

15 коп.

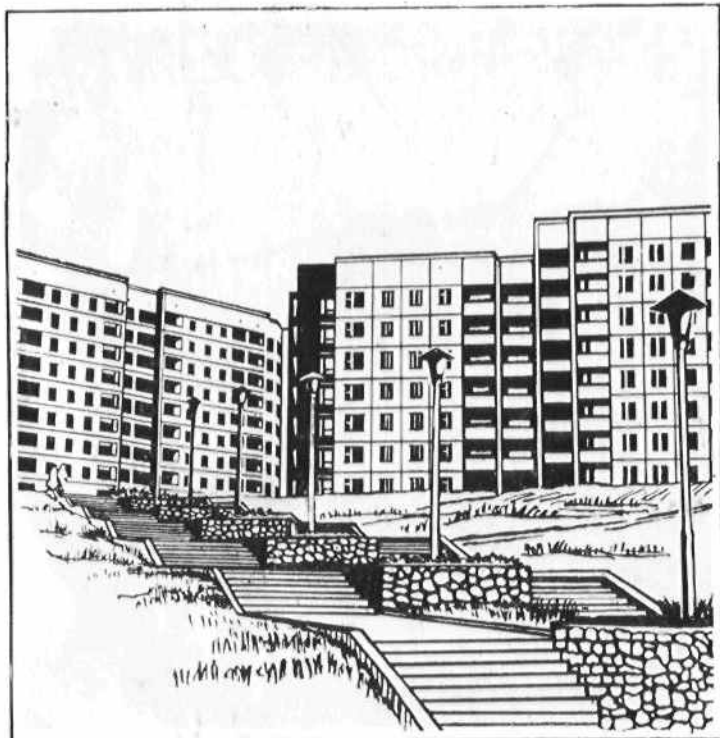
Индекс 70099

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Брошюры этой серии в розничную продажу не поступают, поэтому своевременно оформляйте подписку. Подписка на брошюры издательства "Знание" ежеквартальная, принимается в любом отделении "Союзпечати". Напоминаем Вам, что сведения о подписке Вы можете найти в "Каталоге советских газет и журналов" в разделе "Центральные журналы", рубрика "Брошюры издательства "Знание".

Подписной индекс 70099

Цена подписки на год 1 р. 80 к.



СЕРИЯ **СТРОИТЕЛЬСТВО
И АРХИТЕКТУРА**

**СТРОИТЕЛЬСТВО
И АРХИТЕКТУРА**

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ



1986/7

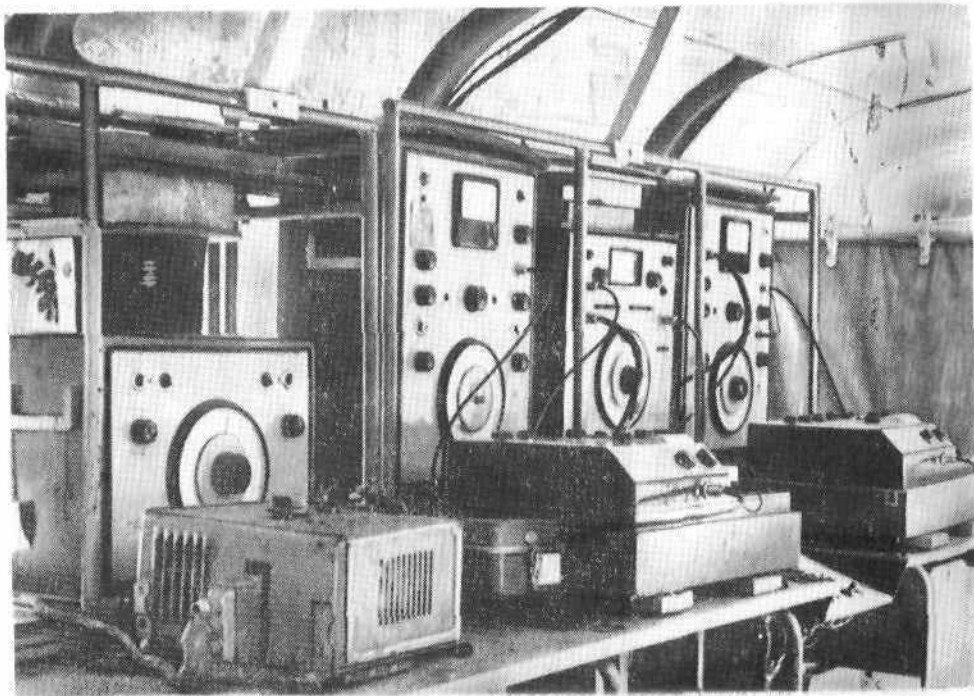
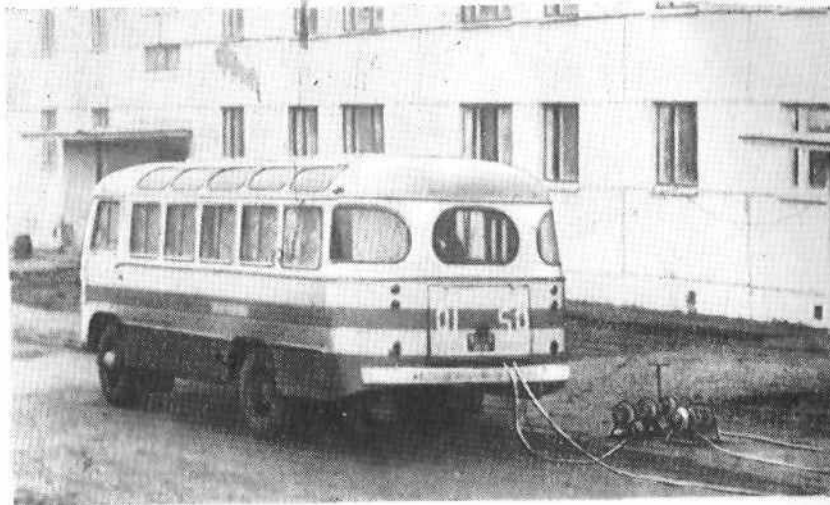
В. Г. Крейтан

**ЗАЩИТА
ЖИЛИЩА
ОТ ШУМА**



ЗНАНИЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ



НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

7/1986

Издается ежемесячно с 1967 г.

В. Г. Крейтан

ЗАЩИТА ЖИЛИЩА ОТ ШУМА



Издательство «Знание» Москва 1986



ББК 38.6
К 79

Автор: КРЕЙТАН Владимир Георгиевич — кандидат технических наук, заведующий Лабораторией испытаний звукоизоляции конструкций ЦНИИЭПжилища. Автор монографии «Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий» и около 100 других научных трудов.

Рецензент: Климухин Андрей Александрович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИИ строительной физики.

Крейтан В. Г.

К 79 Защита жилища от шума. — М.: Знание, 1986. — 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Строительство и архитектура»; № 7).

15 к.

Защита жилища от шума — составная часть важной социальной задачи: охраны окружающей нас среды. Уменьшение шумового загрязнения воздуха дает большой социальный и экономический эффект, связанный с уменьшением заболеваемости людей, повышением производительности их труда. В брошюре рассматриваются требования, ограничивающие шумы в жилище, их оценка жителями и специалистами, методы и приемы защиты от шумов всех видов.

Рассчитана на лекторов, преподавателей и слушателей народных университетов, а также всех тех, кого волнуют проблемы совершенствования жилища.

320100000

ББК 38.6

© Издательство «Знание», 1986 г.

ВВЕДЕНИЕ

Ускорение научно-технического прогресса, дальнейшее развитие урбанизации и транспорта, активное вмешательство человека в природные процессы — все это обостряет одну из важнейших проблем современности: сохранение и защиту окружающей среды и самого человека от побочных, а иногда и непредвиденных последствий его деятельности. «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года» предусматривают, с одной стороны, повысить эффективность мер по охране окружающей среды, а с другой — постоянно улучшать охрану здоровья и условия жизнедеятельности человека [1].

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов», принятом в декабре 1978 г. [2], шум назван в числе других вредных факторов, загрязняющих окружающую среду. Другими словами, охрана окружающей среды включает в себя также защиту ее от шума.

Определенное место в этой проблеме занимает защита от шума нашего жилища.

Защищенность жилища от шума — один из показателей его качества, способности обеспечить санитарно-гигиенические условия проживания, уровень комфорта в нем. Медико-гигиенические исследования показали, что уровень шума в жилых помещениях влияет на заболеваемость проживающих, производительность их труда на производстве, полноценность отдыха дома. Этим определяется социально-экономическое значение мер, связанных с защитой от шума [3]. Поэтому создание удовлетворительного акустического режима в жилом доме, в каждой квартире — актуальная задача проектировщиков, работников домостроительных и строительных

организаций, предприятий промышленности строительных материалов. Успешное решение этой задачи в значительной мере зависит от понимания ее важности всеми участниками «строительного конвейера», знания ими принципов, основных приемов и методов защиты от шума. Расширение и углубление этих знаний составляют задачу данной брошюры.

ШУМ В ЖИЛИЩЕ — ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТА И ЖИТЕЛЯ

Объективная и субъективная оценки шума

Ответ на вопрос, что такое шум, зависит от точки зрения. Физик отнесет к шумам звуки случайного характера, имеющие непрерывный спектр, специалист в области информатики — звуки, не несущие нужной информации, гигиенист — звуки беспокоящие, мешающие нормальной жизнедеятельности человека, наносящие вред его организму.

Чтобы оценить шум с гигиенической точки зрения, нужно иметь его характеристики: объективные, измеряемые физическими методами, и субъективные, выражающие реакцию человека на шум.

Для полной объективной оценки шума достаточно знать, как изменяется уровень звукового давления (в децибелах) по частоте и во времени, т. е. нужно измерить его частотную и временную характеристики. Здесь уместно напомнить, что уровень звукового давления — величина относительная, взятая в логарифмическом масштабе: изменение звукового давления в 2 раза соответствует изменению его уровня на 6 дБ, а в 1000 раз — на 60 дБ.

Изменение уровня звукового давления на одинаковое число децибел воспринимается как одинаковое увеличение его громкости. Однако это относится только к восприятию чистого тона определенной высоты (частоты звука), чем и исчерпывается простота соотношения объективных и субъективных оценок звука. Сложность таких соотношений обусловлена особенностями слухового аппарата человека: при одинаковом уровне звукового давления он хуже слышит звуки низких частот и совсем не слышит звуки частотой менее 20 Гц, что оберегает

человека от разнообразных низкочастотных шумов, возникающих в его организме. Восприятие, а также беспокоящее воздействие шума зависят и от того, широкополосный он или тональный, непрерывный или прерывистый, импульсный, меняется ли его уровень во времени, какова продолжительность действия шума и его импульсов.

При гигиенической оценке шума стараются использовать такие его объективные показатели, которые выражают интенсивность шума одним числом, но учитывают при этом его частотные и временные особенности.

Стандартную частотную характеристику шума — значения уровня звукового давления в полосах частот шириной в октаву — измеряют шумомером, снабженным электрическими фильтрами с полосой пропускания соответствующей ширины (октава соответствует удвоению частоты звука). Если же используют корректирующий фильтр «А», то получают уровень звука, который измеряют в децибелах А (дБА). Пропускающая способность фильтра «А» близка к чувствительности человеческого уха. Поэтому уровень звука несет в себе определенную информацию о спектральном составе шума. Если в одном шуме преобладают низкочастотные составляющие, а во втором — высокочастотные, то при одинаковом уровне звукового давления в обоих случаях уровни звука в децибелах «А» будут разными: в первом случае меньше, во втором — больше, и это соответствует восприятию указанных шумов человеком. Уровни звука и реакция людей на беспокоящее воздействие постоянного шума имеют тесную взаимосвязь — корреляцию.

А как учесть непостоянство уровня шума во времени, его импульсный, прерывистый характер? Для этого составляют своеобразную летопись шума, фиксируя значения его уровня через каждые 5 с в течение получаса. Эти данные позволяют вычислить эквивалентный уровень звука $L_{A\text{ экв}}$, если измерения проводят с фильтром «А», или эквивалентный уровень звукового давления в какой-либо полосе частот, если используют октавные фильтры. Эквивалентный уровень звука — это уровень звука постоянного шума, который несет в себе столько же звуковой энергии, сколько и измеряемый переменный или прерывистый шум. Таким образом, эквивалентный уровень звука —

это такая объективная оценка, выраженная одним числом переменного или прерывистого шума, которая учитывает и его спектральный состав, и временные характеристики, и довольно тесно связана с реакцией на него человека.

Объективные характеристики шума измеряют при помощи электроакустической аппаратуры, причем и используемые приборы, и методы измерений стандартизованы в международном масштабе. Это обеспечивает действительную объективность и сопоставимость оценок шума, где бы их ни измеряли.

С субъективной же оценкой шума, выявлением его влияния на человека дело обстоит значительно сложнее. Для этого используют разнообразные методы:

сопоставление и оценку слушателями различных звуков и шумов (аудиометрические исследования);

выявление биологических реакций на шум (изменение частоты пульса, кровяного давления, глубины сна и т. д.);

продолжительные медико-гигиенические наблюдения за группами людей, находящимися в условиях разной шумности на производстве или в жилище;

выявление беспокоящего воздействия шума путем опроса различных групп людей.

На результаты этих исследований оказывают влияние состояние здоровья, возраст, образ жизни исследуемых и многие другие факторы. Поэтому исследования должны охватывать большие и представительные группы людей, и их выводы носят вероятностно-статистический характер, т. е. они вполне справедливы в отношении больших и представительных групп людей.

Шумы, проникающие в жилище, и их ограничение

Шумы, проникающие в квартиру современного многоквартирного дома, разнообразны по характеру и источникам. Прежде всего это бытовые шумы, возникающие в доме, в соседних квартирах. Звуки речи, музыки, прежде чем достигнуть стен, перегородок, перекрытий, распространяются по воздуху. Их называют воздушным шумом. При ходьбе, перестановке мебели, различных ударах шум возникает в результате взаимодей-

ствия движущегося тела, предмета и конструкции здания. Это ударный шум.

Другая группа источников шума, находящихся в доме, — его инженерное оборудование (лифты, мусоропроводы, сантехническое оборудование, отопление, вентиляция и т. п.). К этой же группе источников шума можно отнести оборудование, расположенное во встроенных или пристроенных помещениях жилых домов, которые занимают магазины, предприятия бытового обслуживания, общественного питания и др. В результате работы оборудования возникают звуковые колебания (вибрация) его элементов, которые приводят к излучению воздушного шума, а также передаются по связанным с ними конструкциям здания в виде структурного шума.

Источники шума, расположенные вне дома, — это транспорт (автомобильный, рельсовый, воздушный), промышленные предприятия, стройки, машины и механизмы службы городского коммунального хозяйства, спортивные, игровые площадки и т. д. Шумы от них достигают наружных ограждений домов преимущественно по воздуху, хотя при работе рельсового транспорта заметная часть звуковой энергии передается также в виде структурного шума — по грунту и по конструкциям здания.

Ограничение шумов, проникающих в жилище от всех этих источников, основано на санитарных нормах [4], использованных при составлении строительных норм и правил (СНиП). Защите от шума посвящена специальная глава СНиПа [5]. Она содержит требования к уровням шума в жилых помещениях и на территории жилой застройки, а также требования к звукоизоляционным свойствам внутренних конструкций здания. Первые из этих требований ограничивают шумы, вызванные инженерным оборудованием дома и различными внешними источниками, вторые — бытовые шумы, проникающие из соседних квартир.

С чем связан разный подход к оценке и ограничению этих групп шумов?

В жилом помещении уровень шума, вызванного инженерным оборудованием и внешними источниками, определяется в первую очередь их звуковой мощностью (шумностью), которая может меняться в больших пределах, и мерами по снижению шума, не

связанными с конструкциями (установка амортизаторов, глушителей, градостроительные меры снижения внешних шумов и т. д.). Поэтому невозможно заменить оценку уровня этих шумов в помещении оценкой свойств конструкций, хотя для проектировщика здания это значительно удобнее.

В отношении бытовых шумов положение обратное. Неопределенность будущих бытовых шумов и необходимость унификации конструкций заставляют использовать при оценке шума среднестатистический бытовой шум, одинаковый для всех проектируемых зданий, квартир, жилых помещений. При этом проникающий шум однозначно определяется звукоизоляционными свойствами конструкций, и ограничение шума обуславливается требованиями к этим свойствам.

Звукоизоляционные свойства внутренних конструкций, их способность снижать воздушные и ударные шумы оцениваются по-разному.

Изоляция воздушного шума конструкцией определяется разностью между уровнями звукового давления в разделенных ею помещениях, когда в одном из них находится источник шума. При измерении изоляции воздушного шума учитывают влияние на уровень шума в изолируемом помещении его звукопоглощения и площади конструкции, излучающей звук.

Изоляция ударного шума характеризуется уровнем звукового давления под перекрытием при работе на нем стандартной ударной машины. Пять ее стальных молотков массой по 500 г бьют по перекрытию 10 раз в секунду, свободно падая с высоты 4 см. Измеряемый уровень ударного шума приводят к стандартной величине звукопоглощения в помещении под перекрытием, чтобы достигнуть сопоставимости результатов измерений в различных условиях.

В связи с указанными выше особенностями человеческого восприятия звука звукоизоляционные свойства конструкции рассматривают в зависимости от его частоты. Частотные характеристики изоляции воздушного шума R и приведенного уровня ударного шума $L_{\text{п}}$ измеряют в полосах частот шириной в $1/3$ октавы. Методика этих измерений также стандартизирована в международном масштабе и обеспечивает получение надежных и сопоставимых результатов.

Требования к шумам от инженерного оборудования

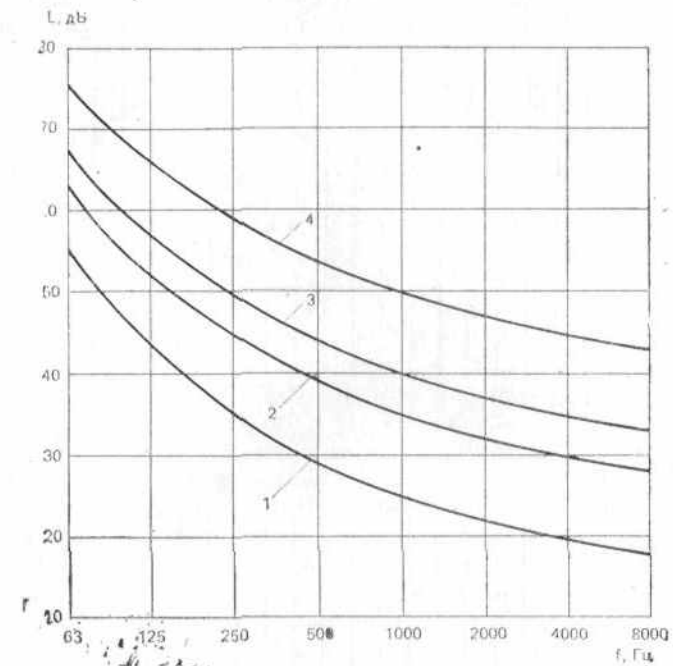


Рис. 1. Частотные характеристики допустимых уровня звукового давления L широкополосного постоянного шума или эквивалентного уровня звукового давления $L_{\text{Экв}}$ широкополосного переменного шума: 1 — в жилом помещении ночью; 2 — то же днем; 3 — в 2 м от фасада здания, не обращенного в сторону источника транспортного шума, ночью; 4 — то же днем

и внешних источников выражены в виде предельных значений уровней звукового давления в восьми октавных полосах частот со средними частотами от 63 до 8000 Гц (рис. 1) или уровней звука. Фактические характеристики шума не должны превышать этих предельных значений, причем для переменных или прерывистых шумов требования относятся к эквивалентным уровням звукового давления или уровням звука.

В жилых помещениях уровень звука не должен превышать 30 дБА ночью и 40 дБА днем. Если шум имеет ярко выраженный тональный или импульсный характер, допустимые уровни уменьшаются на 5 дБА.

У фасадов жилых зданий (на расстоянии 2 м от них) уровень звука от внешних источников не должен превы-

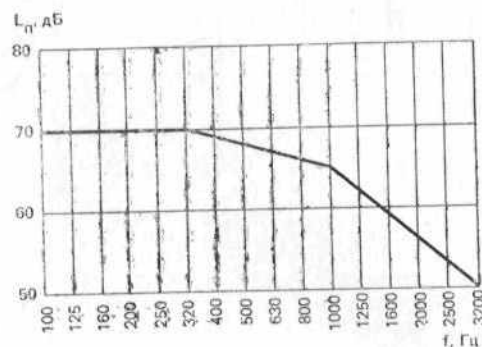
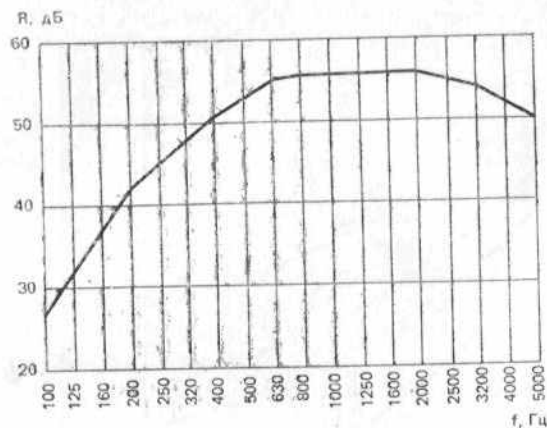


Рис. 2. Нормативные частотные характеристики изоляции шума: воздушного шума R — внутренней стеной, перегородкой, перекрытием; приведенного уровня ударного шума L_n — под перекрытием

шать 45 дБА ночью и 55 дБА днем. Для фасадов, обращенных в сторону источников транспортного шума, эти значения повышаются на 10 дБА.

Требования к звукоизоляционным свойствам внутренних конструкций выражены предельными значениями индексов изоляции воздушного шума внутренними стенами, перегородками, перекрытиями (I_n) и индекса приведенного уровня ударного шума под перекрытием (I_y). Эти показатели позволяют оценить звукоизоляционные свойства конструкций

одним числом. Их определяют, сравнивая измеренную или рассчитанную частотную характеристику звукоизоляции конструкции с нормативной (рис. 2). Требования к звукоизоляционным свойствам конструкций усиливаются с ростом частоты (на высоких частотах требуется большая изоляция воздушного шума и допускается меньший уровень ударного шума), что отражает особенности восприятия шума.

Для определения индекса звукоизоляции нормативную частотную характеристику смещают вдоль оси абсцисс, пока среднее неблагоприятное отклонение от нее частотной характеристики конструкции не станет равным 2 дБ или максимальное неблагоприятное отклонение — 8 дБ (неблагоприятные — это отклонения в сторону меньшей изоляции воздушного шума и большего уровня ударного шума). При выполнении этого условия положение нормативной кривой относительно оси абсцисс дает значение индекса звукоизоляции.

Отсчет значений индексов звукоизоляции (в дБ) ведут от условно выбранных начальных точек, так как индексы дают относительную оценку звукоизоляционных свойств конструкций, позволяющую сравнивать их между собой и с нормами. Если изменить начальную точку отсчета, изменятся и абсолютные значения индексов, но относительная оценка останется неизменной. Такое изменение начальных точек отсчета произошло в СССР в 1979 г. До этого нормируемыми величинами были показатели изоляции от воздушного шума E_n и от ударного шума E_y . Эти показатели связаны с современными индексами звукоизоляции простыми соотношениями:

$$I_n = E_n + 50 \quad \text{и} \quad I_y = 70 - E_y. \quad (1)$$

Действующие нормы требуют, чтобы межквартирные ограждения (стены, перегородки, перекрытия) имели индекс изоляции воздушного шума $I_n \geq 50$ дБ; межкомнатные перегородки без дверей и внутренние перекрытия в двухэтажных квартирах — $I_n \geq 41$ дБ; конструкции, отделяющие квартиры от встроенных помещений предприятий торговли, бытового обслуживания, общественного питания и т. п., — $I_n \geq 55$ дБ и $I_n \geq 60$ дБ (в зависимости от вида этих предприятий). Увеличение индекса I_n свидетельствует об улучшении изоляции воздушного шума.

Индекс приведенного уровня ударного шума между-

этажного перекрытия I_y должен быть равен или меньше 67 дБ, а перекрытия внутри двухэтажной квартиры — равен или меньше 75 дБ. Улучшению изоляции ударного шума соответствует уменьшение индекса I_y .

Как же оценить действующие требования, ограничивающие шумы, которые проникают в наше жилище?

Ответ на этот вопрос также зависит от точки зрения.

При определении параметров застройки, зданий, конструкций эти требования часто становятся главными. Например, толщина межквартирной стены или плиты перекрытия во многих случаях определяется требованиями звукоизоляции, а не прочности; ширина разрыва между железной дорогой и жилой застройкой обуславливается именно необходимостью снизить шум. Поэтому строителям требования по защите от шума часто кажутся чрезмерными и они ссылаются на дополнительные затраты, связанные с их удовлетворением.

Гигиенисты же, специалисты по охране природной среды, считают, что дальнейшее ограничение шума таит в себе наряду с общепризнанным социальным также большой экономический эффект, вызванный уменьшением заболеваемости, повышенном производительности труда и в связи с этим предотвращением ущерба, который наносит народному хозяйству шумовое загрязнение среды [3]. В масштабах страны уменьшение уровня шума во вновь строящихся домах только на 1 дБ уменьшает этот ущерб примерно на 20 млн. руб. в год.

Мнение жителей

Мнение жителей о чрезмерном шуме хорошо известно. Оно нашло отражение в заявлениях в разные инстанции, в газетных статьях и фельетонах, в выступлениях по радио, телевидению и в кино. Ну а как жители оценивают существующие требования к ограничению шума? Чтобы выявить эту оценку, пришлось провести большое исследование, в котором совместились измерения объективных параметров шума и звукоизоляционных свойств конструкций с опросом жителей. Оно выполнено в 1981—1983 гг. рядом организаций — ЦНИИЭПжилища, ЛенЗНИИЭП, ТбилЗНИИЭП, НИИСФ и МНИИТЭП [6]. В 1984 г. результаты подобного исследования, проведенного Государственной испы-

тательной станцией в г. Боросе, были опубликованы в Швеции [7].

В СССР было опрошено более 3 тыс. жителей в 16 домах (в Москве, Ленинграде и Тбилиси), в Швеции — около 300 человек, проживающих в восьми районах жилой застройки. Жители оценивали беспокоящее воздействие шума, проникающего в квартиру (СССР), и звукоизоляционные свойства конструкций (Швеция). Показателем субъективной оценки служила доля опрошенных (Б, %), отметивших беспокоящее воздействие шума или оценивших звукоизоляцию как неудовлетворительную. При сравнении показатели оказались практически одинаковыми. Это позволило сопоставить результаты, полученные в двух разных странах.

В СССР жители оценили шумы, проникающие с улицы при закрытых окнах и открытых для проветривания форточках или узких створках; воздушные шумы, проникающие из соседних квартир через стены и перекрытия; ударные шумы, проникающие через перекрытия. В Швеции были оценены звукоизоляционные свойства межквартирных стен и перекрытий в многоквартирных домах, а также стен, разделяющих сблокированные многоквартирные дома.

В обследованных домах были измерены фактические звукоизоляционные свойства межквартирных ограждений и определены усредненные по дому значения измеренных индексов изоляции воздушного шума стенами и перекрытиями (I_n^u , дБ) и приведенного уровня ударного шума под перекрытием (I_y^u , дБ). Перед всеми фасадами этих домов были измерены эквивалентные уровни звука ($L_{A экв}^u$, дБА) внешних, преимущественно транспортных шумов (только в СССР). Измерения проводились в наиболее шумные периоды времени днем и ночью. Поскольку требования к шуму для дня и ночи различны, в качестве оценки шумности перед фасадом дома принимали большую разность между измеренным и допустимым эквивалентным уровнями звука ($L_{A экв}^u - L_{A экв}^d$) из полученных днем и ночью.

Акустические условия в обследованных домах и вокруг них оказались и хуже, и лучше требуемых. Усредненные по дому значения индекса изоляции воздушного шума межквартирными стенами и перекрытиями в от-

дельных домах составляли от 45 до 59 дБ при требуемом значении $I_{\text{в}} \geq 50$ дБ, а индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием — от 59 до 71 дБ при требуемом значении $I_{\text{у}} \leq 67$ дБ. Эквивалентные уровни звука перед фасадами обследованных зданий менялись от значений, на 4 дБА меньших, до значений, на 20 дБА больших допустимого. Это позволило получить зависимости показателя субъективной оценки беспокоящего воздействия шума (Б) от объективных характеристик самого шума ($L_{\text{А экв}}^{\text{н}} - L_{\text{А экв}}^{\text{д}}$) или звукоизоляционных характеристик конструкции, через которую он проникает ($I_{\text{в}}^{\text{н}}$ или $I_{\text{у}}^{\text{н}}$).

В качестве примера на рис. 3 приведены показатели субъективной оценки (Б, %) воздушного шума, проникающего из соседних квартир через стены и перекрытия, в зависимости от усредненного по дому значения индекса изоляции воздушного шума ($I_{\text{в}}^{\text{н}}$). На графиках приведены результаты, полученные в СССР и Швеции. И те и другие данные имеют определенный разброс, связанный с вероятностно-статистическим характером результатов опроса. Вместе с тем видно, что они хорошо укладываются в общие зависимости, выраженные линиями регрессии (5). Такая линия — графическое изображение усредненной зависимости между параметрами. С определенной точностью она дает среднее значение Б при заданном $I_{\text{в}}^{\text{н}}$. Построение такой линии правомерно, если связь между рассматриваемыми параметрами достаточно тесна. О тесноте этой связи, носящей вероятностно-статистический характер, судят по коэффициенту корреляции между ними. О наличии достаточно тесной связи можно говорить, если значение этого коэффициента больше 0,5, причем теснота связи растет по мере его приближения к единице.

Коэффициент корреляции между различными параметрами изучаемых параметров (Б и $I_{\text{в}}^{\text{н}}$, Б и $L_{\text{А экв}}^{\text{н}} - L_{\text{А экв}}^{\text{д}}$ и т. д.) меняется от 0,7 до 0,9. Таким образом, можно говорить о достаточно тесной связи между субъективной оценкой и объективными показателями шумов или звукоизоляционных свойств конструкций, о четко выраженных зависимостях между ними.

Рассмотрим теперь сами эти зависимости. На рис. 4 показатель субъективной оценки беспокоящего воздействия шума (Б) поставлен в зависимость от разности

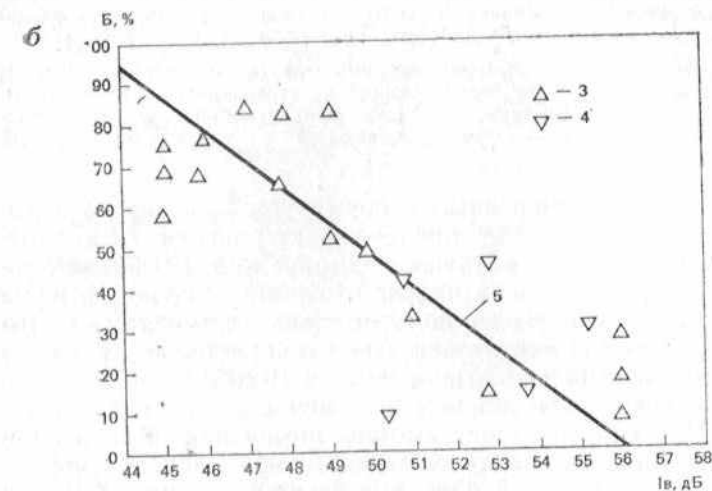
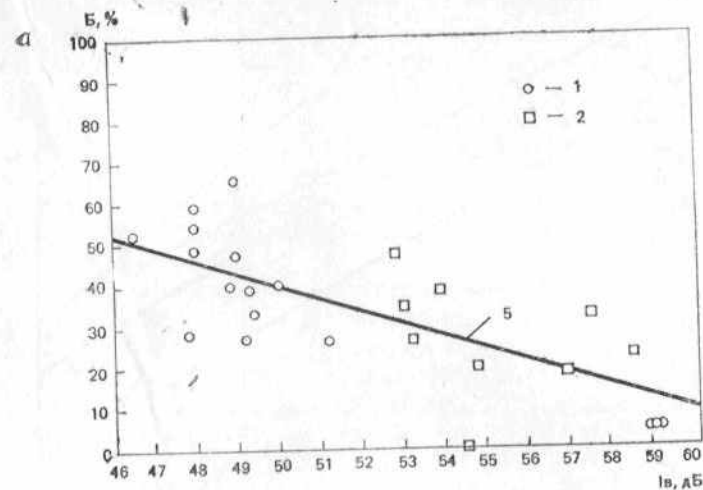


Рис. 3. Оценка проживающими беспокоящего воздействия (Б) воздушного шума, проникающего через межквартирные стены (а) и междуэтажные перекрытия (б), в зависимости от индекса изоляции воздушного шума ограждением ($I_{\text{в}}^{\text{н}}$):

1 — межквартирные стены в многоквартирных домах в СССР; 2 — то же в Швеции; 3 — междуэтажные перекрытия в СССР; 4 — то же в Швеции; 5 — линия зависимости (регрессии)

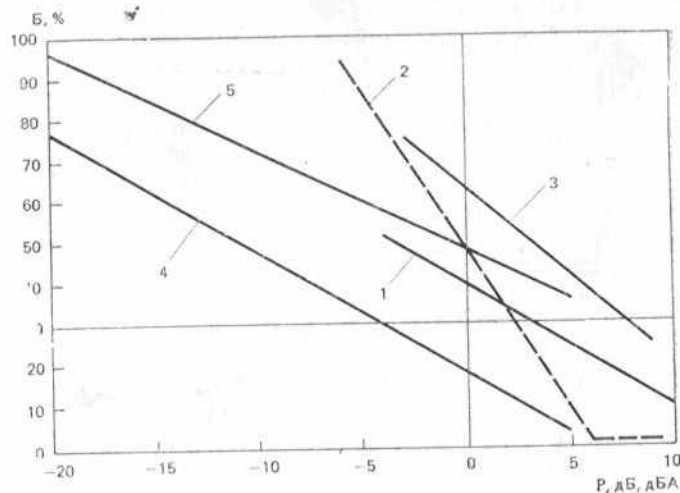


Рис. 4. Усредненные зависимости (регрессии) между оценкой беспокойного воздействия шума B и разностью между измеренным и нормируемым значениями объективных характеристик звукоизоляции или шума P ($P = \bar{I}_в'' - I_в''$; $P = I_у'' - \bar{I}_у''$; $P = L_{\text{Азкв}}^A - L_{\text{Азкв}}''$):
 1 — воздушный шум, проникающий через межквартирные стены;
 2 — воздушный шум, проникающий через междуэтажные перекрытия;
 3 — ударный шум; 4 — шум, проникающий с улицы при закрытых окнах; 5 — шум, проникающий с улицы при открытых окнах

(P) между измеренным и нормируемым значениями соответствующей объективной характеристики. Если измеренное значение «лучше» нормируемого (меньший уровень звука, больший индекс изоляции воздушного шума и т. д.), эта разность положительна, если «хуже» — отрицательна. Следует сказать, что при оценке внешних шумов повышающая поправка (в 10 дБА) для фасадов, ориентированных на источник шума, не учитывалась.

Приведенные зависимости позволяют выявить усредненную оценку проживающими действующих нормативных требований. Она выражается значением B при $P=0$.

Когда уровень звука перед фасадом равен допустимому, шумы, проникающие с улицы, беспокоят в среднем 18% проживающих (при закрытых окнах) и 48% (при открытых окнах). Если учесть, что допускаемый уровень шума перед фасадом, ориентированным на ма-

гистраль, повышается на 10 дБА, то среднее число жалоб людей, проживающих в помещениях, окна которых выходят на этот фасад, достигнет 47 и 72% (соответственно при закрытых и открытых окнах).

При нормируемых значениях индексов звукоизоляции ($I_в=50$ дБ или $I_у=67$ дБ) на воздушные шумы, проникающие через межквартирные стены, жалуются в среднем 39% проживающих, на воздушные шумы, проникающие через перекрытия, — 46%, на ударные шумы — 62% проживающих.

В медико-гигиенических исследованиях принято считать, что число жалоб проживающих на раздражающие факторы внешней среды не должно превышать 10%. Это, однако, относится к жалобам, которые возникают без какого-либо побуждения извне. Если жалобы носят пассивный характер, т. е. если они выявлены в результате опроса, допустимый их предел равен 30%. Из приведенных выше данных видно, что этот гигиенический предел действующие требования обеспечивают только в отношении допустимого шума у фасада дома, не ориентированного на источник внешнего шума и в том случае, если окна закрыты. Ну а если они открыты? И что сказать о требованиях, ограничивающих другие шумы? Из выявленного мнения жителей следуют серьезные выводы и для специалистов.

Выводы для специалистов

Первый и очень важный вывод. Значительное число жителей не удовлетворено действующими требованиями, ограничивающими шум в жилище. Причем число это во многих случаях существенно превышает гигиенический предел — 30%. Можно сказать, что жители решительно отвергли мнение тех, кто склонен считать действующие требования чрезмерными.

Второй вывод. Требования к уровню внешних (транспортных) шумов у фасадов дома удовлетворяют жителей только при закрытых окнах, выходящих на фасады, которые не обращены к источнику шума (транспортной магистрали). Однако вентиляция помещений в наших жилых домах рассчитана на поступление свежего воздуха через открытые окна и форточки. Только при этом обеспечивается гигиенически необходимая кратность воздухообмена в помещении (для поддержания нор-

мального газового состава и влажности воздуха, удаления запахов, вредных веществ, выделяемых некоторыми синтетическими материалами, микроорганизмов и т. д.). В южных зонах страны для поддержания приемлемых температурных условий необходимо сквозное проветривание квартир через открытые окна, выходящие на разные фасады дома. В северных районах отсутствие должной вентиляции в зимних условиях приводит к чрезмерной влажности воздуха в помещениях и возможной конденсации влаги на поверхностях наружных стен в зонах повышенного охлаждения (в углах и т. п.). Таким образом, защита от внешнего шума простым закрытием окон, а тем более их дополнительным уплотнением при существующей системе вентиляции приводит к ряду нежелательных последствий. Поэтому второй вывод может звучать так. **Требования к уровню внешних шумов у фасада дома не обеспечивают приемлемых для жителей акустических условий в жилых помещениях при применяющейся системе их вентиляции и существующих требованиях к воздухообмену.**

Неудовлетворенность жителей существующими требованиями к внешним шумам особенно возрастает, если комнаты, в которых они живут, ориентированы окнами на транспортную магистраль. Здесь следует сказать о том, что повышающая поправка в 10 дБА была введена для таких фасадов дома в предположении, что они будут иметь окна с повышенной звукоизоляцией. Однако это предположение в подавляющем большинстве случаев еще не стало реальностью. Основная причина — необходимость сочетания окон с повышенной звукоизоляцией с особой (шумозащитной) системой вентиляции.

Третий вывод. Число жалоб на все виды бытовых шумов, проникающих из соседних квартир, при требуемых звукоизоляционных свойствах конструкций не соответствует гигиеническому пределу. В наибольшей степени жители не удовлетворены требованиями к изоляции ударного шума. Они более чувствительны к воздушным шумам, проникающим через междуэтажные перекрытия, чем через межквартирные стены. Это объясняется тем, что площадь перекрытий в квартире значительно больше площади межквартирных стен.

Из усредненных зависимостей, приведенных на рис. 4, видно, что можно уменьшить среднее число жалоб на бытовые шумы до 30%, если усилить требования к изо-

ляции воздушного шума перекрытиями и межквартирными стенами на 2—3 дБ, а к изоляции ударного шума — на 8 дБ.

Общий вывод, следующий из результатов опроса жителей и изложенных здесь соображений, — **необходимо совершенствовать существующие нормативные требования.** Это относится не только к требованиям, непосредственно ограничивающим шум. Seriously затрагиваются также требования к вентиляции помещений и те, которые регламентируют контроль качества строительства (о них будет сказано дальше).

Реакцией специалистов на приведенные выше выводы стала начатая работа по пересмотру главы СНиПа, посвященной защите от шума.

Поскольку уровень требований, предъявляемых к защите жилища от шума, серьезно влияет на стоимость жилищного строительства, решение об их пересмотре должно быть тщательно обосновано. Прежде всего необходимо рассмотреть реальное положение дел в этой области, выяснить степень выполнения действующих требований в массовом строительстве, определить наиболее целесообразные направления улучшения акустического режима в жилище. Рассмотрению этих вопросов и посвящены следующие разделы брошюры.

ЗАЩИТА ОТ БЫТОВЫХ ШУМОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В СОСЕДНИХ КВАРТИРАХ

Фактические звукоизоляционные свойства конструкций в строящихся домах

Звукоизоляционные свойства конструкций задаются проектировщиком, который использует для их прогноза методы расчета, предусмотренные строительными нормами и правилами. Однако эти методы позволяют учесть не все параметры конструкций, не все реальные условия и воздействия, которые могут возникнуть в жилом доме. Поэтому СНиП требует в новых проектах окончательно оценивать звукоизоляционные свойства конструкций на основе измерений в экспериментальных домах-представителях [5].

В настоящее время значительную часть жилых домов строят по типовым проектам третьего поколения, кото-

рые разрабатываются с начала 70-х годов. Эти дома отличаются улучшенной планировкой квартир, большим соответствием демографическому составу населения и местным условиям, более высоким требованиям к эксплуатационным свойствам. В 1971 г. были повышены требования и к звукоизоляционным свойствам межквартирных ограждений: на 1 дБ — к изоляции воздушного шума и на 3 дБ — ударного.

Проекты жилых домов третьего поколения, предназначенные для наиболее массового применения, прошли тщательную отработку на экспериментальных домах-представителях. В них проводили социологические исследования и опросы проживающих, изучали фактические эксплуатационные свойства, в том числе и звукоизоляционные. Это позволило своевременно внести в проекты необходимые поправки.

Среди таких домов-представителей были крупнопанельные здания различной конструктивно-планировочной системы и этажности, с внутренними конструкциями из тяжелого и различных видов легкого бетона, а также кирпичные здания с легкими наружными стенами и др. Испытания проводились в Москве и Тольятти, Смоленске и Новокуйбышевске, Таганроге и Туле, Липецке и Воскресенске, Череповце, Орле и других городах.

Исследования, проведенные в домах-представителях, только что построенных по новым проектам и после двух-трех лет эксплуатации, подтвердили: **звукоизоляционные свойства конструкций, выполненных в соответствии с основными типовыми проектными решениями, соответствуют нормативным требованиям.**

Каковы же эти основные проектные решения?

В крупнопанельных домах высотой до девяти этажей с поперечными несущими стенами применены межквартирные стены из панелей сплошного сечения: из тяжелого бетона толщиной 16 см; из бетонов на пористых заполнителях плотностью не менее 1800 кг/м^3 толщиной 18 см и плотностью не менее 1500 кг/м^3 толщиной 20 см. Они обеспечивают необходимую звукоизоляцию без запаса, т. е. находятся, так сказать, на пределе. По толщине эти стены вполне отвечают и условиям прочности. Их утолщение (для создания запаса звукоизоляции) привело бы к значительным дополнительным затратам, учитывая большой «тираж» типовых конструкций. Важ-

ное условие удовлетворительной звукоизоляции этих находящихся «на пределе» межквартирных стен — **отсутствие в них каких-либо ослаблений** (сквозных трещин и т. п.).

В крупнопанельных домах повышенной этажности (более девяти этажей) с поперечными несущими стенами исходя из условий прочности применяют внутренние стены из тяжелого бетона толщиной 18—20 см, а в домах с продольными несущими стенами — толщиной 25 см. В кирпичных и крупноблочных домах толщина внутренних несущих стен достигает 40 см. В этих случаях запас звукоизоляции — «побочный продукт» выполнения других технологических или эксплуатационных требований.

Основными типовыми вариантами междуэтажных перекрытий в проектах третьего поколения стали перекрытия с различными решениями отдельных полов, которые отделялись от несущей части перекрытия звукоизоляционной прослойкой (полы из досок, паркетных досок или щитов по лагам, полы из различных покрытий по монолитной или сборной бетонной стяжке). В качестве несущей части перекрытия малого пролета (до 4 м) использовались железобетонные сплошные плиты толщиной 10—12 см, а большого пролета (около 6 м) — железобетонные плиты толщиной 22 см с круглыми пустотами и приведенной толщины бетона около 12 см. Были разработаны типовые детали отдельных полов, в которых указаны различные варианты покрытия пола, его основания и звукоизоляционной прослойки [8]. Перекрытия с такими полами надежно обеспечивают требуемую изоляцию воздушного и ударного шума.

В проектах крупнопанельных домов повышенной этажности, с малым шагом поперечных несущих стен, разработанных для строительства в Москве, использованы перекрытия из железобетонных плит толщиной 14 см со слонстыми полами из паркета или паркетных досок, уложенных по звукоизоляционной прослойке из мягких и твердых древесноволокнистых плит. При выполнении полов в соответствии с проектом звукоизоляционные свойства таких перекрытий вполне удовлетворительны.

И наконец, еще одна разновидность крупнопанельных домов — со смешанным шагом поперечных несущих стен. В них чередуются перекрытия большого и малого пролетов и для унификации приняты железобетонные

плиты одной толщины (16 см), но при большом пролете — с предварительно напряженной арматурой, а при малом — с обычной. В качестве пола в них применен линолеум на теплозвукоизолирующей основе. Звукоизоляционные свойства этих перекрытий также находятся на пределе. Важные условия их удовлетворительности — герметизация расположенных посреди помещения стыков между плитами большого пролета и использование «планировочного эффекта» в перекрытиях малого пролета, заключающегося в том, что жилая комната должна занимать только часть площади панели перекрытия. (Об этом эффекте мы расскажем дальше.)

Вот с такими основными внутренними конструкциями, обеспечивающими требования к звукоизоляции, «стартовали» типовые проекты жилых домов третьего поколения. Однако в процессе их освоения домостроительными предприятиями и строительными организациями проявились такие факторы, которые не только повлияли на воплощение проектов в натуре, но и вызвали их изменение.

Один из факторов — определенная инерционность заводского домостроительного производства, где переход на новые проектные решения связан с изменением технологии, с модернизацией оборудования, требующими времени и затрат. Инерционность домостроительного производства выразилась в продолжении применения на практике конструктивных решений из проектов второго поколения: на ряде ДСК — панелей межквартирных стен толщиной 14 см и на большинстве ДСК — системы скрытой электропроводки в панелях стен и перекрытий со сквозными отверстиями для установки электророзеток и т. п.

Другой фактор — дефицит тех или иных строительных материалов, предусмотренных в проектах, ограничивающий возможность их применения. Значительный дефицит древесины в сочетании со стремлением снизить трудозатраты на устройство полов привел к включению в проекты крупнопанельных домов с малым шагом поперечных несущих стен перекрытия из сплошных железобетонных панелей толщиной 16 см с полом из линолеума на теплозвукоизолирующей основе. По расчету эта конструкция не обеспечивает требуемой изоляции воздушного шума. Толщина панели в значительной мере определена условием, чтобы ее масса при размерах

панели «на комнату» находилась в пределах грузоподъемности применяемых монтажных кранов.

Следующий фактор — необходимость компенсации дополнительных затрат на строительство домов по проектам третьего поколения, вызванных улучшением их функциональных и эксплуатационных свойств. Эта задача решалась в основном путем изменения проектных решений в направлении уменьшения материалоемкости и трудоемкости конструкций. Изменения производились и по результатам исследований (с учетом практики применения проектов), и стихийно, и на основе волевых решений.

Рассмотренные причины привели к широкому применению в строительстве Москвы и Ленинграда вместо сплошных полов линолеума на теплозвукоизолирующей основе по панелям перекрытия толщиной 14 см.

Таким образом, сформировался набор конструкций межквартирных стен и междуэтажных перекрытий, используемых в настоящее время в массовом жилищном строительстве. Их звукоизоляционные свойства и представляют для нас наибольший интерес. Они определены путем обобщения результатов измерений, выполненных в жилых домах, построенных во многих городах. Это обобщение проведено ЦНИИЭПжилища, ЛенЗНИИЭП, ТбилЗНИИЭП, НИИСФ и МНИИТЭП в 1981—1983 гг. [9]. Каждый вид конструкции был испытан в нескольких домах, а ее звукоизоляционные свойства в каждом доме характеризуются средним из измеренных в нем значений индекса звукоизоляции I_v^n или I_y^n (в доме испытывали от 5 до 12 одинаковых конструкций). Средние значения индексов звукоизоляции выражаются теми же символами, но с черточкой над ними.

Средние значения индексов звукоизоляции одной и той же конструкции, измеренные в разных домах, не совпадают. В качестве примера рассмотрим средние по дому значения индекса I_v^n межквартирных панельных стен сплошного сечения из тяжелого бетона (табл. 1). В таблице приведены и расчетные значения индекса I_p^y .

Вероятностно-статистический анализ показывает, что обнаруженные в разных домах различия на 2—3 дБ средних звукоизоляционных характеристик одинаковых конструкций не являются результатом случайного раз-

Таблица 1

Звукоизоляционные характеристики
межквартирных стен,
измеренные в разных крупнопанельных домах

Толщина панели стены, см	Число домов	Средние по дому индексы $I_{в}^n$, дБ			$I_{в}^p$, дБ
		наимень- шие	наиболь- шие	средние	
14	5	46	48,5	47,6	49
16	4	48	51	49,3	50
18	4	49	51,3	50,1	51

броса, а вызваны изменением их параметров, влияющих на звукоизоляцию. Следует отметить, что эти различия не так уж малы: они соответствуют изменению звукового давления в изолируемом помещении на 26—41%!

Мы намеренно рассматриваем наиболее простые конструкции — однослойные стены из панелей сплошного сечения. При заданном материале их звукоизоляционные свойства зависят только от толщины. Ее изменение от 14 до 18 см приводит к увеличению индекса $I_{в}^n$ (и по расчету, и в среднем по данным испытаний) всего на 2 дБ. А разброс значений этого индекса у конструкций одной и той же толщины больше. Чем же это объяснить?

Причина — разное качество выполнения узлов и деталей конструкций, в которых возможно образование сквозных трещин и щелей (места установки или пропуска элементов инженерного оборудования, стыки и др.). В тех домах, где эти узлы и детали выполнены правильно, где в межквартирных стенах отсутствуют трещины или щели, измеренные индексы $I_{в}^n$ соответствуют расчетным или даже превышают их. В этом случае стены толщиной 16 см удовлетворяют нормативным требованиям ($I_{в}^n=50$ дБ), а при толщине 18 см создают даже некоторый запас звукоизоляции. Толщина же стен 14 см недостаточна, что было ясно и без испытаний и лишней раз подтверждено ими.

Чтобы убедиться в правильности приведенной выше

причины ухудшения звукоизоляции, межквартирные стены испытали повторно. Но при этом зоны возможных ослаблений конструкций (места установки электророзеток в сквозных отверстиях и т. п.) закрывали заглушками, которые устраняли повышенное проникновение звука. Это «вылечивало» стену: ее звукоизоляция достигала ожидаемого — расчетного — значения. Повышенное проникновение звука через трещины и щели в стыках или других элементах межквартирных стен обнаруживали также специальным прибором — акустическим щупом.

Обратимся теперь к звукоизоляционным характеристикам междуэтажных перекрытий из сплошных железобетонных панелей с полом из линолеума на теплозвукоизолирующей основе, полученным при измерении звукоизоляции в крупнопанельных домах с малым шагом поперечных несущих стен (табл. 2). С точки зрения аку-

Таблица 2

Звукоизоляционные характеристики
междуэтажных перекрытий,
измеренные в разных крупнопанельных домах

Толщина панели пе- рекрытия, см	Число домов	Средние по дому индексы					
		$I_{в}^n$, дБ			$I_{у}^n$, дБ		
		наимень- шие	наиболь- шие	сред- ние	наимень- шие	наиболь- шие	сред- ние
14	4	45	49	46,6	62	69	66,9
16	5	45	49	47,3	59	67	63

стики эти перекрытия отличаются от только что рассмотренных стен лишь наличием двухслойного покрытия пола. Верхний его плотный слой (слой износа) — из пластмассы, а нижний, упруго-мягкий слой — из волокнистого или пористого материала (войлока из природных или искусственных волокон, вспененной пластмассы и т. п.). Такое покрытие применяют для улучшения изоляции ударного шума.

Ударные шумы хорошо проникают через конструкции

из твердых материалов, даже весьма толстые. Известно, что узники, томившиеся в крепостных казематах, переговаривались друг с другом, постукивая по разделявшим их толстым каменным стенам.

Двухслойное покрытие пола превратило акустически однородную конструкцию в акустически неоднородную. Первая колеблется под воздействием звука как единое целое, а во второй отдельные ее слои или элементы могут совершать «самостоятельные» перемещения и колебания, отличающиеся друг от друга амплитудой и фазой. К чему же привело такое превращение?

При ударе по двухслойному покрытию оно сминается, поглощая часть энергии удара. При этом торможение ударяющего тела происходит медленнее, т. е. его ускорение меньше, чем при ударе по твердой поверхности. Соответственно меньше и сила удара, которая пропорциональна массе ударяющего тела и его ускорению. Действительно, после укладки покрытия пола изоляция ударного шума улучшилась в среднем на 17—19 дБ. Это значит, что звуковое давление под перекрытием уменьшилось в 7—9 раз. А вот изоляция воздушного шума ухудшилась в среднем на 1—2 дБ. Это видно при сравнении индексов I_n межквартирных стен и междуэтажных перекрытий из панелей одинаковой толщины (см. табл. 1 и 2) и подтверждено измерениями звукоизоляции до и после устройства пола. Пока только отметим данный факт, оставив объяснение его причины для следующего раздела.

В итоге ни в одном из домов рассматриваемые перекрытия не обеспечивают требуемой изоляции воздушного шума ($I_n \geq 50$ дБ). Изоляция ударного шума в большинстве домов соответствует требуемой ($I_y \leq 67$ дБ). Причины разброса изоляции воздушного шума в одинаковых перекрытиях, но в разных домах те же, что и в стенах. Это различное исполнение деталей и узлов, в которых возможны трещины, щели (элементов скрытой электропроводки, мест пропуска через перекрытие труб отопления и т. д.). Различия в изоляции ударного шума одинаковыми перекрытиями вызваны в основном разным качеством покрытия пола (разная толщина и упругость подосновы и т. п.).

Рассмотрев наиболее простые конструкции стен и

перекрытий, мы убедились в том, какое значительное влияние оказывают на их звукоизоляционные свойства на первый взгляд малозначащие элементы и детали. Перейдем теперь к другим конструкциям.

Результаты натуральных измерений в домах массового строительства подтвердили выводы, полученные в домах-представителях. В то же время они выявили случаи снижения звукоизоляционных свойств межквартирных стен толщиной 18—20 см из тяжелого бетона и из легких бетонов, а также более толстых стен, вызванные наличием в их элементах и узлах сквозных щелей и трещин. Измерения показали, что перекрытия с различными видами отдельных полов имеют индекс изоляции воздушного шума I_n от 49 до 58 дБ, т. е. в среднем 53 дБ, а индекс приведенного уровня ударного шума I_y — от 68 до 59 дБ, т. е. в среднем 63 дБ. Таким образом, фактические звукоизоляционные свойства этих перекрытий в среднем на 2—4 дБ лучше требуемых. Случаи неудовлетворительной звукоизоляции в отдельных домах связаны с нарушениями при строительстве типовых решений полов в части звукоизоляционной прослойки или примыканий полов к стенам.

Перекрытия со слоистыми полами из паркета, уложенного по древесноволокнистым плитам и панелям толщиной 14 см, имеют в среднем индексы $I_n = 51$ дБ и $I_y = 64$ дБ, что на 1—3 дБ «лучше» требуемых значений. Случаи неудовлетворительной звукоизоляции в отдельных домах вызваны уменьшением толщины прослойки из древесноволокнистых плит по сравнению с проектной.

Итак, проверка в массовом строительстве подтвердила правильность с точки зрения звукоизоляции основных конструктивных решений домов, строящихся по проектам третьего поколения. В то же время она выявила небезоснованность некоторых изменений конструктивных решений, происшедших в процессе освоения этих проектов, показала, что отклонения от проекта и некачественное выполнение деталей и узлов конструкций (стыков, элементов, связанных с инженерным оборудованием дома, и др.) вызывают «болезни» в целом вполне здоровых конструкций и приводят к ухудшению звукоизоляционных свойств домов.

Причины неудовлетворительной звукоизоляции и способы ее улучшения

Чтобы разобраться в причинах ухудшения звукоизоляции в жилых домах и определить способы ее улучшения, вспомним главные закономерности, которые «управляют» звукоизоляционными свойствами конструкций.

Источник шума создает в помещении звуковое поле, которое воздействует на все ограждающие помещение конструкции, оказывая на их поверхность переменное давление. Под воздействием звука происходят колебания конструкций, которые, в свою очередь, становятся источниками звука, вызывая колебания воздуха в соседних помещениях, излучая в них звуковую энергию. Через конструктивные узлы здания звуковые колебания передаются в виде структурного шума смежным конструкциям, которые также излучают звук в ограждаемые ими помещения (рис. 5). Таким образом происходит косвенная передача звука по фланговым конструкциям — в обход ограждения, разделяющего два помещения.

Звукоизоляция соседних помещений зависит от передачи звука как прямым, так и косвенными путями, от способности конструкций уменьшать уровень шумов, распространяющихся этими путями.

Способность акустически однородной конструкции сопротивляться воздействию на нее переменному звуковому давлению в значительной мере определяется ее инерционностью, которая выражается массой единицы ее поверхности — поверхностной плотностью (q). Теория звукоизоляции начиналась с «закона массы», согласно которому удвоение частоты звука или поверхностной плотности конструкции приводит к увеличению звукоизоляции на 6 дБ. Простой и удобный закон!

Однако при колебаниях ограждений возникают не только инерционные силы, но и силы упругости, стремящиеся вернуть конструкцию в первоначальное положение. Для системы, в которой действуют эти два вида сил, характерны собственные колебания, которые происходят на определенных — собственных — частотах.

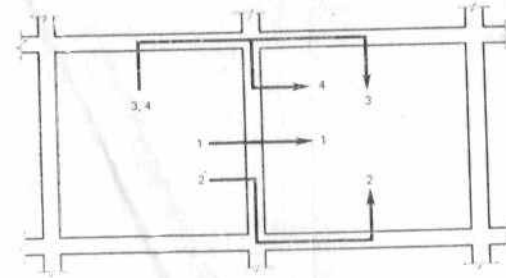


Рис. 5. Основные пути передачи звука между смежными помещениями: 1 — прямой; 2, 3, 4 — косвенные

Если на конструкцию воздействует внешняя переменная сила с частотой, равной одной из ее собственных частот, то возникает удивительное явление — резонанс. При резонансе инерционные и упругие силы в конструкции не сопротивляются колебаниям, а способствуют им. Амплитуда колебаний быстро возрастает почти без увеличения внешней силы. Предел этому возрастанию могут положить только силы внутреннего трения, которые также увеличиваются вместе с ростом амплитуды колебаний.

Резонанс — мощное воздействие. Взвод солдат, идущих в ногу, может раскачать и даже разрушить стальной мост, если ритм их шагов совпадает с частотой собственных колебаний моста, т. е. если возникнет резонанс.

Резонанс — та сила, которая деформирует, разрушает «закон массы».

Основной вид колебаний, посредством которых звуковая энергия передается через однородное ограждение, — это колебания изгиба, изгибные волны. Поэтому упругие силы, возникающие в конструкции, зависят от ее изгибной жесткости (B), т. е. от произведения момента инерции поперечного сечения конструкции (I) на модуль упругости материала (E).

Собственные частоты конструкции, на которых возможен резонанс, определяются сочетанием двух основных параметров — ее поверхностной плотности и изгибной жесткости.

При воздействии звукового поля на ограждение, кроме простых резонансов, возникают также пространственно-частотные резонансы, т. е., кроме частоты колебаний, совпадает и распределение звукового давления на поверхности конструкции с распределением

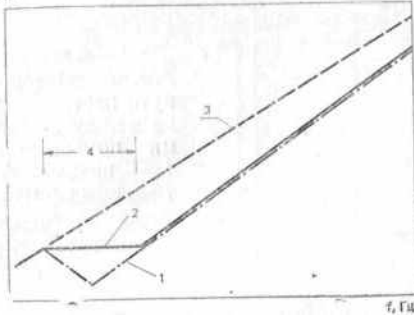


Рис. 6. Обобщенные частотные характеристики изоляции воздушного шума R акустически однородной конструкцией: 1 — фактическая при меньшем коэффициенте потерь звуковой энергии; 2 — то же, при большем коэффициенте; 3 — по «закону массы»; 4 — область наибольшего влияния пространственно-частотных резонансов

амплитуды колебаний в ее изгибной волне. В зоне действия таких резонансов звукоизоляция не увеличивается с ростом частоты звука (как должно быть по «закону массы»), а может даже уменьшиться, образуя «резонансный провал».

Глубина такого провала зависит от потерь звуковой энергии в ограждении (рис. 6). Внутреннее трение в материале, о котором сказано выше, — одна из причин потерь звуковой энергии в конструкции. Другие ее причины — закрепление ограждающей конструкции по контуру и отток энергии в смежные конструкции. Потери звуковой энергии в материале ограждающей конструкции и в ней самой в целом характеризуются коэффициентами потерь (η и η_0). Первый учитывает только потери на внутреннее трение в материале, второй — все потери звуковой энергии в ограждающей конструкции.

Таким образом, изоляция воздушного шума акустически однородной конструкцией определяется тремя основными параметрами: поверхностной плотностью, изгибной жесткостью и потерями звуковой энергии. Для достаточно толстых однородных ограждающих конструкций, которые применяют в жилых домах, увеличение каждого из этих трех параметров приводит к улучшению звукоизоляции.

В жилищном строительстве акустически неоднородные ограждающие конструкции имеют в основном два элемента или слоя из твердых материалов, разделенных воздушным промежутком или звукоизоляционной прослойкой. Это двойные стены (или перегородки) и перекрытия с полом, включающим зву-

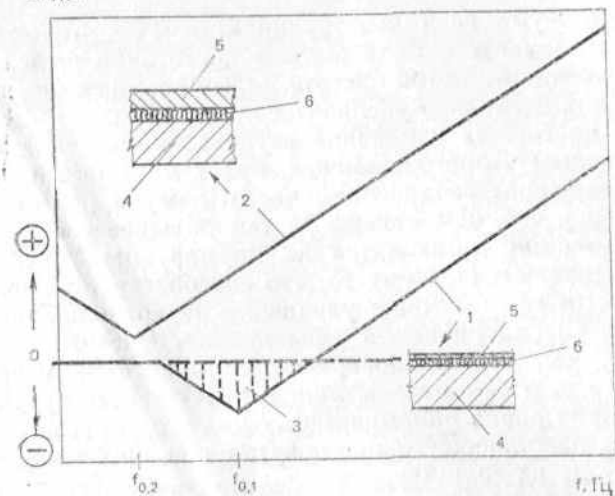


Рис. 7. Обобщенные частотные характеристики изменения изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией ΔR в результате наличия в ней второго элемента (при отсутствии косвенной передачи звука):

1 — при малой поверхностной плотности второго элемента, малых потерях звуковой энергии и большой жесткости прослойки; 2 — при большой поверхностной плотности второго элемента, больших потерях звуковой энергии и малой жесткости прослойки; 3 — область ухудшения звукоизоляции; 4 — основной элемент; 5 — дополнительный элемент; 6 — звукоизоляционная прослойка

коизоляционную прослойку. Основное отличие таких конструкций от однослойных заключается в том, что значительная доля звуковой энергии передается от одного твердого элемента или слоя другому посредством продольных колебаний в воздушном промежутке или звукоизоляционной прослойке. Другими словами, работает система, состоящая из двух масс, как бы соединенных пружиной. И тут снова на передний план выходят собственные частоты рассматриваемой системы и связанные с ними резонансы, причем важнейшая роль принадлежит низшей собственной частоте (f_0). То, как ведет себя конструкция на этой частоте, зависит от соотношения масс двух твердых элементов и потерь звуковой энергии в разделяющем их промежутке или прослойке. Если масса второго элемента мала и малы потери в прослойке, то на частоте f_0 изоляция воз-

душного шума всей конструкцией меньше, чем одним первым элементом. Если же она достаточно велика, то звукоизоляция на этой частоте может остаться без изменений или несколько увеличиться.

На частоте f_0 изменение звукоизоляции, вызванное добавлением второго элемента, будет минимальным, но с последующим увеличением частоты звука растет. Отсюда ясно, что, чем меньше f_0 , тем большее увеличение звукоизоляции приходится на нормируемый диапазон частот (рис. 7). Поэтому то, что способствует уменьшению частоты f_0 , вызывает улучшение звукоизоляционных свойств рассматриваемой конструкции. Частота f_0 тем меньше, чем больше поверхностная плотность второго элемента q_2 и чем меньше линейная жесткость прослойки, которая равна динамическому модулю упругости материала, заполняющего промежуток или прослойку, деленному на их толщину.

Таким образом, при заданных характеристиках первого элемента добавление второго дает тем большее увеличение звукоизоляции, чем больше его поверхностная плотность q_2 и толщина промежутка или прослойки между двумя элементами и чем меньше динамический модуль упругости и больше коэффициент потерь звуковой энергии материалом, заполняющим этот промежуток.

Изоляция воздушного шума акустически неоднородной конструкцией быстро растет с частотой звука и достигает таких высоких значений, что количество проникающей через нее звуковой энергии становится сопоставимым с количеством энергии, проникающей в то же помещение косвенными путями. С ростом частоты звука наступает момент, когда основная доля звуковой энергии проходит в изолируемое помещение по фланговым конструкциям. Он наступает тем скорее, чем больше интенсивность косвенной передачи звука, т. е. чем меньше изоляция воздушного шума фланговыми конструкциями и больше их площадь, излучающая звук в изолируемое помещение, по сравнению с соответствующими характеристиками основного (первого) элемента ограждающей конструкции, разделяющей два помещения. После этого момента дополнительная звукоизоляция помещения, связанная с добавлением второго элемента ограждающей конструкции, больше не увеличивается с ростом частоты звука (рис. 8). Поэтому изоля-

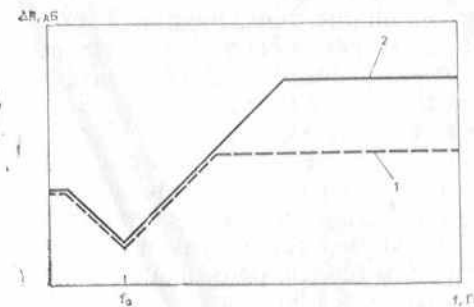


Рис. 8. Обобщенные частотные характеристики изменения изоляции воздушного шума ограждающей конструкции ΔR в связи с наличием в ней второго элемента или слоя:

1 — при большой интенсивности косвенной передачи звука; 2 — при малой интенсивности косвенной передачи звука

ция воздушного шума акустически неоднородной конструкцией заметно зависит от косвенной передачи звука в доме. При прочих равных условиях она тем больше, чем больше изоляция воздушного шума фланговыми конструкциями и меньше их площадь в изолируемом помещении.

Если между элементами акустически неоднородной конструкции имеются жесткие связи (из раствора, бетона, металла, дерева и т. п.), значительная часть звуковой энергии идет по ним в обход звукоизоляционной прослойки или промежутка. Возрастает и косвенная передача звука. Это заметно снижает звукоизоляцию помещений, разделенных такой конструкцией.

Если в ограждении есть сквозная щель (трещина), то происходит снижение изоляции воздушного шума, которое тем больше, чем больше площадь щели и меньше ее звукоизоляционные свойства по сравнению с теми же параметрами ограждения. Худшие звукоизоляционные свойства (наибольшее проникание звука) щель имеет на частотах собственных колебаний заключенного в ней воздуха. Частоты эти, как и в духовых музыкальных инструментах, определяются протяженностью «столба» воздуха. На собственных частотах изоляция воздушного звука щелью может иметь отрицательные значения, т. е. через щель может проходить больше звуковой энергии, чем через ту же площадь открытого пространства. Щель как бы засасывает и перекачивает звук. Уже при ширине 0,3 мм трещина начинает заметно ухудшать звукоизоляцию, и по мере увеличения ширины щели это ухудшение растет. У конструкций толщиной 12—16 см низшая резонансная частота щели f_{D1} составляет 1300—

1000 Гц. С увеличением толщины конструкции частота $f_{р}$ уменьшается и область ухудшения звукоизоляции смещается к середине нормируемого диапазона частот. Вследствие этого трещины и щели столь же опасны для толстых конструкций, как и для тонких.

Если щели соединяют воздух помещений с полостью внутри конструкции, то создается система «щель — полость — щель», которая работает, как известный резонатор Гельмгольца. Собственные частоты такой системы зависят от ширины и глубины щелей, от объема полости и располагаются, как правило, в области низких частот (менее 500 Гц). Так что щель может ухудшить звукоизоляцию и на высоких, и на низких частотах.

Возвращаясь теперь к причинам неудовлетворительной звукоизоляции в жилых домах, мы обнаружим, что в большинстве случаев в их основе лежат либо резонансы, либо косвенная передача звука, либо и то и другое. Проиллюстрируем это примерами [10]. На рис. 9 показано изменение изоляции воздушного шума ΔR в результате прохождения звука через сквозное отверстие в межквартирной стене с установленными в нем штепсельными розетками. Значения ΔR получены в результате двух измерений: конструкций с розетками, уплотненными специальными заглушками, и без заглушек. Хорошо виден резонансный характер ухудшения звукоизоляции. Наибольшее снижение звукоизоляции произошло вблизи низшей собственной частоты воздуха в отверстии.

Рассмотрим причины ухудшения изоляции воздушного шума вследствие укладки пола из линолеума на теплозвукоизолирующей основе на железобетонную плиту перекрытия. И тут главный виновник — резонанс. Низшая собственная частота такого двухслойного перекрытия пола около 500 Гц. Именно на этой частоте виден «резонансный провал» в частотной характеристике изменения изоляции воздушного шума ΔR в результате укладки пола из линолеума (рис. 10). Однако есть и второй виновник — косвенная передача звука. После «резонансного провала» ΔR начинает расти, и этот рост мог бы компенсировать потери звукоизоляции, вызванные резонансом. Но здесь рост звукоизоляции наталкивается на «потолок», предел, определяемый косвенной передачей звука по несущим стенам.

Ранее было показано, что этот «потолок» тем выше,

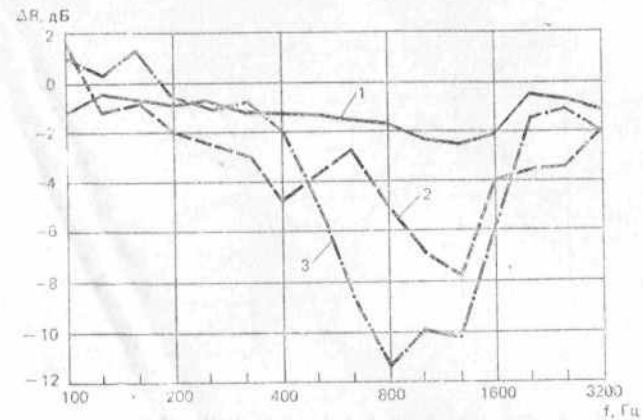


Рис. 9. Изменение изоляции воздушного шума ΔR в результате проникания звука через отверстие в стене с установленными в ней электрическими розетками: 1 — стена из железобетонной панели толщиной 16 см в доме серии 111-121; 2 — стена из железобетонной панели толщиной 18 см в доме серии 11-60; 3 — стена из двух железобетонных панелей толщиной по 12 см, разделенных деформационным швом в доме серии 111-90

чем больше изоляция воздушного шума фланговыми конструкциями и чем меньше их площадь в изолируемом помещении. В рассматриваемом случае фланговые конструкции, по которым идет косвенная передача шума, — это внутренние несущие стены. Несущие перегородки, которые слабо связаны с перекрытием, и наружные стены, имеющие, как правило, значительно большую толщину, чем внутренние, добавляют здесь так мало, что ими можно пренебречь. При перекрытиях малого пролета площадь несущих стен в помещении примерно в 2 раза больше, а средняя толщина их меньше, чем при перекрытиях большого пролета. Этим и объясняется, почему изоляция воздушного шума перекрытиями с полом из линолеума на теплозвукоизолирующей основе лучше при большом их пролете, чем при малом.

Яркий пример совместного отрицательного воздействия на звукоизоляцию резонанса и косвенной передачи звука приведен на рис. 11. На нем показаны частотные характеристики изоляции воздушного шума межквартирными стенами из кирпича, оштукатуренными с двух сторон, толщиной около 40 см. В этом доме применены

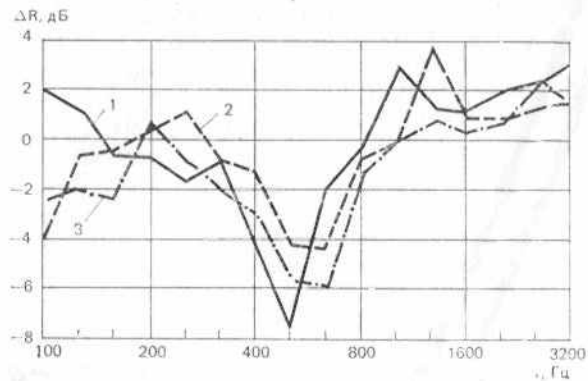


Рис. 10. Изменение изоляции воздушного шума ΔR в результате укладки линолеума на теплозвукоизолирующей основе на перекрытии:

1 — из сплошных панелей толщиной 14 см в доме серии 1-464-ЛТ; 2 — из сплошных панелей толщиной от 16 до 20 см в доме серии 111-121; 3 — из многослойных плит толщиной 22 см со стяжкой толщиной 4 см в доме 16-3А

легкие наружные стены из панелей с деревянным каркасом, обшивками из асбестоцементных плит и утеплителем из минераловатных плит. В одном случае межквартирная стена подходит к наружной стене в месте шва между легкими панелями (который препятствует косвенной передаче звука по ним), во втором случае — в средней части панели размером на две комнаты. Косвенная передача звука по внутренней обшивке панели наружной стены резко ухудшила звукоизоляцию помещений. Наибольшее ухудшение произошло на частотах, соответствующих пространственно-частотному резонансу асбестоцементных листов толщиной 10 мм (2500 Гц). За два года эксплуатации произошло дополнительное ухудшение звукоизоляции в месте примыкания межквартирной стены к наружной, что объясняется отсутствием должной герметизации этого стыка. Таким образом, большой запас звукоизоляции кирпичной стены был полностью исчерпан.

Наиболее частый дефект при устройстве отдельных слоистых полов, приводящий к неудовлетворительной звукоизоляции, — жесткая связь настла досок или щитов, монолитного или сборного бетонного основания пола со стенами и перегородками. Зазор между ними, предусмотренный типовыми решениями полов, либо во-

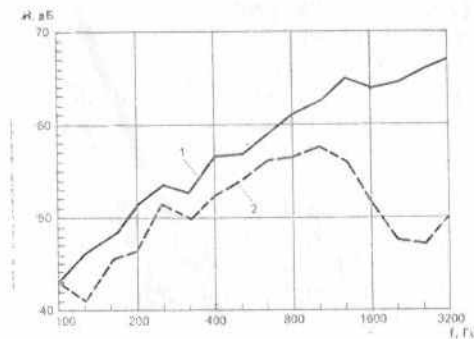


Рис. 11. Частотные характеристики изоляции воздушного шума R кирпичными стенами:

1 — при примыкании к наружной стене из легких панелей в месте стыка; 2 — при примыкании к наружной стене в средней части легкой панели размером на две комнаты

все отсутствует, либо заполнен твердыми материалами (строительным мусором, раствором и т. д.). Образовавшиеся жесткие мостики нарушают основной принцип работы такого перекрытия — увеличивают косвенную передачу звука.

Данные, приведенные в этой главе, позволяют так ответить на поставленный ранее вопрос о целесообразных направлениях совершенствования нормирования звукоизоляции.

1. Не во всех строящихся домах фактическая звукоизоляция соответствует нормам. Прежде чем ставить вопрос об усилении действующих требований, необходимо обеспечить их повсеместное и безусловное выполнение. На достижение этой цели и должно быть направлено совершенствование норм.

2. Если исключить применение проектных решений, заведомо не обеспечивающих требуемую звукоизоляцию (межквартирные стены толщиной 14 см, перекрытия из панелей толщиной 14 и 16 см с линолеумом на теплозвукоизолирующей основе в домах с малым шагом несущих стен), то большинство остальных случаев неудовлетворительной звукоизоляции связано с нарушениями проекта при выполнении так называемых скрытых работ. Это уплотнение стыков, отверстий, мест пропуска инженерных коммуникаций, устройство звукоизоляционной прослойки и примыканий пола к стенам и т. д. Доброкачественное выполнение этих работ возможно только на основе инструментального контроля звукоизоляции в строящихся и сдаваемых в экс-

платацию домах. Поэтому совершенствование норм должно идти в направлении обеспечения такого контроля (этому посвящен следующий раздел брошюры).

Каковы же пути улучшения звукоизоляции нашего жилища, направленные на устранение отмеченных дефектов и улучшение технико-экономических показателей конструкций?

Применение систем скрытой электропроводки, не требующей сквозных отверстий в элементах стен и перекрытий, — наиболее целесообразный путь устранения связанных с этим дефектов звукоизоляции. Это системы с плитусной разводкой проводов, с использованием пластмассовых трубок и коробок, закладываемых в формы до бетонирования панелей, отдельных каналов и несквозных гнезд в панелях и др. Это применение эластичных гильз, например из асбестового картона, асбестового шнура, для пропуска трубопроводов через конструкции. Это герметизация стыков внутренних конструкций, в которых во время эксплуатации возможны взаимные перемещения сопряженных элементов... Чтобы проектировщик применял такие решения, которые могут быть и дороже, расчет звукоизоляции по СНиПу должен учитывать ее ухудшение в случае использования более дешевых, но менее надежных решений. Это тоже необходимое направление совершенствования норм.

Успешное использование линолеума на теплозвукоизолирующей основе возможно, но по несущим плитам перекрытия, преимущественно большого пролета, имеющим запас изоляции воздушного шума. Наиболее целесообразно увеличение изоляции воздушного шума несущими плитами перекрытия путем повышения их жесткости без увеличения массы. В перекрытиях большого пролета это достигается переходом от плит сплошного сечения толщиной 16 см к плитам с круглыми пустотами толщиной 22 см с приведенной толщиной бетона 15—16 см. Приведенная толщина бетона в них увеличена (по сравнению со стандартными плитами) в результате уменьшения сечения пустот и увеличения их шага (утолщения ребер между пустотами). Непосредственная укладка покрытия пола по таким плитам становится возможной при изготовлении калиброванных плит и их монтаже с выравниванием по верхней поверхности. Испытания таких перекрытий в домах серии 467А в Лыткарино и серии 141-СВ в Свердловске дали вполне удов-

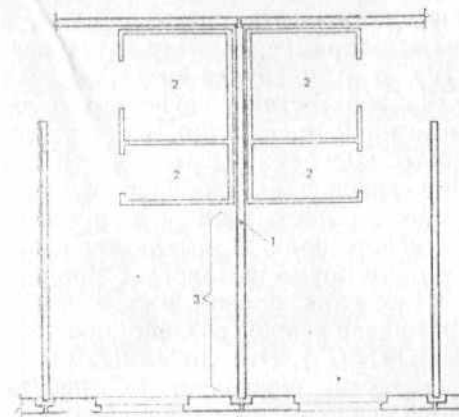


Рис. 12. Пример планировочного решения, при котором часть панели межквартирной стены не подвергается воздействию звукового поля: 1 — панель межквартирной стены; 2 — объемная санитарно-техническая кабинка; 3 — часть панели, подверженная воздействию звукового поля

летворительные результаты. В них индексы изоляции воздушного шума перекрытиями составили 51—52 дБ. Это направление совершенствования перекрытий способствует также снижению расхода стали на армирование панелей.

Один из способов дальнейшего уменьшения расхода бетона в плитах перекрытия — заполнение их пустот сыпучими материалами (песком, керамзитом и т. п.). Это дополнительно увеличивает звукоизоляцию благодаря значительным потерям звуковой энергии в сыпучих материалах. В настоящее время разрабатывается ряд конструкций пустотно-засыпных плит перекрытий, изготовляемых в едином производственном цикле (заполнение пустот совмещается с процессом бетонирования).

Улучшение технико-экономических характеристик перекрытий с отдельными полами при обеспечении требуемой звукоизоляции возможно путем использования индустриальных конструкций пола (паркетных щитов и досок, щитов из мягкой модифицированной древесины, сборных бетонных оснований пола) и эффективных звукоизоляционных материалов (пенополистирольных, минераловатных плит и т. п.).

Повышение технико-экономической эффективности межквартирных стен возможно с помощью конструктивных, технологических и планировочных приемов. Изоляция воздушного шума панельной межквартирной стеной может быть улучшена при таком конструктивно-планировочном решении, когда только часть панели распо-

ложена между соседними жилыми помещениями, а остальная часть прикрыта, например, санитарно-техническими блоками (рис. 12). В этом случае только первая часть панели подвержена воздействию звукового поля, а вторая служит виброгасящей массой, принимая на себя часть энергии звуковых колебаний первой части панели. Потери звуковой энергии в ограждении увеличиваются в связи с ее оттоком в часть панели, не подверженную воздействию звукового поля. В результате этого индекс изоляции воздушного шума возрастает пропорционально логарифму отношения полной площади панели (F) к ее площади, подверженной воздействию звукового поля (F_1): $\Delta I_v = 10 \lg(F/F_1)$. Это тот самый «планировочный эффект», который позволяет обеспечить требуемую звукоизоляцию перекрытия из панелей толщиной 16 см, если жилая комната занимает только часть панели (см. выше).

Уменьшение расхода бетона в межквартирных стенах может быть достигнуто, как и в перекрытиях, применением панелей с круглыми пустотами, в том числе заполненными сыпучими материалами. По результатам испытаний в домах серий 4570/63 и 4570-73/75 стены из панелей толщиной 19 см с приведенной толщиной бетона 11 см и заполнением их пустот керамзитом или песком имели индексы I_v'' соответственно 51 и 52,5 дБ, а из панелей толщиной 21 см с приведенной толщиной бетона 13 см без заполнения пустот — 51,5 дБ и с заполнением пустот керамзитом — 53 дБ.

В случае применения межквартирных стен из бетонов на пористых заполнителях резерв улучшения звукоизоляции заключается в возможности технологическими приемами увеличить модуль упругости бетона при заданной его плотности. При этом достигается увеличение индекса изоляции воздушного шума $\Delta I_v = 11,5 \lg(E_2/E_1)$, где E_1 и E_2 — значения модуля упругости бетона до и после осуществления технологических мер по его увеличению.

Совершенно новый прием улучшения звукоизоляционных свойств акустически однородных бетонных плит — их конструирование из двух или более участков в плане, в которых бетон имеет разные отношения модуля упругости к плотности. От этого отношения зависит длина изгибных волн в плите. Плита, у которой на разных участках длина изгибных волн на рассматриваемой частоте

различная, не может подвергаться пространственно-частотному резонансу по всей своей поверхности. Когда такой резонанс возникает на одном из участков панели, на других он невозможен: эти участки колеблются значительно меньше и сдерживают колебания первого, что приводит к уменьшению прохождения звука, т. е. к улучшению звукоизоляции. Стены из панелей такого типа, испытанные в доме серии 111-89 в г. Чапаевске, имели индекс I_v'' на 2 дБ больше, чем аналогичные панели, у которых отношение модуля упругости к плотности бетона практически одинаково по всей их площади.

Рассмотренные методы и приемы позволяют уменьшать материалоемкость внутренних конструкций жилых домов, надежно сохраняя требуемую звукоизоляцию.

Контроль звукоизоляции

Как показано в предыдущих разделах, важное условие повсеместного обеспечения требуемой звукоизоляции в жилых домах — должное качество строительных работ, от которых зависит это эксплуатационное свойство. О том, что инструментальный контроль звукоизоляции в сдаваемых домах — наиболее надежный способ решения этой проблемы, свидетельствует опыт ряда стран, например ФРГ и Швеции, где такой контроль широко используется многие годы (в Швеции более 20 лет). При неудовлетворительной звукоизоляции в сдаваемом доме строящая его фирма-подрядчик обязана выявить причины обнаруженных дефектов и устранить их. Жесткость контроля привела к тому, что строители предпочитают гарантировать отсутствие дефектов звукоизоляции и применяют конструкции, узлы и детали, которые надежно (с запасом) обеспечивают действующие требования по звукоизоляции. Об этом свидетельствуют, в частности, результаты обследования, приведенные на рис. 3. В 100% домов, обследованных в Швеции, индексы изоляции воздушного шума стенами и перекрытиями были больше 50 дБ и в среднем составляли 54 дБ (нормируемые значения: 50 дБ — для межквартирных стен, 51 дБ — для перекрытий и 53 дБ — для стен между сблокированными многоквартирными домами).

В нашей стране инструментальный контроль звуко-

изоляция в сдаваемых в эксплуатацию домах не проводится, хотя официальная методика контроля была введена в действие в 1977 г. [11]. Это объясняется, в частности, сложностью измерений, дефицитностью используемой аппаратуры, необходимостью организации специальной службы контроля. В этих условиях большой интерес представляет метод, позволяющий контролировать ослабленные участки конструкций, в которых возможно сильное проникание звука через сквозные отверстия, щели, трещины [12]. Мы уже говорили, что именно такие ослабленные участки — основная причина пониженной фактической звукоизоляции в жилых домах. Метод основан на использовании акустического щупа — обычного шумомера с выносным микрофоном, снабженным насадкой с эластичными краями. В одном из помещений, разделенных испытываемой конструкцией, воспроизводят белый шум (содержащий звуки всех слышимых частот — от 20 до 20 000 Гц) — он может быть записан на магнитофоне. В другом помещении микрофон с насадкой прикладывают к поверхности конструкции — сначала в месте возможного ее ослабления, а потом в 20 см от него, где ослабления нет. Насадка, прижатая к поверхности конструкции, образует камеру объемом около 30 см³, в которой и измеряется уровень звука. Если разность полученных в двух положениях микрофона уровней звука равна или больше 6 дБ, это значит, что имеет место такое сильное проникание звука, которое вызывает заметное снижение звукоизоляции (на 1 дБ или больше).

Этот метод контроля, первоначально отработанный в лабораторных условиях, позволяет не только установить сильное проникание звука, но и оценить ширину раскрытия трещины или щели (по значению разности уровней звука в двух положениях микрофона), что, в свою очередь, позволяет рассчитать уменьшение индекса изоляции воздушного шума, вызванное прониканием звука через щель.

Рассмотренный метод дает возможность при помощи простой аппаратуры контролировать важнейшие узлы и детали конструкций, от которых в значительной мере зависит звукоизоляция. В настоящее время шумомеры широко выпускаются промышленностью, они имеются в городских и районных санитарно-эпидемиологических станциях. Метод может быть использован как службой

архитектурно-строительного контроля, так и заводскими или построечными лабораториями.

В нормы целесообразно включить требование о контроле участков конструкций с ослабленной звукоизоляцией в зданиях, сдаваемых в эксплуатацию. Эта мера может значительно улучшить фактическую звукоизоляцию в жилых домах до внедрения системы ее полного инструментального контроля.

ЗАЩИТА ОТ ШУМОВ ИНЖЕНЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Меры по защите жилища от шумов инженерного оборудования можно разделить на четыре группы:

уменьшение шума в источнике (применение малошумного оборудования);

приемы установки и крепления оборудования, эффективно уменьшающие передачу его колебаний на конструкции здания;

приемы объемно-планировочного решения здания, обеспечивающие наибольшее удаление источников шума от жилых помещений;

конструктивные приемы, способствующие уменьшению передачи структурного шума и изоляции воздушного шума от инженерного оборудования.

Постараемся проследить возможности и реальный вклад каждой из указанных групп мер в защиту от шума различных видов инженерного оборудования. Начнем с наиболее распространенного в жилых домах оборудования — систем водоснабжения и водяного отопления.

Первый приближенный к жилищу источник шума в этих системах — центральный тепловой пункт (ЦТП). Это, как правило, отдельно стоящее здание, в котором расположены насосы водоснабжения и отопления. Звуковая мощность насосов отечественного производства весьма велика — они создают в помещении ЦТП уровни звука, превышающие 90 дБА. Сопоставление с лучшими зарубежными образцами говорит о больших, пока еще не реализованных возможностях снижения шума этого оборудования в источнике.

Из ЦТП шум передается в жилые помещения по воздуху и по трубопроводам. Чтобы достаточно снизить воздушную передачу звука, помещения ЦТП необходимо

оборудовать глушителями шума в системе их вентиляции, звукопоглощающей облицовкой потолка и стен, хорошо уплотненными и достаточно массивными дверями и воротами и располагать помещения ЦТП не ближе 25 м от жилых домов [13].

Трубопроводы, идущие от ЦТП, в доме также становятся источниками шума, причем их звуковая мощность зависит как от передачи звука от насосов по стенкам труб и по воде, так и от генерации шума в водяном потоке при пульсации давления, образовании завихрений и полостей при резких поворотах и изменениях сечения труб. Для снижения шумности этих источников необходимо:

правильно назначать расстояния между опорами труб (в зависимости от их диаметра), чтобы избежать резонансов в слышимом диапазоне частот;

устанавливать в водяном потоке глушители шума, работающие по принципу глушителя на выхлопной трубе автомобиля;

выбирать наиболее «мягкие» режимы работы систем (с возможно меньшими давлением и скоростью воды);

избегать резких изменений направления и сечения водяного потока.

Все эти меры вполне осуществимы, хотя и требуют некоторых дополнительных единовременных затрат.

Чтобы уменьшить передачу шума от магистральных трубопроводов конструкциям дома, в месте их ввода в здание нужно устраивать скользящие опоры, избегая жесткой связи труб со стеной. Например, труба может быть подвешена при помощи гибких манжет из резинового листа к замоноличенной в стене стальной гильзе, внутри которой труба проходит. Внутри дома опоры этих труб нужно устанавливать на грунт, отделяя их зазором от пола подвала и других конструкций.

В самом доме основные источники шума рассматриваемых систем расположены в санитарных узлах квартир (ванна, умывальник и унитаз со смывным бачком) и в кухнях (мойка). Шумы в них возникают при движении жидкости по трубам, фасонным деталям, смесителям, вентилям, при истечении жидкости из кранов, душевых сеток и удалении ее через сливные отверстия, сифоны и т. п., а также при ее падении на дно и стенки приборов, либо на слой содержащейся в них воды.

Приходится отметить, что возможности снижения

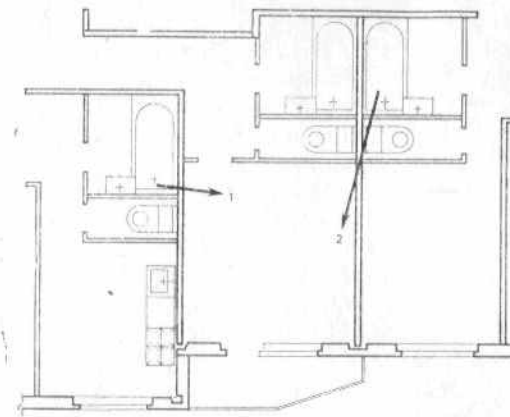


Рис. 13. Взаимное расположение жилых комнат и санитарных узлов соседних квартир: 1 — прямой путь передачи шума; 2 — путь передачи шума по диагонали

шума в источнике путем соответствующего конструирования санитарных приборов и других элементов сетей водоснабжения и водяного отопления пока используются недостаточно. В стандартах и технических условиях на большинство из них отсутствуют требования к шумовым характеристикам.

Передача санитарных шумов конструкциям здания может быть уменьшена также путем отказа от жесткой установки приборов и труб. Для этого нужно крепить их к конструкции, используя эластичные виброизолирующие прокладки, гильзы, уплотнители швов и т. п. Однако реализация этой возможности пока крайне затруднена, так как промышленность не выпускает указанных деталей и материалов для применения в жилых домах.

Таким образом, основными приемами снижения шумов от санитарного оборудования соседних квартир в настоящее время стали планировочные и конструктивные приемы. Наиболее надежные результаты дает отделение жилых комнат от санитарного узла и кухни соседней квартиры такими же помещениями своей квартиры. Другими словами, с точки зрения защиты от этих шумов оптимальной считается такая планировка, при которой санитарные узлы и кухни соседних квартир граничат друг с другом.

Однако во многих типовых проектах жилых домов третьего поколения применены планировочные решения, при которых жилая комната одной квартиры граничит

с кухней или санитарным узлом другой квартиры прямо или по диагонали (рис. 13). Были проведены специальные исследования в домах-представителях серии 111-121 в Воскресенске, 111-83 — в Таганроге, 111-90 — в Смоленске, 111-91 — в Липецке и П-60 — в Тольятти с такими планировочными решениями [14]. Измерения уровня шума, проникающего в жилую комнату одной квартиры при работе сантехнического оборудования другой, показали следующее.

Наиболее мощным источником шума является ванна при ее наполнении или опорожнении, на втором месте — шум при наполнении или опорожнении смывного бачка унитаза. Уровни звука в жилой комнате, вызванные наполнением или опорожнением ванны, на 6—8 дБА превышают допустимое значение независимо от того, передается ли шум по прямой или по диагонали. Пользование умывальниками и мойками не вызывает превышения допустимого уровня шума. Однако это относится к приборам с исправными кранами. Известно, что износ прокладки клапана в кране приводит к резкому — многократному — усилению шума.

Для устранения повышенного шума в исследованных домах был использован такой конструктивный прием. Оборудование санитарного узла было отделено от межквартирной стены дополнительной бетонной стенкой с воздушным зазором между ними. Измерения показали недостаточность этой меры: уровень шума в жилых помещениях при работе сантехнического оборудования соседней квартиры стал ниже допустимого.

В результате рассматриваемого исследования проекты, предназначенные для дальнейшего массового применения, были соответственно исправлены.

Перейдем теперь к лифтовому оборудованию. Источниками шума при работе лифта являются шахта и машинное отделение. В шахте шумы возникают при движении кабины и противовеса по направляющим, при работе поэтажных переключателей, открывании и закрывании дверей. В машинном отделении источниками шума и вибрации служат лебедка и щит управления с реле и переключателями.

В отношении шумности лифтовое оборудование, выпускаемое нашей промышленностью, к сожалению, уступает зарубежным образцам. Например, уровни звука, измеренные в машинных отделениях лифтов отечествен-

ного производства, составили в среднем 77 и 85 дБА, а лифтов финской фирмы «Коне» — 70 и 76 дБА (соответственно в установившемся и переходном режимах работы). Измерения были выполнены в Нижнекамске, в одинаковых домах серии 111-84. Измерения в машинных отделениях наших лифтов в других городах и других домах дают подобные результаты: 76 и 83 дБА — дом серии 141-СВ в Свердловске, 77 и 86 дБА — дом серии 111-121 в Подольске.

Действующие стандарты и технические условия на лифты недостаточно побуждают промышленность снижать шумность лебедок, а требования к шумности движущихся элементов, размещенных в шахте лифта, в них вообще отсутствуют. Поэтому снижение шума в источнике пока остается для лифтов слабо используемым резервом.

Кроме качества заводских агрегатов, узлов и изделий, на шумность лифта жилого дома влияет также качество его монтажа. Измерения показывают, что ухудшение качества монтажа может увеличить шумность в шахте лифта на 4—6 дБА. Этого можно избежать, контролируя фактическую шумность лифта в сдаваемых домах с помощью шумомера.

Важное условие правильной установки главного шумящего агрегата лифта — лебедки, позволяющее эффективно уменьшать передачу ее колебаний конструкциям дома, — применение амортизационной системы с достаточно массивной амортизационной плитой и пружинно-резиновыми амортизаторами. Для упрощения конструкции амортизационную плиту часто заменяют стальной рамой намного меньшей массы и применяют резиновые амортизаторы, что приводит к значительному увеличению передачи колебаний элементам дома. Не допускать таких замен — вполне по силам проектировщикам и строителям. Значительно сложнее обстоит дело с изоляцией шахты лифта от колебаний расположенного в ней оборудования, так как избежать жестких связей между ними пока невозможно. Поэтому для защиты от шумов, главным источником которых является шахта лифта, на первый план снова выходят планировочные и конструктивные приемы.

Строительные нормы и правила запрещают располагать шахту лифта смежно с жилой комнатой. Однако это требование СНиПа подвергается различным толко-

ваниям. Например, его считают выполненным, если шахта лифта отделена от стены жилой комнаты воздушным зазором и не имеет с ней жестких связей. Но выполнимо ли последнее условие? В 16-этажном доме серии И-60 в Тольятти пассажирский и грузопассажирский лифты расположены в самостоятельно стоящей шахте, стенка которой из кирпичной кладки, заполняющей стальной каркас, отделена от стены жилой комнаты зазором 2 см. При одновременном движении двух лифтов уровень звука в жилой комнате превышает допустимый в среднем на 12 дБА. Очевидно, что примененный конструктивный прием не дал ожидаемого результата — жесткие связи устранить не удалось.

В домах серии 141-СВ, построенных в Свердловске, лифтовая шахта расположена в середине лифтово-лестничного узла и отделена от жилой комнаты либо лифтовым холлом, либо лестничной клеткой. Превышение допустимого уровня шума в жилых комнатах составило 4—10 дБА. Причина этого — интенсивная передача колебаний от шахты по конструкциям, связывающим ее со стеной жилой комнаты (по плитам перекрытия холла и лестничным площадкам).

Устранение жестких связей между лифтовой шахтой и другими конструкциями дома — задача, практически трудно выполнимая (в связи с отсутствием предназначенных для этого специальных материалов и изделий). Например, зазор между шахтой и стеной или полом лифтового холла необходимо заглушить уплотнителем, который должен одновременно быть виброизолирующим, следовать за возможными изменениями ширины зазора, выдерживать механические нагрузки, быть долговечным и т. д. Кустарное, «по месту», выполнение такого элемента из подручных материалов не дает желаемого эффекта, в первую очередь не обеспечивает отсутствия жестких связей.

Поэтому наиболее надежным средством снижения шумов от лифта в настоящее время стали планировочные приемы. Измерения в ряде домов серий 111-121 и 111-90, где жилые комнаты отделены от лифтово-лестничного узла вспомогательными помещениями квартиры, показали, что эта мера достаточна для уменьшения уровня лифтового шума до допустимых величин. По данным измерений, в домах серии 111-121 в Подольске уровень звука в жилой комнате был на 6—

10 дБА ниже, чем в кухне, которая граничит с лифтово-лестничным узлом.

Приведем дополнительный довод против расположения жилых комнат смежно с лифтово-лестничным узлом. Комнаты, граничащие с лестничной клеткой, недостаточно изолированы от возникающих в ней ударных шумов. Измерения в домах серий 111-91 и 111-83 показали, что изоляция ударного шума в этом случае может быть на 3—7 дБ меньше требуемой.

Помещения машинных отделений лифтов, возвышающиеся над крышей, стали «принудительной» архитектурной чертой жилого дома, от которой архитекторы хотели бы избавиться. Этого можно достигнуть, разместив машинное отделение в уровне верхнего этажа. Если жилые комнаты отделены от лифтового узла вспомогательными помещениями квартиры, то такое изменение не ухудшает акустические условия в них. Это показали измерения в домах серии 111-121 с обычным и измененным расположением машинного отделения (в Подольске и Жуковском).

Среди другого шумного инженерного оборудования жилого дома — мусоропроводы, поэтажные распределительные электрошиты. Располагать их нужно так, чтобы они не граничили с жилыми комнатами. В месте прохода через перекрытие ствол мусоропровода должен быть отделен от него зазором, заполненным эластичным, виброизолирующим материалом. Предпочтительны достаточно массивные конструкции ствола мусоропровода (из бетона). В приемных клапанах должны устанавливаться эластичные уплотнители, смягчающие удар при их закрывании. Приемный бункер и лоток должны быть отделены от конструкций дома виброизолирующими прокладками [13].

Что касается оборудования предприятий (торговли, общественного питания, бытового обслуживания), располагаемых во встроенных и пристроенных помещениях жилых домов, то оно весьма разнообразно по номенклатуре и шумовым характеристикам. Во многих случаях акустическая мощность этого оборудования весьма велика. Поэтому такое оборудование может размещаться в пристроенных и встроенных помещениях жилых домов только на основе специально выполненных проектов, учитывающих необходимость снижения шума, распространяющегося как по воздуху, так и по конст-

рукциям здания. СНиПом предусмотрена повышенная изоляция воздушного шума конструкциями, отделяющими названные помещения от квартир (см. раздел «Шумы, проникающие в жилище, и их ограничение»). При проектировании этих конструкций необходимо учитывать влияние косвенной передачи звука по фланговым конструкциям [15].

Для достаточного уменьшения передачи структурного шума от оборудования рассматриваемых предприятий рекомендуем использовать следующие приемы:

устанавливать наиболее шумное оборудование на самостоятельные, отделенные от других конструкций дома, основания;

применять эффективные амортизационные системы;

исключить жесткие связи между оборудованием и его элементами (трубопроводами, кабельными проводками и т. п.) с конструкциями дома.

Вентиляционные системы предприятий торговли, общественного питания и т. д. в необходимых случаях должны быть снабжены глушителями шума.

ЗАЩИТА ОТ ВНЕШНИХ ШУМОВ

Внешний источник шума часто представляет собой весьма сложную совокупность многих «элементарных» источников, число и положение которых может меняться во времени. Например, транспортная магистраль или улица — это так называемый линейный источник шума, звуковая мощность которого определяется звуковой мощностью движущихся по ней автомобилей, автобусов, троллейбусов; их числом за единицу времени и режимом движения; типом и состоянием дорожного покрытия, наличием уклона и др. Не менее сложны и такие источники шума, как железнодорожный узел, аэропорт, промышленные предприятия. Снижение их шумности — задача комплексная, очень сложная, решению которой препятствует рост интенсивности транспортных перевозок, пассажиропотоков, мощности предприятий и др. Фактически наблюдается увеличение шумности таких источников. Так, уровни городского шума в Москве и других крупных городах страны повышаются примерно на 1 дБ в год [16].

Круг мер по защите жилища от внешних шумов еще

шире, чем при защите его от шумов инженерного оборудования. В него входят:

меры по снижению шума в источнике, включая меры технического, административно-правового и организационного характера;

градостроительные приемы снижения шума;

объемно-планировочные и конструктивные приемы защиты жилых помещений от шума.

Меры по снижению звуковой мощности внешних источников шума принимаются вне сферы жилищно-гражданского строительства, поэтому мы их рассматривать не будем.

Градостроительные меры защиты от шума — это большой комплекс разнообразных приемов, которые нужно применять на самых ранних этапах проектирования городов, поселков, микрорайонов и др. Прежде всего это рациональное взаимное расположение жилой застройки и основных источников шума: разграничение жилой и промышленной зон, создание объездных дорог для транзитного транспорта, размещение аэропорта и выбор направлений трасс пролета самолетов вне зон перспективного роста жилой застройки и т. д. Разрывы (или расстояния) между этими зонами, объектами должны быть достаточными, чтобы уменьшить шум до допустимого предела. В ряде рассмотренных источников шума достигают очень высокого уровня, поэтому и расстояния от них до жилища могут быть весьма значительными. Например, уровень звука при взлете самолета Ту-134 или Ил-62 у взлетной полосы превышает 100 дБА. Чтобы снизить его до 70 дБА, нужно удалиться от трассы взлета по нормали не менее чем на 2,5 км, а вдоль нее, от точки начала разбега, — на 35 км [16].

Следующий прием — формирование примыкающей застройки, которая обеспечивала бы акустический комфорт в возможно большем числе квартир и на возможно большей части внутриквартальной территории. Тут начинают с прогноза шумности будущих транспортных магистралей, крупных улиц, составляют карту шума улично-дорожной сети будущего города, микрорайона. Ожидаемые уровни звука определяют на основе оценки интенсивности движения транспорта, его качественного состава (соотношение грузовых и легковых машин и т. д.). Зная уровни звука на улице, рассчитывают их значения у фасадов зданий и внутри квартала. При

этом учитывают закономерности распространения шума в городской среде: снижение уровня звука с увеличением расстояния от источника, затухание звука в воздухе, его поглощение поверхностью земли с различным покровным слоем и зелеными насаждениями, способность отражаться от препятствий и огибать их в результате дифракции звуковых волн.

Если расчетные значения уровня звука у фасадов дома и на внутриквартальной территории (в зонах отдыха, на площадках дошкольных учреждений и школ) превышают допустимые, то это свидетельствует о необходимости дополнительных градостроительных мер для защиты от шума. Мы говорим здесь о внутриквартальных территориях потому, что зоны отдыха, как и летние помещения квартир (балконы, лоджии, террасы) — неотъемлемая часть жилища. Возможность спокойного сна малыша, отдыха престарелого или больного человека на открытом воздухе — важная характеристика качества жилища.

Сначала рассмотрим меры, позволяющие снизить шум у фасадов зданий, наиболее близко расположенных к транспортной магистрали.

1. Увеличение расстояния от транспортного потока до фасада, увеличение ширины улицы или расстояния от нее до жилых домов. **Снижение шума от транспортного потока на каждые 4 дБА требует удвоения расстояния.** Например, при первоначальном расчете расстояние от транспортного потока составляет 20 м, уровень звука нужно снизить на 8 дБА. Это требует увеличения расстояния в 4 раза, т. е. до 80 м.

2. Размещение полос зеленых насаждений между проезжей частью и застройкой. Посадки приобретают шумозащитные свойства, если деревья имеют высоту не менее 5—8 м, кроны их плотно смыкаются между собой, а пространство под кронами заполнено кустарником. Если деревья посажены в шахматном порядке, полосой, имеющей ширину 10—15 м, то шум уменьшается на 4—5 дБА, а при ширине полосы 16—20 м — на 5—8 дБА. Чтобы снизить шум на 12 дБА, нужно посадить деревья в три ряда (полоса шириной 30 м).

3. Размещение на пути шума так называемых экранов — специальных сооружений: шумозащитных стенок, насыпей, зданий, не требующих защиты от шума, и т. п. Размещение транспортной магистрали в выемке также

создает экранирующий эффект. Эффективность экрана зависит от его высоты, протяженности, расстояния от источника шума и высоты застройки, которую нужно защищать. Снижение шума тем больше, чем больше разность между путем, который проходит звук от источника к жителю в обход экрана, и путем, который он проходил бы без экрана. В зоне прямой видимости источника шума эффективность экрана равна нулю. Но и в зоне «акустической тени» защитные свойства экрана снижаются в результате огибания его звуком. Необходимо иметь в виду, что если вдоль магистрали размещаются достаточно высокие здания, то для защиты их верхних этажей экраны малоэффективны.

Осуществление перечисленных градостроительных приемов по защите жилища от шума требует дополнительной городской территории, денежных средств на строительство и эксплуатацию искусственных сооружений. Оно может усложнить транспортные развязки и прокладку инженерных коммуникаций, потребовать устройства дополнительных пешеходных мостиков или подземных переходов и т. д. Например, заглубление автомагистрали на 4 м, устройство насыпи высотой 3,5 м, озеленение насыпи и зоны разрыва шириной около 40 м удорожает стоимость микрорайонных, районных и городских инженерных сетей на 12%, а стоимость дома в застройке — на 3% [17]. Поэтому выбор способов защиты от транспортного шума должен вестись на основе вариантного проектирования с технико-экономической оценкой его результатов.

Альтернативой градостроительным приемам служат объемно-планировочные и конструктивные способы защиты от шума — создание так называемых шумозащищенных зданий (не исключено и параллельное использование тех и других приемов).

Объемно-планировочные приемы защиты от шума при создании шумозащищенных зданий заключаются в том, что на фасад, ориентированный в сторону транспортной магистрали, выводятся подсобные помещения квартир и внеквартирные коммуникации. В квартирах с тремя и большим числом комнат допускается ориентировать на этот фасад также одну общую комнату без спального места. Таким образом, в шумозащищенном доме все спальни ориентированы на «тихий» фасад. Применение таких планировочных решений тоже увеличивает

стоимость дома. Например, девятиэтажные шумозащитные дома секционного типа с двумя квартирами на одном этаже секции дороже обычных секционных домов на 12—14%. С целью повышения экономичности шумозащищенных зданий стремятся использовать оригинальные объемно-планировочные структуры — коридорную с квартирами в двух уровнях или галерейную. Уменьшение стоимости таких домов по сравнению с секционными вызвано в основном увеличением числа квартир, входящих на лестнично-лифтовый узел [17].

Проектирование и строительство зданий, в которых защита от шума жилых комнат достигается объемно-планировочными решениями, в настоящее время вполне реальны. Экономическая целесообразность их применения определяется при сопоставлении затрат на градостроительные меры по защите от шума, которые они заменяют, и при подсчете ущерба народному хозяйству, связанного с заболеваемостью людей, снижением производительности их труда, предотвращенным вследствие снижения уровня шума в жилище [3].

Конструктивные приемы защиты жилых помещений направлены на повышение изоляции воздушного шума наружными стенами дома. Как было сказано выше (см. раздел «Выводы для специалистов»), основным препятствием для улучшения звукоизоляционных свойств наружных стен — необходимость притока свежего воздуха для вентиляции квартир через открытые форточки, или створки окон. Если форточка открыта, лобовое окно снижает уровень внешнего шума не более чем на 10 дБА. Поэтому конструктивные приемы защиты от внешнего шума — это в первую очередь приемы создания шумозащитной системы вентиляции, которая пропускала бы в помещения свежий воздух и задерживала шум, т. е. как бы фильтровала воздух, поглощая содержащуюся в нем звуковую энергию.

Известно, что воздуховод с твердыми гладкими поверхностями стенок прекрасно проводит звук, который, многократно отражаясь, следует за всеми его поворотами и изгибами, почти не затухая. Пример — переговорная труба на корабле. Для снижения шума в вентиляционных системах используют глушители — элементы воздуховода, в которых воздух соприкасается на большой поверхности со звукопоглощающим материалом. Это, как правило, легкий пористый (волоконистый или

ячеистый) материал — минераловатные, стекловолоконистые маты или плиты, плиты из различных пористых пластмасс и т. д. Такие материалы хорошо поглощают шумы средних и высоких частот. Для поглощения низкочастотного шума требуются определенные приемы размещения звукопоглощающего материала и достаточные размеры каналов глушителя — они должны быть соизмеримы с длиной звуковой волны в воздухе.

Шумозащитная система вентиляции может быть централизованной (на весь дом) или индивидуальной (на каждое помещение). Централизованные системы требуют применения специального механического оборудования (вентиляторов), больших глушителей, элементов кондиционирования воздуха, дополнительной сети воздуховодов, подающей свежий воздух в помещения. Кроме того, они создают проблему защиты от генерируемых в них самих шума и вибрации. Наша строительная индустрия пока не готова к применению таких систем вентиляции в массовом жилищном строительстве.

Что касается индивидуальных систем шумозащитной вентиляции, то в последние годы сделаны важные шаги в их разработке и применении. Речь идет, в частности, о вентиляционном клапане-глушителе, разработанном МНИИТЭП. Это короб из деревянных плит таких размеров, которые позволяют установить его в окне вместо узкой створки. Глубина короба около 30 см. Короб имеет входное и выходное отверстия. Внутри короба расположен звукопоглощающий элемент. Наружный воздух, обтекая звукопоглощающий элемент, отдает ему звуковую энергию и поступает в помещение «очищенным» от шума. Выходное отверстие клапана-глушителя может быть закрыто. Измерения показали, что открытый клапан-глушитель обеспечивает снижение уровня транспортного шума в среднем на 25 дБА.

Как повысить звукоизоляцию самого окна? В первую очередь необходимо устранить проникание звука через щели и неплотности. Должны быть хорошо герметизированы места примыкания оконной коробки к стене и стеклу к переплетам. Особая проблема — уплотнение притворов открывающихся створок окон. Качество уплотнителя определяется точностью формы и размеров элементов окна, применяемым уплотнителем, его обжатием при закрывании створки.

Точность формы и размеров коробки и переплета ок-

на нарушается в результате использования при их изготовлении недостаточно высушенной древесины. Вследствие этого ширина зазора между створкой и коробкой меняется по его длине. Для надежного уплотнения такого зазора нужен достаточно эластичный уплотнитель, который может сильно обжаться в узком месте зазора и достаточно плотно перекрыть его в широком месте. Наиболее часто применяемый при изготовлении окон уплотнитель — полшерстяной шнур — этим требованиям не отвечает. Гораздо лучше в этом отношении уплотнители из пенополиуретана, но у них недостаточны механическая прочность и долговечность; такие уплотнители нужно часто менять. Таким образом, необходимо разработать и освоить производство специальных уплотнителей для окон с улучшенными звукоизоляционными свойствами. Как показывает зарубежный опыт, наиболее надежны уплотнители полого профиля из пористой резины, имеющие плотную покровную пленку. И наконец, надежность обжатия уплотнителя. Она зависит от конструкции и качества запирающих устройств окна, которые также нуждаются в совершенствовании.

Изоляция воздушного шума хорошо уплотненным окном тем больше, чем толще стекла (больше их масса) и больше расстояние между стеклами (при двойном остеклении). Так, снижение уровня транспортного шума окнами составляет: при одинарном остеклении и толщине стекла 3 и 6 мм — 20 и 23 дБА; при двойном остеклении, толщине стекол 3 мм и ширине воздушного промежутка между стеклами 57 и 90 мм — соответственно 24 и 26 дБА (промежутки такой ширины применяются в стандартных спаренных окнах по ГОСТу 11214-65, а в раздельно-сближенных окнах — по альбому МНИИТЭПа РС-8109). Если применены стекла разной толщины — в одном переплете 6 мм и в другом 4 мм, то при ширине промежутка между стеклами 57 и 90 мм снижение уровня шума составляет 29 и 30 дБА. Дальнейшее увеличение звукоизоляции может быть достигнуто увеличением промежутка между стеклами, применением окон с тройным остеклением или использованием вместо одного из стекол стеклопакета.

Приведенные выше значения снижения уровня звука окнами относятся к пустым, незаселенным квартирам. В заселенных помещениях поглощение звука мебелью, коврами приводит к дополнительному снижению его

уровня. Таким образом, фактическая разность между уровнями звука на улице и в жилой комнате будет на 3—5 дБА больше указанных величин.

Применение шумозащитных вентиляционных клапанов и окон с улучшенными звукоизоляционными свойствами увеличивает стоимость 1 м² общей площади жилых домов на 4—4,5% [17].

После того как шумозащищенный дом создан, его нужно расположить у транспортной магистрали так, чтобы, служа экраном, он защитил от шума возможно большую площадь внутриквартальной территории. Для этого наиболее целесообразно размещать здания вдоль магистрали без разрывов по всей длине микрорайона или квартала и заводить их «крылья» на перпендикулярные улицы. Въезды в микрорайон или квартал следует делать в местах переломов линии фасада (в уступах здания), чтобы они в наименьшей степени проводили шум внутрь квартала.

Возвращаясь к вопросам, поставленным в разделе «Выводы для специалистов», выделим основные направления совершенствования нормирования в области защиты жилища от внешних шумов. Это формулировка требований, относящихся к проектированию шумозащищенных зданий: их объемно-планировочным решениям, системе вентиляции и др. Применение шумозащищенных зданий должно стать обязательным во всех случаях, когда используемые градостроительные меры не обеспечивают требуемого снижения шума у фасадов проектируемых домов.

В заключение хочется выразить надежду, что внимательное отношение к вопросам защиты от шума — при разработке проектов жилой застройки, отдельных зданий, их конструкций и инженерного оборудования, при изготовлении строительных конструкций и материалов, возведении и отделке, приемке зданий — приведет к заметному улучшению акустических условий в сдаваемых в эксплуатацию жилых домах, а значит, и к повышению качества жилищного строительства.

1. Материалы XXVII съезда КПСС. М., Политиздат, 1986.
2. Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 1 декабря 1978 г. «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов». СП СССР, № 2, 1979.
3. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М., Госплан СССР, Госстрой СССР, АН СССР, 1983.
4. Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. М., Министерство здравоохранения СССР, 1984.
5. Глава СНиП II-12-77. Нормы проектирования. Защита от шума. — М.: Госстрой СССР, 1978.
6. Крейтан В. Г. О нормировании звукоизоляции в жилых домах. — Жилищное строительство, 1985, № 2.
7. Bodlund K. Ljudklimatet i moderna svenska bostäder. Bygghökningsradet, R. 96, 1984.
8. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Серия 2.144-1. Узлы полов жилых зданий. М.: Госгражданстрой, 1983.
9. Крейтан В. Г. Совершенствование методов прогнозирования и контроля звукоизоляции при проектировании жилых зданий. — В кн.: Звукоизоляция и защита от шума в жилых домах. М.: ЦНИИЭПЖилища, 1984.
10. Крейтан В. Г. Обеспечение звукоизоляции при проектировании жилых зданий. М.: Стройиздат, 1980.
11. Инструкция по проектированию и контролю звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых зданий. ВСН 25—76/Госгражданстрой. М.: Стройиздат, 1977.
12. Крейтан В. Г., Марюшкин С. Ф. Определение зон внутренних конструкций с ослабленной звукоизоляцией при помощи акустического щупа. Жилищно-гражданское строительство. ЭИ № 6. М., ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1983.
13. Заборов В. И., Лалаев Э. М., Никольский В. Н. Звукоизоляция в жилых и общественных зданиях. М.: Стройиздат, 1970.
14. Крейтан В. Г., Рассохин И. А., Рудерман Б. Г. Звукоизоляция в жилых домах по проектам новых серий. М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1975.
15. Рекомендации по обеспечению требуемой звукоизоляции при проектировании жилых зданий. М.: ЦНИИЭПЖилища, 1984.
16. Осипов Г. Л. и др. Градостроительные меры борьбы с шумом. М.: Стройиздат, 1975.
17. Рекомендации по проектированию шумозащищенных жилых домов для застройки городских магистралей. М.: ЦНИИЭПЖилища, 1983.

КАК УЛУЧШИТЬ ЗВУКОИЗОЛЯЦИЮ В СВОЕЙ КВАРТИРЕ

Чудес ждать не надо. К сожалению, красок или обоев, которыми можно покрыть стены, после чего звукоизоляция квартиры улучшится, не существует. Вместе с тем, если вас беспокоят шумы, проникающие от соседей, то имеет смысл внимательно присмотреться к давно знакомым стенам, потолку... И не только присмотреться, но и... прислушаться. Ведь ухо — отличный акустический прибор.

Начинать нужно с мест, где возможны сквозные трещины, щели. Связанные с ними дефекты наиболее часты как в давно эксплуатируемых, так и в недавно построенных домах.

Если в стене или перегородке, отделяющей вашу квартиру от соседей, установлены электророзетки, проверьте их. Когда у соседей работает телевизор или радиоприемник, приложите ухо к розетке и потом на некотором расстоянии от нее — к стене. Если место установки розетки ослаблено, вы почувствуете разницу в громкости проходящего звука. Прежде чем разбирать розетку, ее нужно обесточить, выключить предохранитель на электрощитке. Вообще к этому делу необходимо привлечь электромонтера.

В крупнопанельных домах нередки случаи, когда розетки в двух соседних квартирах установлены в одном сквозном отверстии панели межквартирной стены. Если окажется, что дело обстоит именно так, то проверьте и место установки распаячной коробки под потолком. Предназначенная для нее сквозная лунка в панели может быть просто закрыта с двух сторон легкими крышками.

Чтобы устранить повышенное прохождение звука через такое сквозное отверстие, нужно сделать в нем перегородку из гипса толщиной 3—4 см. В качестве опалубки можно использовать кусок плотного картона или твердой древесноволокнистой плиты (оргалита), вырезанный по форме отверстия. Закрепить опалубку в отверстии можно при помощи пластилина. Гипсовый раствор в отличие от цементного при твердении не дает усадки, поэтому он будет плотно прилегать к стенкам отверстия.

Другие места, в которых возможно повышенное прохождение звука через трещины, щели, — это стыки, места соединения сборных элементов. Наибольшая вероятность образования сквозной трещины существует в соединениях таких конструкций, которые во время эксплуатации дома в силу тех или иных причин могут перемещаться относительно друг друга. Это, например, соединение несущей перегородки с перекрытием. В ряде типов крупнопанельных и кирпичных зданий применялись межквартирные перегородки из двух гипсобетонных панелей, разделенных воздушным зазором. Использовались также межквартирные перегородки, собираемые в доме из мелких блоков, кирпича. Такая перегородка стоит на пере-

крытия, которое прогибается больше или меньше в зависимости от нагрузки на него. Перегородка следует за колебаниями перекрытия, на котором стоит, и отрывается от вышележащего перекрытия, т. е. под потолком образуется трещина.

Трещины под потолком возможны и при несущих межквартирных стенах — из кирпича, крупных бетонных блоков или панелей. Они могут образоваться на верхних этажах зданий повышенной этажности вследствие неравномерной осадки наружных и внутренних стен дома. Раскрытие такой трещины больше поблизости от наружной стены и уменьшается по мере удаления от нее.

Образование сквозных трещин возможно также в местах примыкания панелей или блоков межквартирных стен, плит перекрытия к наружным стенам, если они не заведены в «тело» или в стык между панелями наружной стены. Здесь взаимные перемещения сопряженных элементов вызваны температурными деформациями наружной стены, которые происходят из-за изменения разности температур на ее внутренней и наружной поверхностях.

На практике нередки случаи, когда вертикальный шов между панелями межквартирной и наружной стен не заполнен полностью, а заделан раствором на небольшую глубину. Такая же заделка возможна в месте примыкания перегородки к перекрытию. Если в этих местах образовались трещины, лучше всего удалить старый раствор при помощи скarpели и молотка. В образовавшийся зазор между панелями нужно вначале поместить какой-либо герметизирующий материал. Можно использовать листы пенополиуретана (поролон). Если лист толстый, вырежьте из него полосу, если тонкий — сверните жгут толщиной в 2—2,5 раза больше ширины зазора: чтобы поролон выполнял роль герметика, его нужно обжать на 50—70%. Используя деревянную лопатку, с силой введите полосу или жгут в зазор так, чтобы они были заглублены на 3—4 см от поверхности стены. Оставшуюся снаружи полость заделайте раствором. Такая же заделка желательна в месте примыкания плиты перекрытия к наружной стене. В этих местах могут вновь образоваться трещины, но находящийся за раствором герметизирующий материал будет препятствовать прохождению звука.

Трещины между несущими сборными элементами можно просто заделать безусадочным (гипсовым) раствором. Предварительно трещину нужно «расшить», т. е. в том месте, где она проходит, сделать борозду шириной и глубиной около 10 мм. Такую работу можно выполнить при помощи небольшой скarpели или зубила и молотка. Работать нужно в защитных очках, чтобы предохранить глаза от кусочков раствора или бетона.

Используя строительный гипс для заделки отверстий и трещин, нужно иметь в виду, что он очень быстро схватывается. Для замедления схватывания, приготавливая гипсовое тесто, следует использовать воду, в которой растворен животный клей (столярный или малярный) в количестве около 1—2% массы гипса. Если не применять замедлитель, то гипсовое тесто нужно приготавливать маленькими порциями, чтобы успеть его использовать.

Чтобы закончить с трещинами и щелями, осмотрите места, где через перекрытия проходят трубы отопления (как на потолке, так и на полу). Если труба пропущена в металлической гильзе и между ними есть щель, ее нужно законопатить, лучше всего асбестовой мелочью, кусочками асбестового картона. Если гильза отсутствует и труба заделана (окружена) раствором, то трещину в растворе

нужно заделать эластичным герметиком. Жесткая заделка не целесообразна: ее вновь «порвет» в результате температурных деформаций и перемещений трубы. В качестве простейшего герметика можно использовать пластилин — он долго сохраняет эластичность, а повреждения его легко исправимы.

Поскольку мы коснулись отопления, приходится сказать, что не все радиаторы одинаковы с точки зрения звукоизоляции. Некоторое распространение в жилищном строительстве получили легкие радиаторы, штампованные из стального листа, например марки МЗ-500-1 и 2МЗ-500-1, выпускавшиеся Ленинградским механическим заводом. Заполненные водой, они имеют массу около 10 и 20 кг. При натуральных измерениях звукоизоляции было обнаружено, что в области высоких частот эти радиаторы резонируют. Происходит передача звука по трубе между радиаторами, расположенными в разных квартирах, что снижает звукоизоляцию помещений на 1—2 дБ.

Если у вас в комнате установлен подобный радиатор, то можно проверить, усиливает ли он шум, проникающий от соседей сверху или снизу. В момент, когда слышен беспокоящий шум, нужно укрыть радиатор плотным одеялом и т. п. Если при этом вы почувствуете, что уровень шума заметно снизился, то радиатором стоит заняться. Перед ним можно установить экран, например из древесностружечной плиты. Сторону экрана, обращенную к радиатору, нужно облицевать звукопоглощающим материалом, например поролоном. Между экраном и полом, экраном и подоконником нужно оставить достаточно широкие зазоры для свободной циркуляции обогреваемого воздуха.

Очевидно, что работы по заделке трещин и т. п. целесообразно совместить с очередным «косметическим» ремонтом квартиры. Здесь необходимо сказать, что не всякий ремонт безобиден с точки зрения звукоизоляции. Речь идет о замене покрытия пола. Тут нужно быть внимательным, особенно если покрытие пола — линолеум на теплозвукоизолирующей основе. Его ни в коем случае нельзя менять на бесосновный линолеум или на какое-нибудь другое жесткое полимерное покрытие. При этом не только резко ухудшится изоляция ударного шума, но и пол станет холодным. Если же вы хотите заменить такое покрытие паркетом, то это можно сделать, однако используйте не штучный паркет, а паркетные доски по ГОСТ 862.3-77 или паркетные щиты по ГОСТ 862.4-77 (тип П-1 или П-2). В качестве звукоизоляционного слоя нужно уложить слой (или два слоя) мягких древесноволокнистых плит, толщиной не менее 25 мм, и слой твердых древесноволокнистых плит (оргалит) толщиной 4 мм.

Паркетные доски или щиты укладывают без приклейки к основанию. Доски соединяются между собой в шпунт. Перед соединением на гребни доски нанесите поливинилацетатную дисперсию (ПВАД) или клей КН-2, КН-3. На торцевые гребни клей наносите сплошь, а на продольные — точками через 40—50 см. Щиты соединяются на деревянных шпонках размером 8×26×50 мм. Шпонки устанавливайте в шпунт щита в углах и посредине каждой стороны, предварительно обмазав их одним из указанных клеев. По контуру комнаты паркетные доски, щиты нужно отделить от стен полоской древесноволокнистой плиты. Этот шов будет перекрыт плинтусом.

Такой пол не только сохранит необходимую изоляцию ударного шума, но и на 2—3 дБ улучшит изоляцию воздушного шума.

Если вы хотите значительно улучшить изоляцию воздушного шума межквартирной стеной или перегородкой (после того как были ликвидированы сквозные щели, трещины), то это можно сделать, пожертвовав некоторой частью площади комнаты — пристроив к стене экран или стенку на отnose. Это деревянный каркас из вертикальных брусков с облицовкой из листов гипсокартона (гипсовой сухой штукатурки). Листы гипсокартона выпускаются толщиной 10 и 14 мм и шириной 1200 мм. Сечение брусков нужно подобрать в зависимости от высоты помещения (от 40×60 до 60×80 мм). Вертикальные бруски расположите с шагом 600 мм и свяжите горизонтальными брусками в уровне пола и потолка. Вертикальные стыки листов гипсокартона нужно располагать на брусках. Горизонтальные бруски расположите в местах стыковки листов гипсокартона по их длине, а также там, где вы хотите разместить навесную мебель, тяжелый ковер или картину. Деревянный каркас следует прикрепить к полу и потолку и отделить от стены прокладками из мягкой древесноволокнистой плиты, пористой резины и т. п. толщиной 6—12 мм. Прокладки можно приклеить к брускам каркаса.

Чтобы улучшить звукоизоляцию путем устройства стенки на отnose, рекомендуем в полости между существующей стеной и обшивкой поместить звукопоглощающий материал — минераловатные, стекловолокнистые плиты или маты, поролон и др. Их толщина должна быть меньше глубины полости. Звукопоглощающий материал нужно закрепить, чтобы он не вываливался наружу, пока крепится обшивка, и не сполз и не осел со временем. Его можно прижать к стене при помощи тонких деревянных реек, прибиваемых под углом к боковым граям стоек-брусков. Листы гипсокартона лучше крепить шурулами, предварительно просверлив отверстия дрелью. Шурулы 4×30 мм располагайте с шагом 300 мм. Швы между листами гипсокартона, между ними и примыкающими конструкциями заделайте гипсовой мастикой (гипс, разведенный 2-процентным раствором животного клея). Затем эти места оклейте полосами марли и прошпатлюйте.

Обратимся теперь к наружным шумам. К сожалению, один из основных элементов защиты от внешнего шума — шумозащитный вентиляционный клапан — достаточно сложен, чтобы можно было сделать его в домашних условиях. Однако повысить звукоизоляционные свойства самого окна вполне возможно. Это позволит снизить уровень шума, проникающего с улицы при закрытых окнах. Здесь опять же нужно начать с устранения прохождения звука через трещины и щели. Осмотрите места примыкания оконной коробки к стене изнутри помещения. Обнаруженные щели или трещины заделайте. Если окна служат давно, в соединениях деревянных элементов переплета также возможны щели. Их нужно заделать масляной шпатлевкой.

Наиболее простой и доступный способ улучшения звукоизоляционных свойств окна как с одинарным, так и с двойным остеклением — замена стекол на более толстые. При двойном остеклении вместо обычно применяемых стекол толщиной 2,5—3 мм поставьте в одном из переплетов стекла толщиной 4 мм, а в другом — 6 мм. При одинарном остеклении поставьте стекла толщиной 6 мм. Стекла нужно ставить на двойной замазке. Нанесите по контуру стекла

полосу замазки небольшой толщины и установите стекло в четверть замазкой к переплету. После этого закрепите стекло гвоздями и вновь нанесите по контуру полосы замазки. При наличии штапика слой замазки должен быть небольшой толщины. Такая установка обеспечит плотность соединения стекла с переплетом, отсутствие щелей. Перед окраской окон удалите старые уплотнители притворов, проверьте и подгоните запоры, чтобы створки окна по возможности плотно прижимались к коробке. После окраски окна установите в притворах новые уплотнители. Лучше всего использовать имеющиеся в продаже полосы из пенополиуретана (поролон) с клеящим слоем, защищенным бумажной лентой. Обращаем ваше внимание на то, что нужно следить за сохранностью уплотнителей в притворах окна и при необходимости заменять их.

Изоляция внешнего шума усовершенствованным таким образом окном повысится не менее чем на 6 дБ. Это будет восприниматься как уменьшение громкости проникающего шума примерно вдвое.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Шум в жилище — точки зрения специалиста и жителя	4
Объективная и субъективная оценки шума	4
Шумы, проникающие в жилище, и их ограничение	6
Мнение жителей	12
Выводы для специалистов	17
Защита от бытовых шумов, возникающих в соседних квартирах	19
Фактические звукоизоляционные свойства конструкций в строящихся домах	19
Причины неудовлетворительной звукоизоляции и способы ее улучшения	28
Контроль звукоизоляции	41
Защита от шумов инженерного оборудования	43
Защита от внешних шумов	50
Литература	58
Приложение «Строим сами»	59
Как улучшить звукоизоляцию в своей квартире	59

На обложке

- 1 и 4 стр.: Современная жилая застройка
- 2 стр.: Аппаратура для измерения звукоизоляции.
Выездная лаборатория для измерения звуко-
изоляции на стройке
- 3 стр.: Контроль звукоизоляции стыка плит перекрытий
с помощью акустического щупа

Владимир Георгиевич Крейтан
ЗАЩИТА ЖИЛИЩА ОТ ШУМА

Главный отраслевой редактор *Л. А. Ерышкин*
Редактор *И. В. Фролова*
Мл. редактор *Л. Л. Нестеренко*
Обложка художника *И. В. Чувашевой*
Худож. редактор *Т. С. Егорова*
Техн. редактор *Л. А. Солнцева*
Корректор *Л. В. Иванова*

ИБ № 8187

Сдано в набор 07.04.86. Подписано к печати 29.05.86. Т 06675.
Формат бумаги 84×108¹/₂. Бумага тип. № 3. Гарнитура лите-
ратурная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,68.
Уч.-изд. л. 3,57. Тираж 23 050 экз. Заказ 859. Цена 15 коп.
Издательство «Знание», 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд
Серова, д. 4. Индекс заказа 864507. Центр, проезд Серова, д. 4.
Индекс заказа 864507.
Типография Всесоюзного общества «Знание», Москва, Центр,
Новая пл., д. 3/4.

