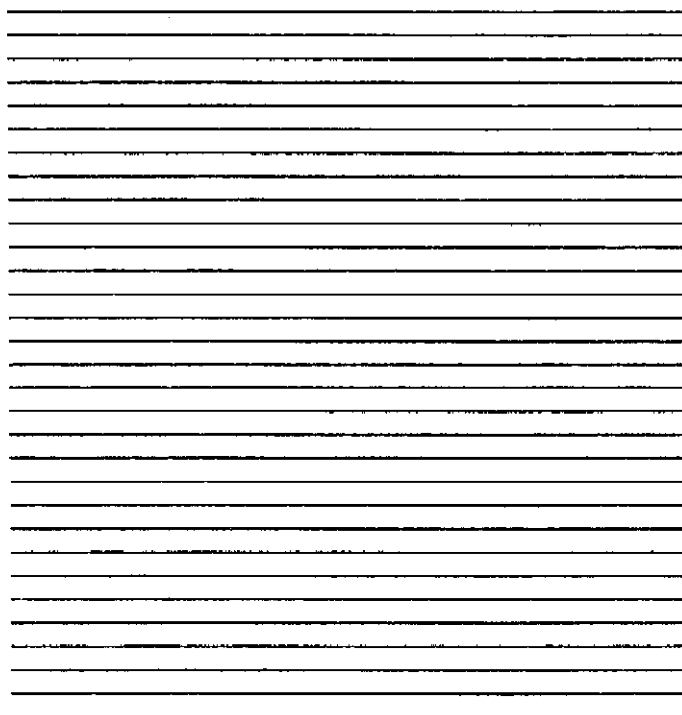


Федеральное агентство по образованию
Томский государственный
архитектурно-строительный университет

В Е С Т Н И К
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
У Н И В Е Р С И Т Е Т А

№1 (14) 2007
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с апреля 1999 г.



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Л.С. Ляхович (гл. редактор),
А.Н. Овсянников (зам. главного редактора),
Г.Г. Семухина (отв. секретарь редколлегии),
Г.Г. Волокитин, А.И. Гныря,
В.Н. Ефименко, С.А. Карауш,
В.И. Коренев, А.И. Кудяков, О.Г. Кумпяк,
А.П. Малиновский, О.И. Недавний,
С.Н. Овсянников, В.Е. Ольховатенко,
А.И. Полищук, О.В. Стахеев,
Н.А. Цветков, С.В. Ющубе

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ И ЧИТАТЕЛЕЙ

Журнал «Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета» (подписной индекс 20424) включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по строительству и архитектуре, утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации.

Бюллетень ВАК Минобразования и науки России № 1 2007 г.

Научное издание
ВЕСТНИК ТГАСУ № 1 - 2007
ISSN 1607-1859

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати
телерадиовещания и средств коммуникаций ПИ №77-9483 от 30 июля 2001 г.

Редактор Г.Г. Семухина, Т.С. Володина. Дизайн Е.И. Кардаш,
компьютерная верстка Н.В. Удлер.

Подписано в печать 28.03.2007. Формат 70x108/16. Гарнитура Тайме.
Офсетная печать. Уч.-изд. л. 21,03. Усл.-печ. л. 19,67. Тираж 500 экз.

Заказ № 96

Адрес редакции: 634003, Томск-3, пл. Соляная, 2, тел. 65-37-61
Отпечатано в ООП ТГАСУ, Томск-3, ул. Партизанская, 15

© Томский государственный архитектурно-
строительный университет, 2007

УДК 534.833.46:699.844.3

*С.Н. ОВСЯННИКОВ, докт. техн. наук, профессор,
А.С. САМОХВАЛОВ,
В.П. МЕЛЬНИК,
М.С. ОВСЯННИКОВ, студент ТГУ,
ТГАСУ, Томск*

ШУМОЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЗДАНИЙ НА ПРИМАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДОВ

В статье рассматриваются вопросы оценки акустического загрязнения примагистральных территорий городов при строительстве и реконструкции магистральных улиц, методы и средства обеспечения акустического комфорта в помещениях зданий, подверженных воздействию городского шума. Приведен ряд конструкций шумозащитных окон с воздухообменными элементами, разработанных и испытанных в лаборатории строительной физики Томского ГАСУ. Конструкции шумозащитных окон и воздухообменных клапанов запатентованы и обеспечивают снижение шума до 40 дБА в режиме вентиляции.

Резкий рост интенсивности транспортных потоков в крупных городах приводит к необходимости реконструкции существующих магистральных улиц и прокладке новых магистралей, зачастую через сложившуюся застройку. Это приводит к возникновению новых проблем: сильной загазованности, высоким уровням шума в помещениях зданий и на территории жилой застройки. К настоящему времени накоплен значительный объем жилищного фонда, находящегося в зоне акустического дискомфорта. Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» установлены допустимые уровни шума перед фасадами жилых домов первого фронта застройки $L_{Аэ\kappa\upsilon}^{\text{д}} = 55$ дБА – днем и не более $L_{Аэ\kappa\upsilon}^{\text{н}} = 45$ дБА – ночью, а в помещениях жилых зданий $L_{Аэ\kappa\upsilon, \text{пом}}^{\text{д}} = 40$ дБА – днем и $L_{Аэ\kappa\upsilon, \text{пом}}^{\text{н}} = 30$ дБА ночью. На территории и в помещениях зданий, размещенных вдоль магистральных улиц, пролегающих в сложившейся застройке, величина акустического дискомфорта (превышение допустимых уровней) достигает 30 дБА. При стандартных окнах жилищный фонд становится не пригодным для проживания, поскольку шум в помещениях намного превышает допустимые уровни, и нарушаются условия естественного воздухообмена. Повышение герметичности современных окон без устройства воздухообменных элементов не решает проблемы защиты от шума, но приводит к ухудшению микроклимата и деструктивному воздействию влаги на ограждающие конструкции.

В связи с этим реконструкция транспортной системы городов требует решения не только собственно транспортной задачи, но и задачи акустической защиты жилой застройки. Это решение следует искать путем предварительного анализа акустического режима примагистральных территорий, оценки существующих и прогнозных шумовых характеристик магистрали и акустического воздействия на здания первого фронта застройки, а также разработки

шумозащитных мероприятий, обеспечивающих нормативный акустический режим. В реальных условиях реконструкции магистральных улиц практически невозможно обеспечить допустимые уровни шума на примагистральной территории многоэтажной жилой застройки, поэтому основной акцент должен быть сделан на шумозащиту жилых помещений и сохранение жилищного фонда. При этом шумозащитные мероприятия могут составить весьма существенную долю в смете проекта реконструкции городской автомагистрали.

Акустический расчет территорий планируемых магистралей ещё на этапе проектирования позволяет минимизировать затраты на шумозащитные мероприятия. Известные методики акустического расчета территорий по СНиП II-12-77 «Защита от шума» и «Руководству по учету в проектах планировки застройки городов требований снижения уровней шума» предполагают графоаналитический расчет шумовой характеристики магистрали с построением карт шума. Современные компьютерные технологии позволяют использовать эффективные методики численного расчета шумового загрязнения городской застройки. Известен ряд программных продуктов, позволяющих оценить воздействие автодорог как источников шума. В их числе FHWA Traffic Noise Model, Brüel&Kjær 7810 Predictor, Canarina CUSTIC, программа «Эколог-шум» фирмы «Интеграл» и другие. Они предполагают численное моделирование процесса распространения шума, что является трудоемкой в вычислительном плане задачей. Альтернативой является подход, основанный на дискретизации исследуемой области и энергетическом суммировании шума в исследуемых точках с использованием GIS. Для некоторой выбранной точки на территории производится суммирование энергии от дискретных точечных источников. Автомагистраль является линейным источником шума и представляется как совокупность точечных источников. В расчете распространения энергии шума учитывается эффект затухания в зависимости от расстояния, а также дифракция и отражение звука, т.е. влияние источников, не находящихся в области прямой видимости. Принципиальная схема расчета представлена на рис. 1. Данный подход потенциально ведет к некоторому снижению точности вычислений из-за дискретизации. Однако этот недостаток компенсируется тем, что все расчеты можно проводить средствами самой GIS, и это позволяет совместить решение транспортной и планировочной задач с оценкой влияния шумового загрязнения.

В качестве примера расчета можно привести запроектированную в городе Томске двухуровневую развязку на пересечении ул. Пушкина и пр. Комсомольского. На рис. 2 представлена прогнозная шумовая карта. В числителе и знаменателе даны соответственно дневные и ночные шумовые характеристики участков магистралей и уровни шума перед фасадами зданий.

Перспективная суточная интенсивность движения по данной развязке превышает 100 тыс. автомобилей, а дневная интенсивность движения на отдельных участках в часы пик достигает 5 тыс. авт./ч. При такой транспортной нагрузке шумовая характеристика магистрали достигает 81 дБА, и, как видно на карте, ряд многоквартирных 5–9-этажных жилых домов при расстоянии 20–25 м от проезжей части имеют уровни шума у фасадов, обращенных на магистраль, от 67 до 76 дБА.

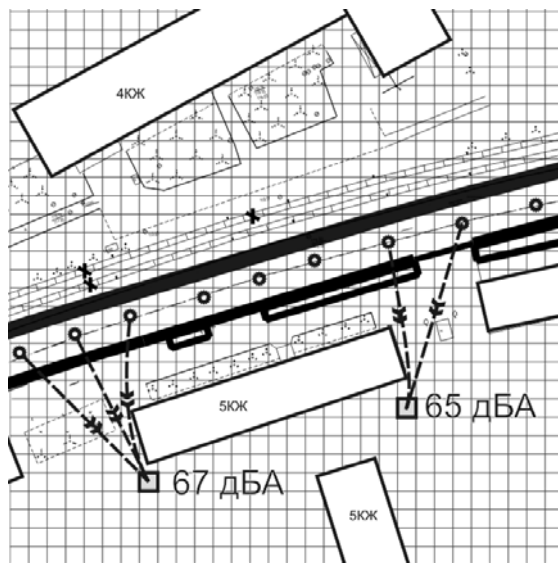


Рис. 1. Схема численного расчета уровней шума

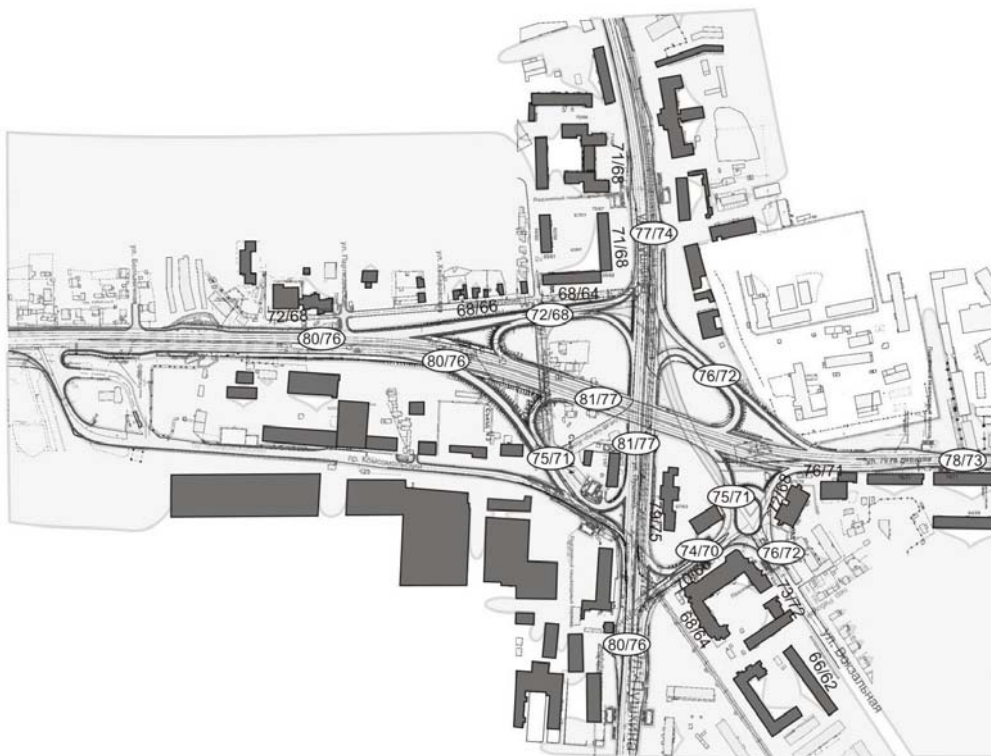


Рис. 2. Карта шума транспортной развязки в г. Томске на пересечении ул. Пушкина и пр. Комсомольского

Использование примагистральных шумозащитных экранов возможно только для защиты от шума малоэтажной застройки и неэффективно для плотной многоэтажной застройки. В сложившейся многоэтажной городской застройке наиболее эффективным способом обеспечения санитарных нормативов по шуму в помещениях зданий является устройство шумозащитных окон, обеспечивающих нормативный воздухообмен и требуемую звукоизоляцию в режиме вентиляции. В Справочнике проектировщика «Защита от шума в градостроительстве» [1] представлен целый ряд шумозащитных вентиляционных окон со звукоизоляцией $R_{Атпан}$ в режиме вентиляции от 18 до 26 дБА и в полностью закрытом состоянии – до 29 дБА. В последние годы широко рекламируются щелевые вентиляционные клапаны типа ВШК А-80 (Россия), Аегесо (Франция), различные вентиляционные планки и каналы фирм Veka, Gealan, КВЕ [2]. Однако в сибирском климате данные конструкции не могут функционировать в зимнее время вследствие обмерзания.

В большей мере для естественной вентиляции помещений и обеспечения шумозащиты подходит канальный клапан КИВ ЗАО «Инженерное оборудование», однако его устройство требует бурения в стене круглого канала диаметром 133 мм, а сам клапан не обеспечивает требуемого воздухообмена в помещении без принуждения.

Для обеспечения нормального акустического режима в жилых помещениях зданий в режиме вентиляции возможны следующие мероприятия: установка накладных светопрозрачных экранов на существующие окна, применение специальных шумозащитных окон с воздухообменным клапаном или использование стандартных окон с усиленными стеклопакетами в сочетании с клапанами, установленными в откосах оконных проемов.

Вариантом усиления звукоизоляции существующих окон является установка накладного оконного шумозащитного экрана (НОШЭ), разработанного и испытанного в Томском ГАСУ. Накладной экран представляет собой светопрозрачную конструкцию с алюминиевыми раздвижными створками, которая устанавливается в наружную четверть проема без замены существующего окна (рис. 3).

Для обеспечения воздухообмена верх и низ конструкции остается свободным для прохождения воздуха. Частотные характеристики звукоизоляции окна типа ОР с открытой форточкой при наличии и без накладного оконного шумозащитного экрана представлены на рис. 4. Звукоизоляция окна типа ОР в раздельных переплетах с двухслойным остеклением с открытой форточкой и с накладным оконным шумозащитным экраном составляет $R_{Атпан} = 22$ дБА, что при стандартном звукопоглощении в помещении обеспечивает снижение уровня шума окном $\Delta L_{Аок} = 27$ дБА. При дневных уровнях шума в 2 м от фасада здания до $L_{А2мер} = 67$ дБА такая конструкция обеспечивает санитарную норму по шуму в помещении в режиме вентиляции. Вентиляция производится при открытых форточках существующего окна через щели над и под экраном. При закрытых форточках окно типа ОР с НОШЭ обеспечивает снижение шума до $\Delta L_{Аок} = 40$ дБА.

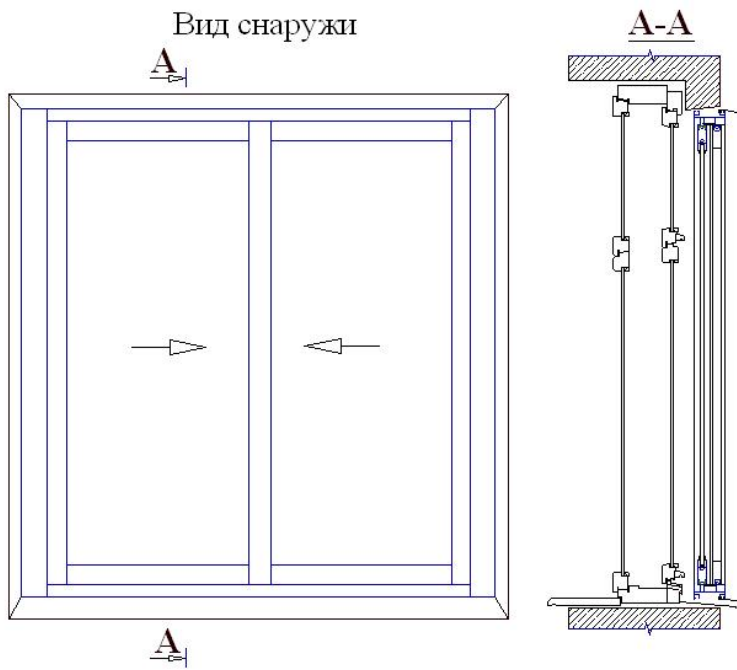


Рис. 3. Накладной оконный шумозащитный экран. Схема устройства и вид снаружи

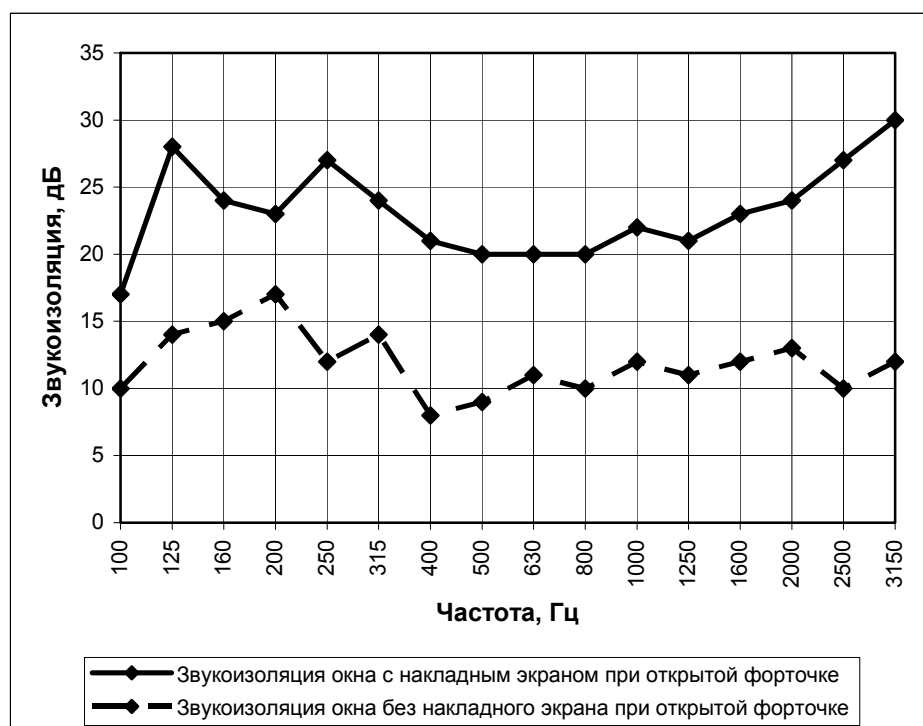


Рис. 4. Частотная характеристика звукоизоляции окна типа ОР с двухслойным остеклением с накладным оконным шумозащитным экраном и без него в режиме вентиляции при открытых форточках

Более эффективным с точки зрения и звукоизоляции, и воздухообмена является использование воздухообменных клапанов, смонтированных в откосах оконных проемах, в сочетании с окнами, массово выпускаемыми в настоящее время – окнами в одинарных переплетах из ПВХ профилей либо из клееной древесины с двухкамерными стеклопакетами.

Данные клапаны могут быть применены как в зданиях существующей застройки, так и в новом строительстве. Для этого во внутренних откосах оконных проемов устраивается штраба (в строящихся зданиях штраба предусматривается в кладочных чертежах), в которую устанавливается пластиковый канал диаметром 100 мм или большим в зависимости от требуемого воздухообмена. Клапан может быть с одним (рис. 5, а) или тремя коленами (рис. 5, б). Для работы клапана на приток или на вытяжку в канал встраиваются 2 осевых вентилятора. Установка вытяжного вентилятора предусматривается при значительной загазованности наружного воздуха возле фасада. Вентиляторы включаются в зависимости от необходимого направления воздухообмена и обеспечивают приток или вытяжку до 100 м³ воздуха в час при диаметре 100 мм, что достаточно для большинства жилых комнат. Для общественных зданий могут быть установлены каналы и вентиляторы большего диаметра с расходом воздуха до 250 м³ в час. В зимнее время клапан может

работать и без искусственного побуждения, а в сильные морозы может закрываться с двух сторон. В целях звукопоглощения и поглощения пыли в канал вкладывается специальный фильтр. Фильтр легко вынимается для промывки. Конструкция канала проста и ремонтнопригодна, поскольку набирается из стандартных элементов.

а)



б)



Рис. 5. Воздухообменные клапаны в откосах оконных проемов в процессе монтажа:
а – клапан с одним коленом; б – клапан с тремя коленами

Снижение шума данной конструкцией зависит преимущественно от звукоизолирующей способности самого окна и от количества поворотов (колен) в канале. По результатам натурных измерений звукоизоляция трехколенного клапана в режиме вентиляции в сочетании с окном с двухкамерным стеклопакетом с формулой остекления $4 + 12 + 4 + 12 + 4$ мм составила $R_{Атпан} = 28$ дБА. Снижение шума окном с открытым клапаном при стандартном звукопоглощении помещения составило $\Delta L_{Аок} = 33$ дБА. Такая конструкция обеспечивает требуемую шумозащиту в режиме вентиляции при дневных уровнях шума перед фасадом до 73 дБА. Звукоизоляция окна с одноколенным клапаном на 3 дБА ниже, чем окна с 3-коленным клапаном. Графики звукоизоляции окон с одно- и трехколенными клапанами в откосах проемов представлены на рис. 6.

Для увеличения эффекта шумозащиты следует использовать клапан с тремя коленами со специальным шумо-пылепоглощающим фильтром в сочетании с окном со специальным стеклопакетом с формулой остекления $4 + 10 + 4 + 16 + 6$ мм. Данная конструкция снижает шум до 35 дБА в режиме вентиляции.

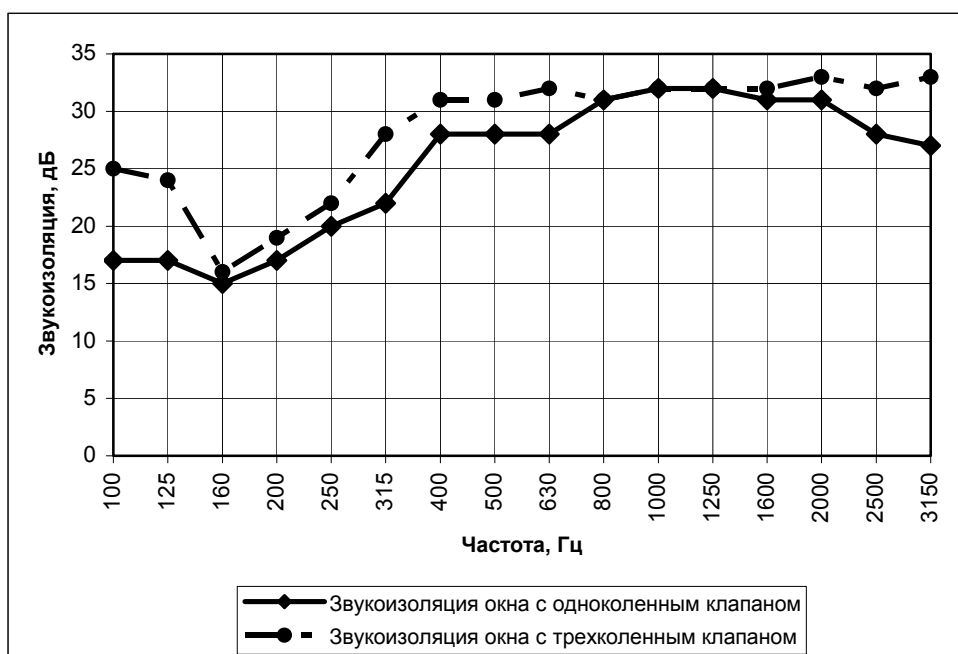


Рис. 6. Частотная характеристика звукоизоляции одно- и трехколенных клапанов в сочетании с деревянным окном с тройным остеклением в одинарном переплете в режиме вентиляции

Наибольшей звукоизоляцией обладают специальные шумозащитные окна в отдельных переплетах с воздухообменным клапаном. В Томском ГАСУ были разработаны и испытаны теплозвукоизоляционные окна с воздухообменными клапанами, представленные на рис. 7 (Патент № 2170802 [3]). Конструкции окон имеют трехслойное или при необходимости четырехслойное остекление в отдельных переплетах и приставной клапан, обеспечивающий естественное или принудительное (приток или вытяжка) движение воздуха по каналу или через межстекольное пространство. Испытания окна с вентиляцией через межстекольное пространство в камерах ТГАСУ показали звукоизоляцию в режиме вентиляции через межстекольное пространство и открытую внутреннюю створку (форточку) $R_{Атран} = 26$ дБА. Как показала практика, использование межстекольного пространства в качестве элемента клапана не позволяет получить высокой звукоизоляции окна в целом, а в условиях морозного климата приводит к сильному обмерзанию окна. Поэтому в последующих модернизациях вентилируемых окон воздухообмен осуществляется только через воздухообменный клапан с естественным (преимущественно зимой) и искусственным побуждением. Как и в клапанах, монтируемых в откосах, в данном случае также устанавливается два осевых вентилятора, обеспечивающих последовательно приток или вытяжку от 100 до 250 м³ в час, что достаточно и для помещений жилых, и ряда общественных зданий. Внешний вид шумозащитного окна представлен на фотографиях (рис. 8).

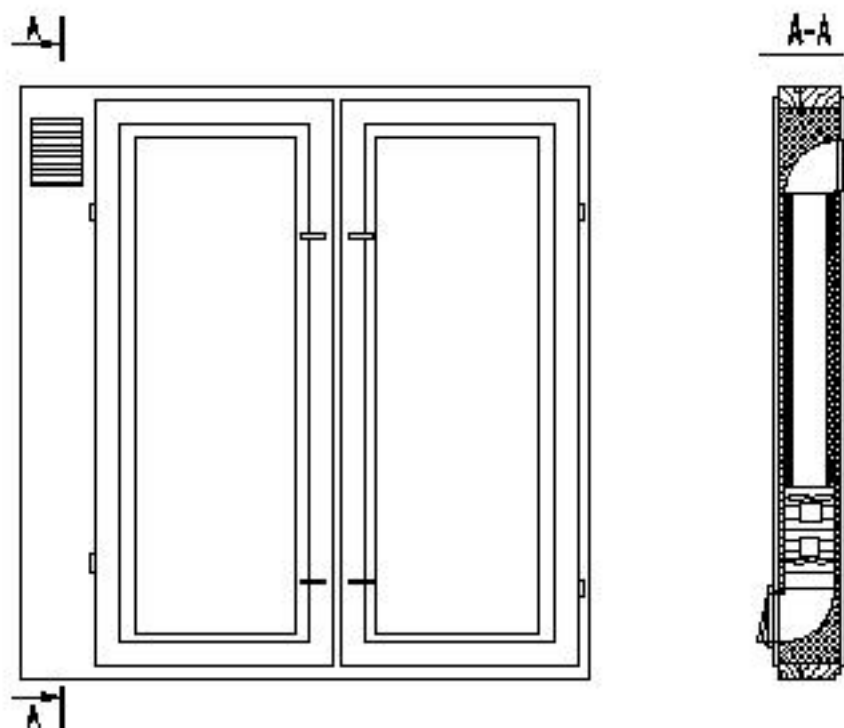


Рис. 7. Теплозвукоизоляционное окно с воздухообменным клапаном (Патент № 2170802). Вид изнутри и разрез



Рис. 8. Шумозащитное окно с воздухообменным клапаном. Вид изнутри и снаружи

В натуральных условиях испытана конструкция шумозащитного окна в отдельных переплетах со стеклопакетом 4 + 16 + 4 мм во внутреннем переплете и стеклом 4 мм в наружном с общей формулой остекления 4 + 16 + 4 + 116 + 4 мм. Конструкция клапана аналогична конструкции клапана в откосе. Звукоизоляция такого окна в режиме вентиляции при открытом клапане составила $R_{Атран} = 31$ дБА, что при стандартном звукопоглощении в помещении обеспечивает снижение шума окном $\Delta L_{Аок} = 36$ дБА. При стекле 8 мм в наружном переплете $R_{Атран} = 33$ дБА, а снижение шума окном составило $\Delta L_{Аок} = 38$ дБА. Графики звукоизоляции показаны на рис. 9.

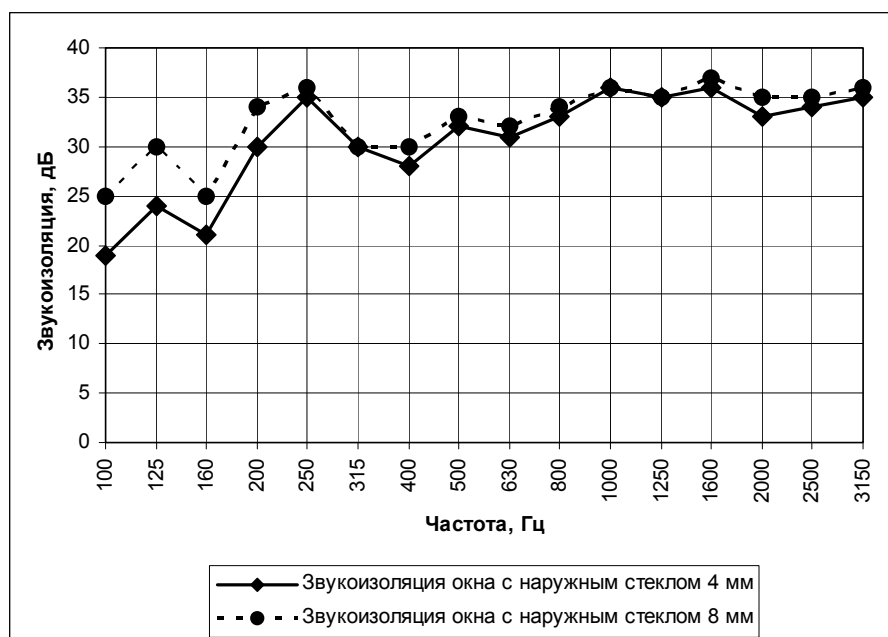


Рис. 9. Частотная характеристика звукоизоляции шумозащитного окна со стеклом 4 и 8 мм в наружном переплете

Как видим из результатов измерений, увеличение вдвое толщины наружного стекла увеличивает звукоизоляцию преимущественно на низких частотах, а интегральная характеристика звукоизоляции окна в режиме вентиляции возрастает на 2 дБА. Резервом некоторого увеличения звукоизоляции окна является установка в наружном переплете однокамерного стеклопакета взамен стекла. Это позволяет обеспечить шумозащиту помещений до 40 дБА.

В использовании воздухообменных клапанов в режиме принудительной вентиляции некоторую проблему представляет собственный шум вентиляторов, который в помещении может достигать до 36 дБА при выборе наиболее простых и дешевых осевых вентиляторов. Поэтому следует использовать малозумные типы вентиляторов с шарикоподшипниковой посадкой оси, которые излучают шум через канал не более 30 дБА.

Представленные выше варианты конструкций шумозащитных окон с клапанами или накладным светопрозрачным экраном существенно отличаются по стоимости изготовления и монтажа, а также эффективности шумозащиты. Выбор варианта зависит от оценки акустического дискомфорта приагистральной территории. Наиболее эффективными являются шумозащитные окна в раздельных переплетах с воздухообменными клапанами, которые позволяют обеспечить комфортный акустический режим, нормативный и регулируемый воздухообмен в помещениях зданий, находящихся в непосредственной близости от источника шума.

Использование шумозащитных окон с воздухообменными клапанами при строительстве, реконструкции и эксплуатации магистральных улиц городов для зданий первого фронта застройки, расположенных до 25–30 метров от проезжей части напряженных городских транспортных магистралей с дневными уровнями шума перед фасадами зданий до 80 дБА является условием сохранения жилищного фонда при соблюдении санитарных требований к акустическому режиму и внутреннему климату помещений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Защита от шума в градостроительстве / Справочник проектировщика / Г.Л. Осипов, В.Е. Коробков, А.А. Климухин, и др. / под ред. Г.Л. Осипова. – М. : Стройиздат, 1993. – 96 с.
2. Борискина, И.В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий / И.В. Борискина, А.А. Плотников, А.В. Захаров. – М. : Изд-во АСВ, 2000. – 176 с.
3. Пат. № 2170802 РФ. Теплозвукоизоляционное окно с воздухообменным клапаном / С.Н. Овсянников опубли. 13.04.2000.

*S.N. OVSYANNIKOV, A.S. SAMOKHVALOV, V.P. MELNIK,
M.S. OVSYANNIKOV*

NOISEPROOF ACTIVITIES FOR BUILDINGS SITUATED ON TRUNK-ROAD AREAS OF THE CITIES

The paper presents aspects of noise pollution evaluation in urban areas near trunk roads while building and reconstruction of roads. It also contains methods and means of acoustical comfort provision in rooms of the buildings with high risk of noise influence. The sound-proofing windows with ventilation ducts designed and tested in the laboratory of building physics of Tomsk state university of architecture and building are described in the paper. Constructions of sound-proofing windows and ventilation ducts are patented and provide noise decreasing up to 40 dBA in ventilation mode.