выполнялось соотношение $2f_0 \leq f$. Это возможно за счет уменьшения динамического модуля упругости мате-

риала основания, увеличения толщины слоя этого материала и массы плиты пола. Максимальный эффект достигается при оптимальном соотношении параметров и учете влияния на частоту f_0 массы устанавливаемого на пол оборудования.

Важной задачей при проектировании "плавающих полов" является выбор материалов упругого слоя. Оптимальные с точки зрения обеспечения необходимой виброизоляции параметры и свойства имеют волокнистые материалы на основе стекловолокна (урса, изовер) и базальтовых пород (роквул, изотек), а также эластомерные материалы на основе пенополиэтилена и пенополипропилена (этафон, изолон, термофлекс и др.). Следует отметить, что распространенной ошибкой проектировщиков, приводящей к негативным последствиям, является использование в полах технических помещений в качестве упругого основания плотного экструдированного полистирола. Вибрационные характеристики этого эффективного теплоизолирующего материала практически исключают возможность его применения для виброизоляции. Данная ошибка проявляется преимущественно при введении в эксплуатацию оборудования после сдачи объекта. При этом выясняется, что вибрационные колебания перекрытий не только не снижаются, но и усиливаются при определенных условиях.

Исходя из многолетнего опыта борьбы с шумом, рекомендуется обратить внимание на следующее. В помещениях с жесткими акустическими требованиями, граничащими с техническими помещениями, нередко трудно или невозможно добиться требуемого снижения структурного шума без устройства в этих помещениях полов на упругом основании. На них следует устанавливать не только основное оборудование систем ОВК (вентиляционные установки, вентиляторы, циркуляционные насосы и др.), но и технологические трубопроводы, соединяющие элементы систем холодоснабжения, воздухопроводы, шумоглушители и др. Обязательной мерой является виброизоляция указанных тру-

бопроводов и воздухопроводов в местах их проходов через ограждения.

ВЫВОДЫ

1. Затраты, связанные с устранением воздушного, аэродинамического и структурного шума, могут быть оптимальными, если необходимые защитные меры планируются на стадии проектирования объекта. Тогда есть возможность правильно оценить акустическую ситуацию и выбрать наиболее эффективные меры и средства, а также скорректировать объемно-планировочные решения и учесть конструктивные особенности зданий. На действующем объекте такая возможность исключена, поэтому затраты на осуществление комплексного (системного) подхода, обеспечивающего устранение всех путей передачи шума в помещениях и вибрации на строительные конструкции, во много раз выше, чем на стадии проектирования.

2. При разработке мер должен учитываться тот факт, что при сохранении хотя бы одного из путей распространения вибрации на строительные конструкции и воздушного шума в помещениях, осуществление других мер и связанные с ними затраты оказываются напрасными, или во всяком случае, не приводят к ожидаемому результату. Актуальность таких рекомендаций сохраняется при защите всех составляющих шума систем ОВК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.П. Акустический расчет как основа для проектирования малозумной системы вентиляции (кондиционирования) // АВОК. – 2006, №6. С. 60...66.
2. Гусев В.П., Леденев В.И., Лешко М.Ю. Расчет и проектирование шумоглушения систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления // Справочное пособие к актуализированной редакции СНиП 23-03-2003. Защита от шума (СП 51.13330.2011) / Под ред. И.Л. Шубина. – М.: НИИСФ РААСН.
3. СП 51.13330.2011. Актуализированная редакция 23-03-2003. Защита от шума.
4. Гусев В.П., Жоголева О.А., Леденев В.И., Соломатин Е.О. Метод оценки распространения шума по воздушным каналам систем отопления,

вентиляции и кондиционирования // Жилищное строительство. – 2012, № 6. С. 52...55.

5. Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И., Соломатин Е.О. Расчет уровней прямого звука от линейных источников шума, располагающихся на промышленных предприятиях и в городской застройке // Волгоградский гос. архитектурн.-строит. ун-т. – 2013, № 31-1(50). С. 329...335.

6. Гусев В.П., Леденев В.И. Оценка звуковой мощности оборудования в вентиляционных камерах // АВОК. – 2009, №3. С. 32...39.

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

8. Гусев В.П., Сидорина А.В. Акустические характеристики покрытий на воздуховоды и технологические трубы // Строительные материалы. – 2015, №6. С. 39...42.

9. Гусев В.П., Леденев В.И., Шубин И.Л. Оптимальная защита окружающей среды от шумового воздействия оборудования систем ОВК // Биосферная совместимость – 2014, №3(7). С.26...32.

10. Гусев В.П., Лешко М.Ю. Пластинчатые глушители шума вентиляционных установок (акустические и аэродинамические характеристики) // АВОК. – 2006, №8. С.34...38.

11. Гусев В.П. Из опыта борьбы с шумом оборудования инженерных систем // АВОК. – 2012, №2. С.38...42.

12. Гусев В.П. Вибрация оборудования инженерных систем и способы защиты от нее // АВОК. – 2010, №5. С. 60...66.

REFERENCES

1. Gusev V.P. Akusticheskij raschet kak osnova dlja proektirovanija maloshumnoj sistemy ventiljacji (kondicionirovanija) // AVOK. – 2006, №6. S. 60...66.

2. Gusev V.P., Ledenev V.I., Leshko M.Ju. Raschet i proektirovanie shumoglushenija sistem ventiljacji, kondicionirovanija vozduha i vozdushnogo otopenija // Spravochnoe posobie k aktualizirovannoj

redakcii SNiP 23-03-2003. Zashhita ot shuma (SP 51.13330.2011) / Pod red. I.L. Shubina. – M.: NIISF RAASN.

3. SP 51.13330.2011. Aktualizirovannaja redakcija 23-03-2003. Zashhita ot shuma.

4. Gusev V.P., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I., Solomatin E.O. Metod ocenki rasprostraneniya shuma po vozdushnym kanalam sistem otopenija, ventiljacji i kondicionirovanija // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 6. S. 52...55.

5. Antonov A.I., Zhogoleva O.A., Ledenev V.I., Solomatin E.O. Raschet urovnej prjamoego zvuka ot linejnyh istochnikov shuma, raspolagajushhhsja na promyshlennyh predpriyatijah i v gorodskoj zastrojke // Volgogradskij gos. arhitektturn.-stroit. un-t. – 2013, № 31-1(50). S. 329...335.

6. Gusev V.P., Ledenev V.I. Ocenka zvukovoj moshhnosti oborudovanija v ventiljacionnyh kamerah // AVOK. – 2009, №3. S. 32...39.

7. Gusev V.P. Raschet i proektirovanie zashhity ot shuma tranzitnyh vozduhovodov sistem OVK // AVOK. – 2013, №2. S. 94...100.

8. Gusev V.P., Sidorina A.V. Akusticheskie harakteristiki pokrytij na vozduhovody i tehnologicheskie truby // Stroitel'nye materialy. – 2015, №6. S. 39...42.

9. Gusev V.P., Ledenev V.I., Shubin I.L. Optimal'naja zashhita okruzhajushhej sredy ot shumovogo vozdejstvija oborudovanija sistem OVK // Biosferная совместимость – 2014, №3(7). S.26...32.

10. Gusev V.P., Leshko M.Ju. Platinchatye glushiteli shuma ventiljacionnyh ustanovok (akusticheskie i aerodinamicheskie harakteristiki) // AVOK. – 2006, №8. S.34...38.

11. Gusev V.P. Iz opyta bor'by s shumom oborudovanija inzhenernyh sistem // AVOK. – 2012, №2. S.38...42.

12. Gusev V.P. Vibracija oborudovanija inzhenernyh sistem i sposoby zashhity ot nee // AVOK. – 2010, №5. S. 60...66.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН. Поступила 15.05.16.