

ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ОСТЕКЛЕНИЯ И АКУСТИЧЕСКИЙ КОМФОРТ В ПОМЕЩЕНИИ

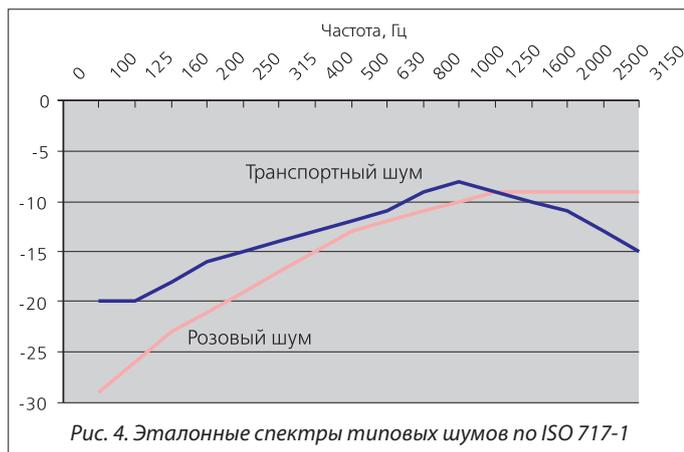
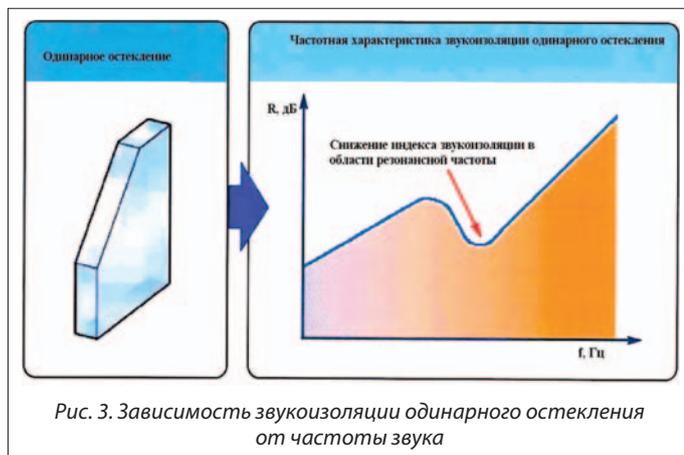
Окончание. Начало в №8(70) 2008 г.

ИСТОЧНИКИ ШУМОВ И ПОКАЗАТЕЛИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ

При решении задачи снижения шума в помещении необходимо принимать во внимание помимо *внешних шумов*, также и *внутренние*, то есть порождаемые внутри самого помещения. В промышленных зданиях основным источником шума служит производственное оборудование. Источниками шума внутри помещений жилых зданий являются, в основном, лифты, системы вентиляции, тепловодоснабжения и канализации. Степень звукоизоляции помещения от внешних шумов следует выбирать так, чтобы снизить внешний шум до уровня внутреннего. Дальнейшее усиление звукоизоляции не приводит к повышению акустического комфорта в помещении.

Воздушный шум хорошо поглощается массивными преградами. В практике строительства, конструкции наружных стен жилых зданий достаточно массивны и обладают, как правило, высокой звукоизоляцией, поэтому проблема шумозащиты в домах сводится к необходимости повышения звукоизоляции окон.

Шумозащитные свойства ограждающих конструкций оцениваются по индексу звукоизоляции, который равен разности уровней звука до и после прохождения им конструкции: $R = L_1 - L_2$. Следует отметить, что индекс звукоизоляции любой конструкции зависит от частоты звука. Ниже, на рисунке 3, в качестве примера представлена зависимость индекса звукоизоляции одинарного остекления от частоты. Как видно из графика (рис. 3), высокочастотные звуки



лучше поглощаются ограждающими конструкциями. При этом в области частот, близких резонансной частоте колебаний конструкции, наблюдается резкий спад индекса звукоизоляции.

Шум от различных источников имеет различный спектральный состав, поэтому взвешенный (суммарный) индекс звукоизоляции у одной и той же конструкции будет различаться для различных видов шума. Наиболее часто используются следующие индексы звукоизоляции:

- R_w — взвешенный индекс звукоизоляции воздушного шума, измеряемый по отношению к эталонному спектру белого шума (шум с постоянной спектральной плотностью);
- $R_w + C$ — индекс звукоизоляции типового среднечастотного шума*;
- $R_w + C_{tr}$ — индекс звукоизоляции типового транспортного шума, измеряемый по отношению к типичному спектру шума автотранспорта (низкочастотный шум).

В российской технической литературе используется аналогичный индекс, обозначаемый $R_{Атран}$.

Табл. 2. Тип шума в зависимости от его источника

Пример источника шума	$R_w + C$	$R_w + C_{tr}$
Играющие дети	✓	
Бытовой шум (разговоры, музыка, радио, телевизор)	✓	
Дискотека		✓
Шум скоростного шоссе (> 80 км/час)	✓	
Шум городского транспорта		✓
Скоростной железнодорожный транспорт	✓	
Медленный железнодорожный транспорт		✓
Близко пролетающий реактивный самолет	✓	
Далеко пролетающий реактивный самолет		✓
Турбовинтовые самолеты		✓

Табл. 3. Влияние параметров остекления на звукоизоляцию

Параметр сравнения	Толщина стекла / формула стеклопакета	$R_w + C_{tr}$ (дБ)
Влияние толщины стекла на звукоизоляцию	4 мм	26
	6 мм	28
Сравнение показателей звукоизоляции обычного стекла, многослойного стекла и многослойного шумозащитного стекла	6 мм	28
	Stratobel** 33.2 (толщина 6,76 мм)	29
	Stratophone 33.2 (толщина 6,76 мм)	33
Сравнение показателей звукоизоляции одинарного остекления, обычного симметричного стеклопакета и несимметричного стеклопакета	Стекло 4 мм	26
	4 мм / 12 / 4 мм (симметричный стеклопакет)	26
	4 мм / 12 / 6 мм (несимметричный стеклопакет)	30
Сравнение показателей звукоизоляции стеклопакетов с различным воздушным зазором	Стеклопакет 6 мм / 12 / 6 мм	28
	Стеклопакет 6 мм / 20 / 6 мм	30
Сравнение показателей звукоизоляции стеклопакетов из обычного многослойного стекла и многослойного шумозащитного стекла	Stratobel 88.2 (16,76 мм) / 15 / Stratobel 66.2 (12,76 мм)	41
	Stratophone 88.2 (16,76 мм) / 15 / Stratophone 66.2 (12,76 мм)	47

* Этот вид шума в строительной акустике принято называть «розовым шумом», хотя его эталонный спектр (по ISO 717-1) отличается от спектра классического «розового шума» (фликкер-шума) в теории сигналов.

** Торговая марка многослойных строительных стекол производства AGC (Asahi Glass Company).

На рис. 4 приведены спектры двух типовых видов шума (нормализованные к 0 дБ).

В соответствии со стандартом ISO 717-1 [6] акустические свойства строительных элементов принято указывать в виде унифицированного индекса, который объединяет три этих показателя и записывается следующим образом: $R_W(C; C_{tr})$. Здесь C и C_{tr} представляют собой два поправочных коэффициента, прибавляя которые к значению R_W , получают соответственно $R_W + C$ или $R_W + C_{tr}$.

В таблице 2 показано, какие индексы следует использовать для оценки эффективности звукоизоляции в зависимости от источника шума.

Транспортный шум имеет более низкочастотный состав по сравнению с белым. Поскольку низкочастотные составляющие шума хуже поглощаются конструкциями, значение индекса $R_W + C_{tr}$ всегда ниже, чем R_W (поправка C_{tr} отрицательна). Методы определения индексов звукоизоляции установлены в международных и российских нормативных документах, в частности: ISO 717-1 [6], ISO 140 [7], СП 23-103-2003 [4] и СНиП 23-03-2003 [5].

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСТЕКЛЕНИЯ НА ЕГО ШУМОЗАЩИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Прежде всего следует отметить, что индекс звукоизоляции открытого окна практически равен нулю. Если окно открыто, уровень шума в помещении резко возрастает. Если даже окно чуть приоткрыто или в оконной конструкции имеются неплотности, звукоизоляционные показатели резко падают. Индекс звукоизоляции окна, открытого всего на 10%, не превышает 10 дБ [4]. Для обеспечения естественной вентиляции помещений в условиях повышенного шума используются специальные конструкции оконных рам, снабженные вентиляционными клапанами с глушителями шума.

Светопрозрачная часть занимает от 70 до 90% площади окна. Соответственно, при закрытом окне, плотном притворе и герметичности стыков рамы окна с проемом звукоизоляция окна зависит в основном от конструкции остекления: количества, толщин и типов стекол, зазоров между стеклами, газонаполнения. Выше приведены данные по влиянию на индекс звукоизоляции транспортного шума следующих факторов: толщина стекол, размера воздушного зазора стеклопакета, несимметричность стеклопакета, использование многослойного стекла (триплекса), а также использование многослойного стекла со специальной шумозащитной пленкой ПVB. Такая пленка имеет повышенное звукопоглощение в области низких частот, поэтому хорошо подходит для защиты именно от транспортного шума. В настоящее время на российском рынке представлена одна марка такого стекла — Stratophone*** производства Asahi Glass Company с пленкой компании Sekisui.

Как видно из приведенных данных, увеличение толщины стекла приводит к повышению индекса шумоизоляции. Многослойное стекло с обычной ПVB пленкой обладает несколько лучшей шумоизоляцией по сравнению с листовым стеклом. Намного лучшей шумоизо-

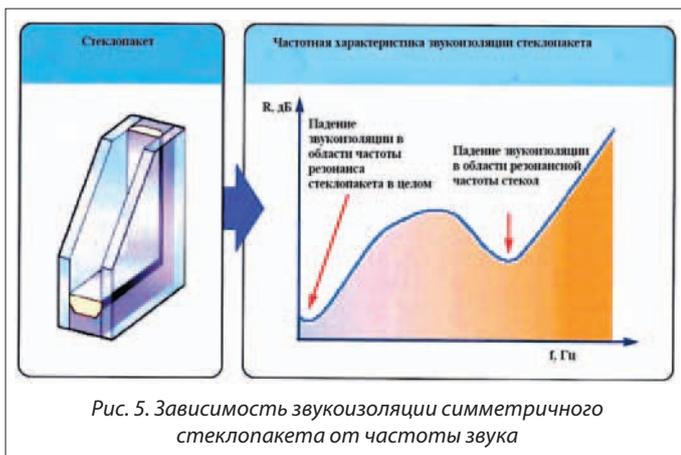


Рис. 5. Зависимость звукоизоляции симметричного стеклопакета от частоты звука

*** Торговая марка многослойных шумозащитных стекол производства AGC (Asahi Glass Company)

Табл. 4. Характеристики элементов ограждающей конструкции

Элемент	Индекс изоляции транспортного шума ($R_W + C_{tr}$), дБ	Площадь элемента (S), кв. м
кирпичная стена	51	6
стеклопакеты	26 / 39	3,2
рама	37	1,4
уплотнитель глухой створки	60	6,3
уплотнитель открывной створки	45	8,4

ляцией обладает шумозащитное стекло со специальной пленкой ПVB. Хотя реклама и убедила среднего потребителя в том, что ЛЮБОЙ стеклопакет является волшебным средством защиты от внешнего шума, «стандартный» однокамерный стеклопакет со стеклами одинаковой толщины в плане шумоизоляции ничем не лучше даже одинарного остекления. Объясняется это тем, что повышение массы и количества слоев звуковой преграды в стеклопакете по сравнению с обычным стеклом компенсируется появлением дополнительной резонансной частоты, соответствующей собственным колебаниям стеклопакета и совпадением резонансных частот колебаний обоих стекол (рис. 5).

Впрочем, сложившееся под влиянием рекламы мнение потребителей имеет под собой определенные основания. Дело в том, что любая неплотность или щель существенно снижает шумозащитные характеристики остекления. Окна со стеклопакетами за счет своей герметичности, как правило, обладают лучшей шумозащитой, чем традиционное оконное остекление. И это несмотря на то, что симметричные стеклопакеты (наиболее представленные на российском рынке) сами по себе служат даже худшей шумозащитой, чем одинарное остекление.

Применение несимметричного стеклопакета (со стеклами различной толщины) обеспечивает **значительное** улучшение шумоизоляции. Увеличение воздушного зазора в стеклопакете также дает определенный эффект увеличения шумоизоляции.

Наилучшими же показателями шумоизоляции обладают несимметричные стеклопакеты с двумя шумозащитными стеклами.

ЗАВИСИМОСТЬ УРОВНЯ ШУМА ОТ ИНДЕКСА ШУМОИЗОЛЯЦИИ ОСТЕКЛЕНИЯ

Уровень шума, создаваемого в помещении внешними источниками, зависит от следующих факторов: уровня шума у фасада здания, индекса звукоизоляции остекления и его площади, а также от площади помещения, его формы и поглощения звуковых волн материалами пола, стен и потолка помещения.

Уровень шума, проникающего в помещение извне (внешнего шума), рассчитывается с помощью специализированного программного обеспечения. Однако приближенно его можно оценить, например, по методике, установленной EN 12354-3:2000 [8].

В качестве примера рассчитаем уровень шума, проникающего с оживленной городской магистрали в помещение объемом 50 куб. м, с двустворчатый окном, выходящим на фасад кирпичного здания. Акустические характеристики элементов ограждающей конструкции приведены в таблице 4.

Расчет проводится по следующим формулам:

$$L_2 = L_{1,2m} - D_{2m,nT} \quad (4)$$

где: L_2 — уровень шума в помещении, создаваемого внешними источниками; $L_{1,2m}$ — уровень шума снаружи (в 2 метрах от фасада здания); $D_{2m,nT}$ — индекс звукоизоляции ограждающей конструкции (нормализованный по T).

$$D_{2m,nT} = R' - \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{V}{6T_{0(=0,5s)} S} \quad (5)$$

где: R' — кажущийся индекс звукоизоляции ограждающей конструкции; ΔL_{fs} — коэффициент учета формы фасада (в отсутствие выступающих элементов фасада, балконов и т. д. принимается равным нулю); V — объем помещения; S — площадь ограж-

гающей конструкции; T_0 — опорное значение времени реверберации, принимаемое 0,5 с.

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} \right) \quad (6)$$

где: $\tau_{e,i}$ — коэффициент передачи звука элементом фасада.

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-\frac{R_i}{10}} \quad (7)$$

где: R_i — индекс звукоизоляции элемента ограждающей конструкции; S_i — площадь элемента ограждающей конструкции.

В первом варианте примем, что в окне установлены «стандартные» стеклопакеты 4 мм/12/4 мм с индексом звукоизоляции $R_w + C_{tr} = 26$ дБ. Во втором варианте расчет будет выполнен для шумозащитных стеклопакетов с использованием стекла Stratophone: 8 мм/15/Stratophone 66.2, $R_w + C_{tr} = 39$ дБ.

Уровень шума у фасада здания примем (по таблице 1): $L = 70$ фон.

Уровень транспортного шума в помещении составит:

для «стандартных» стеклопакетов — ($R_w + C_{tr} = 26$ дБ):

$$L_2 = 37 \text{ фон или } G = 2^{\left(\frac{37-40}{10}\right)} = 0,8 \text{ сон};$$

для шумозащитных стеклопакетов — ($R_w + C_{tr} = 39$ дБ):

$$L_2 = 28 \text{ фон или } G = 2^{\left(\frac{28-40}{10}\right)} = 0,4 \text{ сон}$$

Во втором случае субъективная громкость шума в помещении ниже в два раза.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШУМОЗАЩИТНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ.

Кратко подведем основные принципы проектирования остекления с учетом требований к шумозащите.

1. Любая неплотность или щель существенно снижает шумозащитные характеристики остекления. Качество монтажа окна является, таким образом, весьма существенным фактором.

2. В наиболее шумных местах для обеспечения воздухообмена в помещениях желательно применять окна с шумозащитными клапанами.

3. Несимметричные стеклопакеты поглощают шум значительно лучше, чем симметричные.

4. Чем выше зазор камеры стеклопакета — тем лучше его шумоизоляция.

5. Толстые стекла поглощают шум лучше, чем тонкие, многослойное стекло — лучше, чем простое, а шумозащитное стекло со специальной ПVB пленкой — значительно лучше, чем обычное многослойное. ●

**М. И. СМЕРНОВ, к. х. н., ООО «Эй Джи Си Флэт Гласс Восток»,
Д. А. МИНАЕВ, ООО «ВНИИГАЗ»**

Литература

1. Радзишевский А. Ю. «Основы аналогового и цифрового звука». — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006 г.
2. Иофе В. К., Янпольский А. А. «Расчетные графики и таблицы по электроакустике». — Л., 1954 г.
3. Осипов Л. Г., Бобылев В. Н., Борисов Л. А. и др. «Звукоизоляция и звукопоглощение». — М.: «Издательство АСТ», «Издательство Астрель», 2004 г.
4. СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий».
5. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
6. ISO 717-1 «Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation».
7. ISO 140 Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements.
8. EN 12354-3:2000 Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound.

ЗЕНИТНЫЕ ФОНАРИ

ДЫМОУДАЛЕНИЕ

СВЕТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

САМОНЕСУЩАЯ МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА

SUN MODUL

UMC

ООО «Ю.ЭМ.СИ.»

Москва, Карамышевская наб., 37
Тел.: (495) 321-33-14, (499) 946-28-28
www.ymc.ru

НОВОСТИ

КОМПАНИЯ «ЗАВОД МИНПЛИТА» ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ МОСКОВСКОГО ЖИЛФОНДА

Челябинская компания «Завод Минплита» отправila очередную партию минераловатной теплоизоляции под маркой LINEROCK (ЛАЙНРОК) в Москву, что позволит эффективно решать задачи энергосбережения.

Поставки продукции осуществляются в рамках реализации целевой программы по капитальному ремонту многоквартирных домов города Москвы «Ответственным собственникам — отремонтированный дом».

Для наружного утепления стен жилых зданий «Завод Минплита» поставляет ЛАЙНРОК ВЕНТИ ОПТИМАЛ, для внутренней тепло- и звукоизоляции стен — универсальный утеплитель ЛАЙНРОК ЛАЙТ.

Главная задача, которую предстоит решить в процессе реконструкции ветхого жилья — это приведение жилищного фонда и коммунальной инфраструктуры столицы в соответствие европейским стандартам качества, обеспечивающим экономию энергоресурсов.

Сегодня же, по расчетам специалистов, столичные дома, построенные в советский период, теряют тепла в 15–17 раз больше, чем европейские.

В рамках соглашения, подписанного между «Заводом Минплита» и департаментом капитального ремонта жилищного фонда Москвы, в декабре прошлого года челябинская компания «Завод Минплита» поставила на столичные объекты 150 т качественного утеплителя под маркой LINEROCK.

В январе в Москву запланировано отправить 170 т. За время реализации целевой программы, окончание которой намечено на 2014 г., в столице планируется реконструировать и утеплить порядка 32 тыс. жилых домов.