

Стремление наиболее полно осветить проблему акустического комфорта в современном жилом доме привело к решению разделить данную тему на два номера журнала по принципу расположения источников шума. В первой части речь пойдет о проблеме звуко- и виброизоляции от внутренних источников, расположенных непосредственно в здании. Прежде всего — это шумы от соседей, а также от установленного в доме инженерного оборудования (системы горячего и холодного водоснабжения, отопления, вентиляции и лифтового хозяйства). Во второй части внимание будет сосредоточено на внешних источниках акустического дискомфорта: шумах, проникающих в квартиры через окна, и вибрациях наземного и подземного рельсового транспорта.

## Акустический комфорт

А. Боганик

### Часть I. Звуко- и виброизоляция от внутренних источников в жилом здании

#### Основной принцип дополнительной изоляции

Итак, здание уже построено. Теперь можно долго ругать проектировщиков, закладывающих в проект «картонные» стены и перекрытия между квартирами, или строителей, выполнивших их с отклонениями, причем, скорее, в сторону «бумажных». Но факт остается фактом. Стены и перекрытия соединены друг с другом в коробку, окна и двери вставлены. Инженерные коммуникации подведены, а некоторые даже и подключены (отопление). Дом сдан.

За исключением межкомнатных перегородок в квартирах со свободной планировкой вопрос о **собственной** звукоизоляции ограждающих конструкций уже не стоит. Дело касается их **дополнительной звукоизоляции**, если в этом есть необходимость. Согласно неумолимым законам физики, сделать эффективную дополнительную звуко- или виброизоляцию воз-

можно только в случае обеспечения между существующими несущими конструкциями и дополнительными плитами (панелями) упругих и нежестких связей.

Практика звукоизоляционных работ показывает, что это один из базовых принципов дополнительной звукоизоляции, игнорирование и неуважение которого приводит к снижению или отсутствию эффекта мероприятия в целом. Это в равной степени справедливо как для мероприятий по звукоизоляции, так и для задач в области виброзащиты. Именно здесь заложена основная трудность выполнения эффективной дополнительной звукоизоляции, потому что требование «податливости» связей между строительными конструкциями противоречит современным представлениям о качестве отделочных работ в строительстве. Чтобы внутренний угол гипсокартонной облицовки впоследствии не дал «волосяной» трещины, его следует как

можно прочнее армировать металлическим уголком и серпянкой. Но насколько из-за этого снизится акустический эффект, если здесь конструкция звукоизоляционной облицовки соединяется с внешней уличной стеной, которая является косвенным проводником структурного шума. Или стандартная последовательность строительных работ: «устройство стяжки — выравнивание стен» приводит к тому, что упругая кромоочная прокладка по периметру звукоизоляционного пола, призванная разделить поверхность пола и стены, оказывается «погребена» под сантиметровыми слоями штукатурки и шпаклевки...

И это всего лишь единицы из тысячи примеров конфликта между «стройкой» и «акустикой». Именно это объясняет, почему на крупных (массовых) объектах, даже там, где были предусмотрены разумные звукоизоляционные мероприятия, результаты оказываются далеки от проектных

Рис. 1. Схема распространения шума в здании

И.Ш. — источник воздушного шума; 1 — межэтажное перекрытие; 2 — виброизолирующая прокладка «Вибростек»; 3 — межкомнатная перегородка из кирпича или газобетонных блоков; 4 — виброизолирующая прокладка из материала Sylomer; 5 — конструкция дополнительной изоляции воздушного шума с использованием материала «Шумостоп»; 6 — несущая или внешняя стена

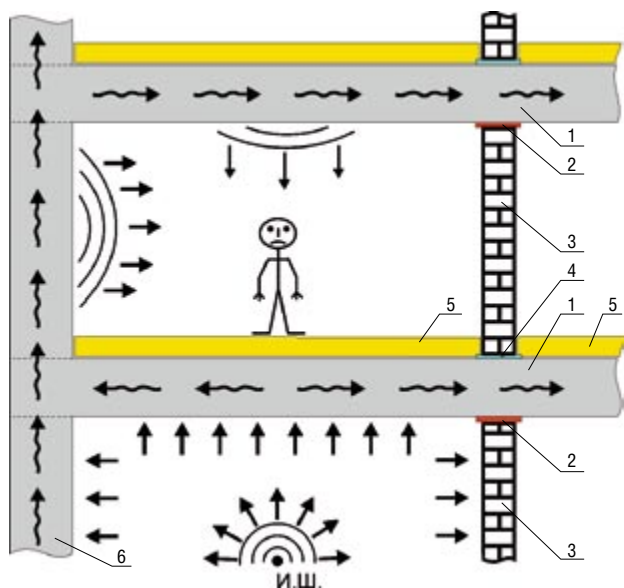


Рис. 2. Схема устройства «плавающего» пола для изоляции ударного шума

1 — стена (кирпичная, бетонная, из пеноблоков); 2 — плинтус; 3 — прокладка Вибростек-М 2 слоя; 4 — герметик Вибросил; 5 — звукоизолирующий материал Шуманет-100С 2 слоя; 6 — бетонная армированная стяжка толщиной не менее 60 мм; 7 — разделяющий слой (полиэтиленовая пленка); 8 — звукоизолирующая плита 20 мм Шумостоп-С2; 9 — кромоочная звукоизолирующая плита 20 мм Шумостоп-К2; 10 — труба отопления/водопровода; 11 — гильза; 12 — плита перекрытия

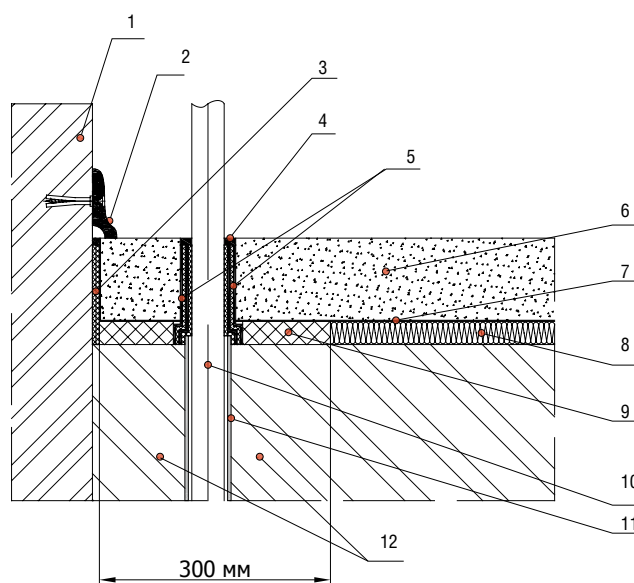




Рис. 3. Раскладка плит «Шумостоп-С2» и «Шумостоп-К2» перед устройством стяжки «плавающего» пола

ожиданий. Практика показывает, что только осознанные компромиссы по вариантам отделки и тотальный контроль за строительными работами позволяют получить высокую эффективность звукоизоляционных мероприятий. Поэтому при прочих равных условиях самые высокие результаты достигаются на объектах, где заказчиком и контролером выступает непосредственно владелец квартиры, который персонально заинтересован в эффекте и ради этого сможет отказаться от венецианской штукатурки на поверхности звукоизоляционной облицовки или, наоборот, согласиться с наличием плинтусов или раскладок, закрывающих стыки с жесткими соединениями.

Таким образом, «тихо» и «красиво» нередко становятся непримиримыми противниками, рассудить которых может только заказчик. Но последний, заслоненный бескомпромиссным архитектором или дизайнером интерьера, об этом даже не подозревает. К сожалению. До момента въезда в свое новое жилище...

### Основные типы шумов в здании

Шумы, распространяющиеся в здании, условно можно разделить на три типа: ударный, воздушный и структурный (рис. 1).

При этом ударный и воздушный шумы, различаясь по способу возникновения, входят в одну группу, объединяющую их по принципу локального воздействия и оценки этого воздействия на конкретную стену или перекрытие. **Воздушный шум** попадает на препятствие после того, как он был излучен в воздух. Источником может быть крик, лай собаки или работающая акустическая система. **Ударный шум** возникает непосредственно при механическом воздействии какого-либо предмета на перекрытие (стук обуви, передвижение мебели, падение на пол предметов). При этом способность к изоляции той или иной ограждающей конструкции оценивается с другой ее стороны — в помещении соседней квартиры.

Для каждого вида конструкций (стена, дверь, окно) для различных типов помещений в СНиП-23-03-2003 «Защита от шума» указаны нормативные значения индекса изоляции воздушного шума, имеющего



Рис. 4. Устройство изоляции структурного шума для кирпичной перегородки: а) перегородка установлена на упругую прокладку Sylomer L25; б) в стыках перегородки с перекрытием и внешней стеной применена прокладка «Вибростек»

обозначение  $R_w$ , а для межэтажных перекрытий дополнительно приведены допустимые уровни ударного шума под перекрытием,  $L_n, w$ .

Тот факт, что для конструкций перекрытий в строительной нормативной документации дополнительно введен показатель уровня ударного шума, указывает на то, что проблема обеспечения требуемой звукоизоляции перекрытий усложняется как минимум вдвое. Это подтверждает практика — по статистике более половины жалоб жильцов на повышенный шум можно отнести именно к категории «шум от соседей сверху».

Необходимо сказать несколько слов в отношении самого стандарта и методики оценки уровня ударного шума под перекрытием. Если рост индекса изоляции воздушного шума  $R_w$  свидетельствует об улучшении звукоизоляционных характеристик перекрытия, то в отношении изоляции ударного шума ситуация улучшается, если значение уровня шума под перекрытием становится меньше. При проведении акустических испытаний в специальной камере на перекрытие сверху устанавливается так называемая «топальная» машина, которая молотит по полу специально тарированными молоточками с заданной частотой. Уровень шума машинной дробы, измеряемый в нижерасположенном помещении, с поправками на стандартизацию измерений называется «индексом приведенного уровня ударного шума». Таким образом, чем меньше данный индекс, тем лучше с акустической точки зрения конструкция перекрытия.

**Структурный шум** классифицируется не по способу возбуждения, а по принципу распространения: он передается по элементам конструкции здания (по структуре). И его причиной может быть шум как ударного, так и воздушного типов возбуждения. Но при распространении по ограждающим конструкциям здания это становится уже не так важно — шум слышен со всех поверхностей и только комплексный подход к звукоизоляции позволяет как-то решить ситуацию. Когда через этаж (а может быть и через два, да еще в соседнем подъезде) кто-то начинает работать перфоратором, именно структурный шум доставляет вам новость, что соседи по дому начали капи-



тальный ремонт и, судя по размаху работ, это продлится минимум три месяца. Низкочастотные отзвуки домашнего кинотеатра, проникающие от соседа, живущего двумя этажами ниже, — тоже его работа. Шум, возникающий при работе лифта и распространяющийся по всем стенам и перекрытиям квартир последних этажей, также относится к данной категории.

Самое неприятное, что способность строительных конструкций по изоляции структурного шума в СНиП не регламентирована. Однако, если в квартире многоэтажного дома действительно необходим акустический комфорт — без комплексных мероприятий по изоляции структурного шума, как правило, не обойтись.

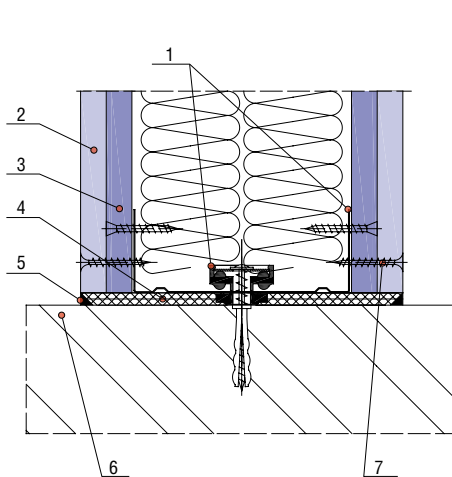
### Изоляция ударного шума

В современном домостроении в отношении требуемой звукоизоляции ограждающих конструкций концепция такова: нужная величина изоляции воздушного шума обеспечивается необходимой массивностью (плотностью материала и толщиной) строительных элементов и в основном решается на стадии капитального строительства. Например, наиболее тонкая беспустотная железобетонная плита толщиной 140 мм, применяемая в настоящее время для устройства перекрытий, показывает индекс изоляции воздушного шума в районе  $R_w = 49-51$  дБ. При условии выполнения на ней выравнивающей стяжки толщиной 40–60 мм суммарный индекс вполне может быть равен  $R_w = 52$  дБ, что и требуется, согласно нормам СНиП-23-03-2003, для межквартирных стен и перекрытий для массового жилья.

При этом в отношении изоляции ударного шума, требуемые нормы всегда и везде обеспечиваются **дополнительными конструкциями** звукоизолирующих полов. Это означает, что если дом сдан в стадии «квартиры без отделки», когда пол представляет собой только несущую плиту перекрытия, этой конструкции еще просто нет. Если открыть проект этого здания — она есть. На бумаге. Но это никоим образом не гарантирует, что в квартире вашего соседа сверху такая конструкция появится, будет теоретически соответствовать нормам, и, самое главное, практически после

**Рис. 5. Схема каркасно-обшивной перегородки из ГВЛ/ГКЛ с изоляцией структурного шума**

1 — система Виброфлекс Лайнер 100; 2 — лист гипсокартонный 12,5 мм; 3 — лист гипсоволокнистый 12,5 мм; 4 — прокладка Вибростек-М 2 слоя; 5 — герметик Вибросил; 6 — плита перекрытия; 7 — шуруп TN



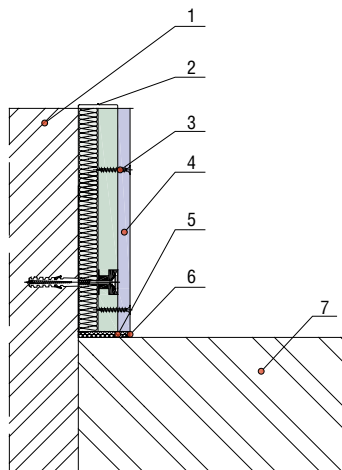
изготовления будет эффективно выполнять свои акустические функции.

Ситуация такова, что покой соседей снизу находится целиком и полностью в руках соседа сверху. Иногда эти руки делают все не так как нужно, забывая при этом, что этажом выше ситуация аналогична. И в свою очередь его собственный «сосед сверху» может неприятно удивить, «забыв» выполнить у себя такую необходимую конструкцию звукоизоляционного пола. Уже упоминавшаяся ранее «голая» плита перекрытия толщиной 140 мм показывает индекс приведенного уровня ударного шума в районе  $L_{n,w}=80$  дБ. При этом, согласно нормам СНиП, он должен быть не более  $L_{n,w}=58$  дБ! Таким образом,  $\Delta L_{n,w}=23$  дБ отделяют такую конструкцию от нормативных показателей, с учетом того, что сами нормы не гарантируют полного акустического комфорта и являются скорее санитарными.

Поэтому, если приобретена новая квартира в только что построенном доме или соседи сверху затеяли ремонт со сменой напольного покрытия, крайне важно проявить инициативу и выяснить, какая конструкция звукоизоляционного пола планируется, и планируется ли она вообще. В противном случае, ударный шум, попавший на перекрытие, становится структурным и в квартире снизу излучается уже не только потолком, но и практически всеми стенами. А иногда даже отчетливо слышен на полу. При этом на сегодняшний день самые эффективные конструкции, применяемые со стороны нижерасположенного помещения, обеспечивают в максимуме  $\Delta R_w=20$  дБ дополнительной изоляции при толщине более 150 мм. А материалы для изоляции ударного шума, применяемые на полу верхнего помещения, с результатом  $\Delta L_{n,w}=20$  дБ находятся в са-

**Рис. 6. Схема панельной системы ЗИПС, смонтированной на стене**

1 — стена (кирпичная, бетонная, из пеноблоков); 2 — панель ЗИПС-Вектор; 3 — шуруп TN; 4 — лист гипсокартонный облицовочный 12,5 мм; 5 — прокладка Вибростек-М 2 слоя; 6 — герметик Вибросил; 7 — пол/плита перекрытия



мом начале списка эффективных прокладок и при этом имеют толщину не более 5 мм!

Для обеспечения изоляции ударного шума в зданиях с железобетонными перекрытиями применяется, можно сказать, «классическая» схема конструкции звукоизоляционного пола на упругом основании — так называемый «плавающий» пол. В данной конструкции выравнивающая стяжка укладывается на перекрытие через достаточно тонкую упругую прокладку (от 3 до 20 мм), которая при этом «корытом» заводится на стены и все прочие вертикальные элементы (колонны), а также «обертывает» проходящие через перекрытие инженерные коммуникации (трубы отопления и водоснабжения). Это необходимо для исключения косвенных путей передачи шума. И от того, насколько «чисто» и тщательно будут выполнены все кромочные прокладки, зависит успешный результат всего мероприятия.

Акустическая эффективность зависит от того, насколько мягок упругий слой, примененный в конструкции, — динамический модуль материала Ед должен быть не более 0,2 МПа. Изоляция ударного шума при этом зависит от толщины упругого слоя, а также от массы выравнивающей стяжки, уложенной сверху. Для обеспечения прочности, стяжки «плавающих» полов рекомендуется армировать металлической сеткой. В противном случае при образовании трещин отколовшийся кусок звукоизоляционного пола практически можно вынуть руками, так как он не связан с перекрытием или со стеной.

Интересные наблюдения сделаны на объектах массовой застройки, где инвесторы решили при сдаче квартир «без отделки» все же выполнить на перекрытии конструкцию звукоизоляционного по-

ла. Хорошее решение было испорчено его реализацией. Армирующая сетка уложена не была, и стяжка потрескалась. Половина владельцев квартир при проведении ремонта без труда выкинуло на помойку потрескавшиеся куски звукоизоляционного пола. Если еще учесть, что при этом уровень пола опустился на величину до 80 мм и, соответственно, высота потолков увеличилась, можно понять радость новых собственников от выполненной операции. Вот только, какое количество жильцов затем восстановили звукоизолирующую конструкцию, неизвестно. Полагаю, что единицы.

На сегодняшний день на рынке существует огромный выбор материалов, которые можно с большим или меньшим успехом использовать под стяжку в качестве упругого слоя. Это всякого рода материалы на основе вспененного пенополиэтилена (ППЭ), пробки, резины, иглопробивных стеклянных и синтетических волокон, минеральной и стеклянной ваты.

Среди этого множества хотелось бы выделить несколько материалов, имеющих наиболее высокие акустические свойства. Прежде всего — это система звукоизоляционных плит «Шумостоп» толщиной 20 мм (рис. 2). Система состоит из стекловолнистых плит «Шумостоп-С2», выступающих в качестве основного рабочего слоя, а также базальтовых плит высокой плотности «Шумостоп-К2», которые выполняют функции кромочных плит, призванных повысить стабильность основания пола по периметру помещения и вокруг колонн (рис. 3). Это как раз вариант удачного, просчитанного и проверенного компромисса между «стройкой» и «акустикой», когда мероприятия по обеспечению эксплуатационной стабильности не ухудшают акустических свойств конструкции.

При устройстве поверх плит «Шумостоп» армированной выравнивающей стяжки с поверхностной плотностью не менее  $120 \text{ кг/м}^2$  индекс снижения ударного шума равен  $\Delta L_{n,w}=42$  дБ. Это позволяет с большим запасом удовлетворить самые жесткие требования по изоляции ударного шума при любой толщине несущей плиты перекрытия. Для примера, звук разбиваемой об пол стеклянной бутылки в нижнем помещении будет восприниматься как па-



**Рис. 7. Панельная система ЗИПС-Модуль, смонтированная на кирпичной стене**

| Наименование конструкции межкомнатной перегородки   | Индекс изоляции воздушного шума, $R_w$ , дБ (собственная изоляция) | Изоляция структурного шума |
|---|--|----------------------------|
| <b>I. Однослойные конструкции</b>   |  |                            |
| 1. Кирпичная перегородка из красного щелевого кирпича толщиной 120 мм, оштукатуренная с двух сторон   | 44   | очень плохо                |
| 2. Кирпичная перегородка из красного полнотелого кирпича толщиной 120 мм, оштукатуренная с двух сторон.   | 47   | плохо                      |
| 3. Кирпичная перегородка из красного щелевого кирпича толщиной 120 мм, оштукатуренная с двух сторон. Внутренние пустоты заполнены прокаленным песком.   | 48   | средне                     |
| 4. Кирпичная перегородка из красного полнотелого кирпича толщиной 120 мм, оштукатуренная с двух сторон, установленная на упругие прокладки Sylomer, с последующей жесткой шпаклевкой по вертикальным стыкам.  | 48   | хорошо                     |
| 5. Кирпичная перегородка из красного полнотелого кирпича толщиной 120 мм, оштукатуренная с двух сторон, установленная на упругие прокладки Sylomer, с нежесткой заделкой швов по периметру (рис. 4).  | 48   | отлично                    |
| 6. Перегородка из пеноблоков толщиной 150 мм, оштукатуренная с двух сторон.   | 44   | плохо                      |
| 7. Перегородка из гипсолитовых блоков толщиной 80 мм.   | 40   | очень плохо                |
| <b>II. Легкие каркасно-обшивные перегородки</b>   |  |                            |
| 8. Перегородка на одинарном металлическом каркасе 100 мм, облицованная двумя листами ГКЛ с двух сторон, общая толщина 150 мм. Стыки по периметру зашпаклеваны.  | 52   | плохо                      |
| 9. Перегородка на одинарном металлическом каркасе 100 мм, облицованная с двух сторон листами ГВЛ+ГКЛ, общая толщина 150 мм. Стыки по периметру выполнены через виброизолирующую прокладку «Вибростек-М». Внутреннее заполнение перегородки — плиты «Шуманет-СК» 100 мм (рис. 5).  | 55   | хорошо                     |
| 10. Перегородка на двойном металлическом каркасе 2х50 мм, облицованная с двух сторон листами ГВЛ+ГКЛ, общая толщина 160 мм. Стыки по периметру выполнены через виброизолирующую прокладку «Вибростек-М». Внутреннее заполнение перегородки — плиты «Шуманет-СК» 100 мм.   | 62   | хорошо                     |
| 11. Перегородка на двойном металлическом каркасе 2х50 мм, облицованная с двух сторон листами ГВЛ+ГКЛ, общая толщина 160 мм. Стыки по периметру выполнены через виброизолирующую прокладку «Вибростек-М». Внутреннее заполнение перегородки — плиты «Шуманет-СК» 100 мм. Каждый каркас по периметру примыкает к конструкциям дополнительной звукоизоляции. | 65   | отлично                    |

дение легкой монеты. Это пример материала, применение которого обеспечивает реальный акустический комфорт в ниже-расположенном помещении.

Тонкий рулонный материал «Шуманет-100 Супер», толщиной всего 4 мм, уложенный под стяжку поверхностной плотностью не менее 120 кг/м<sup>2</sup>, обеспечивает снижение уровня ударного шума на  $\Delta L_{n,w} = 27$  дБ, что является хорошим средством снизить шум от соседей сверху, договорившись с ними об укладке данного материала под стяжку во время проведения ремонта. «Шуманет-100 Супер» хорошо подходит для массового применения, так как технология устройства на нем звукоизоляционного пола наиболее проста, а суммарная толщина конструкции около 60 мм пригодна для применения в квартирах с невысокими потолками. При этом для перекрытия любой толщины (от 140 мм и выше) применение звукоизоляционного пола на материале «Шуманет-100С» обеспечит выполнение самых жестких норм действующего СНиП в отношении изоляции ударного шума.

Необходимо отметить, что все упомянутые материалы, особенно при их небольшой толщине (не более 20 мм), являются **исключительно** изоляторами ударного шума. Их способность снижать шум в ниже-расположенном помещении проявляется только при использовании в качестве упругой прокладки в конструкции «плавающего» пола в квартире сверху. Применение данных материалов для повышения звукоизоляции путем нанесения их на потолок или стены со стороны нижнего помещения нецелесообразно и лишено всякого практического смысла.

### Изоляция воздушного шума

Как было сказано выше, вопросы **собственной звукоизоляции** ограждающих конструкций в контексте многоэтажного жилого здания касаются в основном межкомнатных перегородок, причем в квартирах со свободной планировкой. К этому можно добавить случаи, когда планировка несвободная, но при этом межкомнатные перегородки не являются несущими, и их можно демонтировать и смонтировать заново.

Сразу возникает вопрос: какая межкомнатная стена с точки зрения звукоизоляции лучше? Вариантов предлагается несколько. Это однослойные конструкции, к числу которых относятся кирпичные, пеноблочные, гипсолитовые стены, а также легкие каркасные перегородки с безоговорочным

лидером — гипсокартонным листом (ГКЛ) в качестве облицовочного слоя.

Помимо основной задачи — изоляции звука между двумя помещениями одной квартиры, межкомнатные перегородки участвуют в общем процессе передачи и излучения структурного шума в здании. То есть собственная звукоизоляция может быть плохой, зато такая стенка будет с удовольствием «откликаться» на шумы от соседей, поступающие с различных направлений, и будет это делать значительно громче несущих и внешних стен. Постараемся дать каждой из перечисленных выше конструкций двойную акустическую характеристику: оценить ее собственную изоляцию воздушного шума, а также способность к изоляции структурного шума. И если первую характеристику можно выразить в значении индекса  $R_w$ , то относительно изоляции

ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«Акустические Материалы и Технологии»

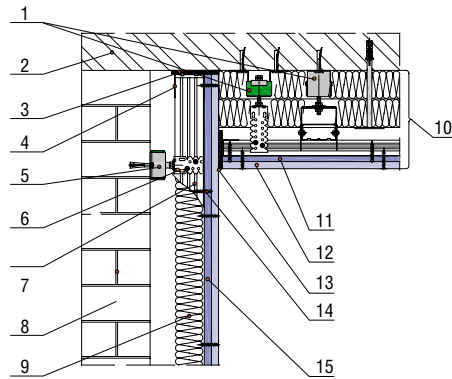
ПОЛНЫЙ СПЕКТР МАТЕРИАЛОВ  
для решения любых проблем звукоизоляции

Проекты, консультации, выезд акустика, измерения

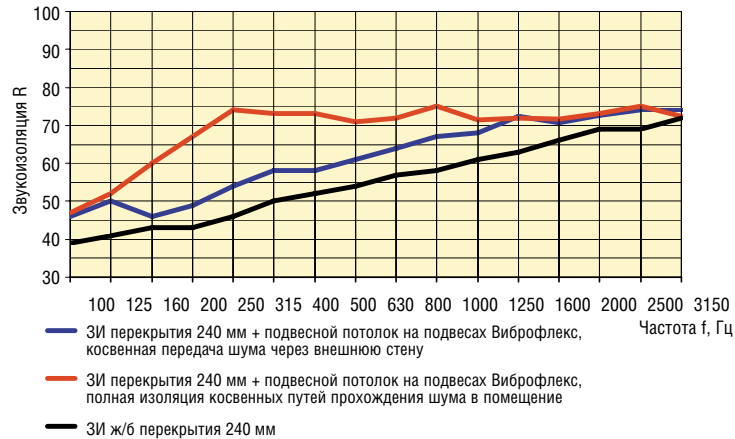
Москва, ул. Новокузнецкая, д.33, стр.2, оф.21А  
Тел./факс: (495)785-10-80  
www.acoustic.ru, e-mail: russia@acoustic-group.com

**Рис. 8. Схема звукоизоляционного подвесного потолка и облицовки стен с применением креплений «Виброфлекс»:**

1 — крепление потолочное виброизолирующее Виброфлекс 1/30 А; 2 — плита перекрытия; 3 — прокладка Вибростек-М 2 слоя; 4 — профиль ПН 50/40; 5 — крепление стеновое виброизолирующее Виброфлекс EP/25 В; 6 — подвес прямой 50 мм; 7 — профиль ПС 50/50; 8 — перегородка (кирпичная, бетонная, из пеноблоков); 9 — звукопоглощающая плита 50 мм Шуманет БМ/Шуманет СК; 10 — конструкция звукоизоляционного подвесного потолка; 11 — лист гипсоволокнистый 10 мм; 12 — лист гипсокартонный 12,5 мм; 13 — герметик Вибросил; 14 — винт самонарезающий MN; 15 — лист гипсоволокнистый 12,5 мм



**Рис. 9. Каркас подвесного звукоизоляционного потолка с подвесами «Виброфлекс 1/30 А»**



**Рис. 10. Изоляция воздушного шума перекрытием с подвесным ЗИ потолком с косвенными путями передачи шума в помещении и без них**

структурного шума воспользуемся «школьной» шкалой: «отлично», «хорошо», «средне», «плохо» и «очень плохо». Результаты приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, практически для одной и той же конструкции можно получить существенно различающиеся значения, как по изоляции воздушного шума, так и по изоляции структурного. А между оценками «плохо» и «хорошо» находятся всего лишь упругие прокладки из материалов Sylomer или «Вибростек», размещенные в местах примыкания каркаса (кирпичной перегородки) к прилегающим ограждающим конструкциям.

Даже полное соблюдение самых высоких строительных норм по звукоизоляции ограждающих конструкций здания не является гарантией полной тишины в помещении. Установленные СНиП значения требуемой звукоизоляции призваны гарантировать выполнение предельных санитарных норм, нарушение которых в течение определенного времени может необратимо повлиять на ухудшение здоровья человека. При этом все базовые расчеты были выполнены, по крайней мере, уже лет сорок назад. За прошедшие десятилетия шумовой фон в квартирах (даже не считая мощных источников, типа домашних кинотеатров или Hi-End) значительно вырос. В настоящее время практически в каждой квартире и в каждой комнате находятся телевизор, телефон, магнитола или музы-

кальный центр. В кухне и ванной работают стиральная или посудомоечная машины, вытяжки и кондиционеры. Домашний компьютер также вносит свой вклад в увеличение общего шумового фона.

Практика показывает, что для современных условий индекс изоляции воздушного шума для межэтажных перекрытий и стен между квартирами должен быть не менее  $R_w = 62$  дБ (на 8 дБ выше самых строгих норм). Только при таком показателе звукоизоляции можно реально говорить об акустическом комфорте. Однако даже перекрытие с индексом 62 дБ не сможет обеспечить полной тишины в помещении спальни комнаты, если, к примеру, сосед сверху поздним вечером решил посмотреть в своем кинотеатре новый боевик. При этом индекс изоляции воздушного шума для межкомнатных стен, по нашему мнению, должен быть не менее  $R_w = 52$  дБ, что также на 5 дБ выше самых жестких для этого случая норм СНиП.

Поэтому если звукоизоляции существующих ограждающих конструкций недостаточно, ее увеличивают при помощи **дополнительных конструкций**. Повышение звукоизоляции путем увеличения массы конструкции считается малоэффективным мероприятием. Действительно, увеличение толщины кирпичной стены (с полкирпича до целого) приводит к повышению индекса  $R_w$  не более чем на 6 дБ. При этом в два раза возрастает нагрузка на перекрытие,



**Рис. 11. Виброизолированный фундамент на материале Sylomer для установки систем вентиляции**

а толщина дополнительной конструкции составляет 120 мм.

Основные принципы эффективной дополнительной звукоизоляции известны уже очень давно — должны применяться легкие многослойные облицовки с чередованием звукопоглощающих и звукоотражающих слоев. Звуковая волна, поочередно преодолевая слои, поглощается, отражается в обратном направлении, снова поглощается и, тем самым, затухает. Благодаря этому звукоизолирующая способность конструкции существенно возрастает. Однако вся сложность состоит в практической реализации таких конструкций.

Для традиционных каркасно-обшивных облицовок наличие жестких связей (звуковых мостиков) между стеной (перекрытием) и каркасом облицовки существенно ограничивает их звукоизолирующую способность, несмотря на наличие внутри эффективного звукопоглотителя, а также нескольких листов обшивки. Через звуковые мостики вибрации практически без потерь передаются на финишные листы облицовки и благополучно переизлучаются ими в защищаемое помещение. В таком случае из потенциально возможных 10–15 дБ дополнительной звукоизоляции по факту остается от 2 до 6 дБ при общей толщине конструкции более 100 мм. Однако есть мощная сила, по сей день «лоббирующая» выполнение таких конструкций. Это строители-отделочники, которые, руко-

вместо желания сделать все как можно прочнее и надежнее, исключают из конструкций даже штатные упругие прокладки (типа ленты «Дихтунгсбанд» производства концерна «Кнауф»), не говоря уже о более сложных в монтаже упругих элементах.

В данных условиях достаточно удачной оказалась попытка создать конструкцию дополнительной звукоизоляции, полностью готовую к применению. Речь идет о панельной системе ЗИПС, выпускаемой с 1999 года в различных модификациях. В данной системе технологически решены основные проблемы недостаточной звукоизоляции широко распространенных каркасно-обшивных облицовок: отсутствует каркас, панели монтируются к защищаемой поверхности только через виброизолированные узлы креплений. К боковым стенам и перекрытию торцы панелей примыкают через упругие прокладки. Благодаря этому панельная система «ЗИПС-Вектор» толщиной 53 мм (рис. 6) имеет индекс дополнительной изоляции воздушного шума  $\Delta R_w = 9-11$  дБ, а модель «ЗИПС-Модуль» толщиной 83 мм (рис. 7) —  $\Delta R_w = 12-14$  дБ.

При этом задача увеличения звукоизоляции широко распространенных каркасно-обшивных облицовок путем незначительного дополнения их конструкции по-прежнему является крайне актуальной. Для повышения звукоизолирующей способности таких облицовок принципиальное значение имеет устройство узлов крепления каркаса к защищаемой поверхности. Новое разработанное и апробированное решение представляет собой подвес-крепление «Виброфлекс», представляющий собой металлическую обойму с рабочим прокладочным элементом, выполненным из специального эластомера Sylomer. Рабочая резонансная частота подвесов «Виброфлекс» находится в диапазоне 9–18 Гц, что обеспечивает высокий уровень звуко/виброизоляции конструкций, начиная с частоты 50 Гц.

На сегодняшний день выпускаются два типа креплений «Виброфлекс»: стеновой и потолочный, предназначенные, соответственно, для монтажа каркасных звукоизолирующих облицовок и подвесных потолков (инженерного оборудования). На рис. 8

показана схема устройства конструкции звукоизоляционного потолка, где подвесы «Виброфлекс» интегрированы в стандартную подвесную каркасную систему типа «Кнауф». Один подвес «Виброфлекс» рассчитан на рабочий диапазон нагрузки 15–30 кг, что в условии применения облицовочного слоя из двух листов (ГВЛ 10 мм и ГКЛ 12,5 мм) предполагает расход подвесов данного типа из расчета 2,3 шт./м<sup>2</sup> потолка.

Необходимо отметить, что звукоизоляционный подвесной потолок примыкает к стенам, колоннам, а также любым другим вертикальным поверхностям только через упругие прокладки из материала «Вибростек» без применения саморезов. Это второе отличие от стандартной технологии монтажа, когда каркас подвесного потолка или облицовки по периметру закрепляется к стенам. После монтажа данные стыки заполняются виброакустическим герметиком «Вибросил». Тем самым решается вопрос минимизации прохождения звуковых вибраций от стен на финишную поверхность звукоизолирующей конструкции. Применение специализированного герметика с низким модулем упругости позволяет решить данную задачу с минимальными потерями.

Подвесной звукоизолирующий потолок толщиной 150 мм на подвесах «Виброфлекс», показанный на рис. 9, увеличивает индекс изоляции воздушного шума перекрытием на  $\Delta R_w = 16-18$  дБ.

Достаточно часто возникает необходимость увеличения изоляции воздушно-го шума перекрытием путем устройства на нем конструкции звукоизоляционного пола. Для этого используется описанная ранее конструкция «плавающего» пола при условии увеличения толщины упругой прокладки до 40–60 мм. Собственно говоря, при такой толщине это уже не прокладка, а слой. И у этого слоя, помимо упругостных свойств, должны быть как можно более высокие характеристики звукопоглощения. Конструкция дополнительной изоляции воздушно-го шума с применением двух слоев плит «Шумостоп» (2×20 мм) под стяжкой увеличивает индекс на  $\Delta R_w = 5-7$  дБ. Такая конструкция «плавающего пола» хотя и имеет достаточно большую толщину (не менее 100 мм), снижает не только воз-

душный шум, но и очень эффективно изолирует шум ударный (индекс снижения уровня около  $\Delta L_{n,w} = 46$  дБ).

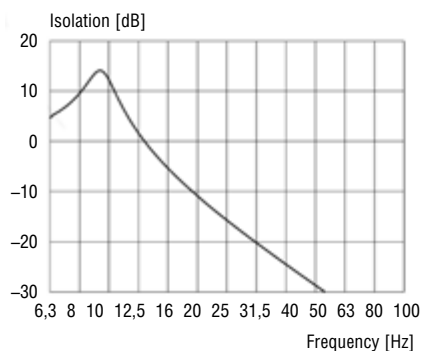
Следует отметить, что все конструкции, изолирующие только ударный шум, работают исключительно в одном направлении (сверху вниз), а конструкции, изолирующие воздушный шум, — в обоих. Например, если стучать каблуком по конструкции «плавающего пола» на тонкой прокладке в квартире сверху, то в нижнем помещении будет слышно значительно тише, чем, если стучать тем же каблуком по потолку нижнего помещения и слушать в верхнем.

Однако при устройстве звукоизоляции перекрытия при помощи «плавающего пола» на толстом звукопоглощающем слое, звук от музыкального центра будет снижен одинаково хорошо вне зависимости от того, где расположен центр — сверху или снизу.

### Изоляция структурного шума и косвенная передача звука

Как уже отмечалось ранее, проблема увеличения звукоизоляции ограждающих конструкций помещения — комплексная. Устройство дополнительной звукоизоляции стен и потолков с применением новых акустических материалов и технологий требует повышенного внимания к изоляции косвенных путей распространения шума. Если при защите от проникновения шума из соседнего помещения изолировать только общую для двух помещений поверхность, например межквартирную стену, даже самые передовые технологии не позволят насладиться заявленным высоким эффектом, так как шум будет проходить через неизолированные боковые стены или перекрытие (рис. 10).

Именно структурный шум, распространяясь через перекрытие на стены, существенно осложняет процесс изоляции ударного шума со стороны нижерасположенного помещения. В качестве примера можно привести случай, когда изоляция поверхности потолка привела к увеличению изоляции только на 2 дБ вместо ожидаемых 10 дБ, из-за того что каблуки соседей сверху были отчетливо слышны от двух (из четырех) стен комнаты нижней квартиры.

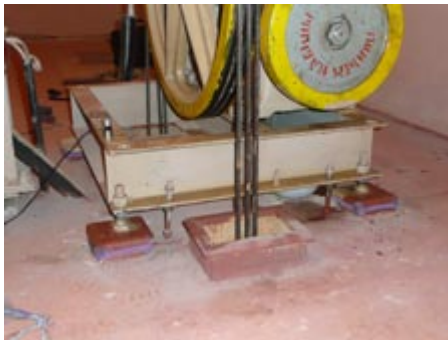


| Frequency | Isolation         |
|-----------|-------------------|
| 6,3 Hz    | 4,9 dB / -77%     |
| 8 Hz      | 9,8 dB / -209%    |
| 10 Hz     | 12,2 dB / -306%   |
| 12,5 Hz   | 1,9 dB / -24%     |
| 16 Hz     | -5,6 dB / -47,7%  |
| 20 Hz     | -10,9 dB / -71,6% |
| 25 Hz     | -15,6 dB / -83,5% |
| 31,5 Hz   | -20,1 dB / -90,2% |
| 40 Hz     | -24,6 dB / -94,1% |
| 50 Hz     | -28,6 dB / -96,3% |
| 63 Hz     | -32,7 dB / -97,7% |
| 80 Hz     | -37,0 dB / -98,6% |
| 100 Hz    | -40,9 dB / -99,1% |

Рис. 12. Расчет характеристики виброизоляции конструкции с использованием материала Sylomer (значения со знаком «-» показывают рост виброизоляции)



Рис. 13. Виброизоляция блока кондиционера при помощи подвесов «Виброфлекс»



**Рис. 14. Виброизолирующие опоры из материала Sylomer под лифтовой лебедкой**

Иногда заказчики бывают удивлены рекомендациям изолировать даже те стены комнаты, за которыми нет соседей. Но это обычная практика, особенно когда выполняется превентивная звукоизоляция в новом, недавно построенном доме, когда точный перечень шумовых источников еще неизвестен. При этом для дополнительной звукоизоляции всех поверхностей рекомендуется подбирать конструкции примерно одного уровня эффективности. В противном случае может наблюдаться парадоксальная ситуация, когда в изолированной комнате кажется, что соседи сверху начали делать ремонт, в то время как достоверно известно, что он производится двумя этажами ниже.

Типы конструкций для изоляции структурного шума аналогичны облицовкам и «плавающим» полам для изоляции воздушного шума. Частично они были описаны в разделе, касающемся собственной звукоизоляции перегородок, а также рассмотрены в перечне мероприятий по дополнительной изоляции воздушного шума.

### **Виброизоляция инженерного оборудования жилого здания**

Как показывает практика, не только изменение моды подвержено закону маятника. Некоторые технические тенденции также меняют вектор своего развития на противоположный, правда, каждый цикл при этом длится гораздо дольше. Примерно до середины прошлого века у каждого дома, как правило, была своя котельная. Затем на их место пришло центральное отопление. Однако в последнее время все больше новых домов имеют индивидуальные тепловые пункты, контролирующие процессы отопления и водоснабжения. Кроме этого, многие здания оснащаются системами центрального кондиционирования и вентиляции.

Данное инженерное оборудование размещают, как правило, либо в цокольных, либо на последних технических этажах. Силовые агрегаты вышеперечисленных систем, способные удовлетворить потребности высотного многоквартирного дома имеют большую мощность и при работе



**Рис. 15. Виброизолирующий хомут Mupro для крепления труб водоснабжения**

создают достаточно высокие уровни шума и вибрации.

Основные принципы виброизоляции схожи с мероприятиями по изоляции ударного шума. Действительно, и в том и в другом случае на перекрытие оказывается механическое воздействие, с тем лишь отличием, что вибрация инженерного оборудования циклична и имеет, как правило, выраженные резонансные частоты. Поэтому для снижения передачи вибрации от силовых агрегатов на перекрытие применяется хорошо известная и рассмотренная выше конструкция «плавающего» пола или (с учетом специфики виброизоляции) «плавающего основания» (рис. 11).

К особенностям виброизоляции инженерного оборудования следует отнести низкую рабочую частоту его силовых агрегатов (от 20 до 100 Гц) и большие нагрузки на фундамент из расчета на квадратный метр поверхности. Поэтому в качестве упругого слоя применяется материал, имеющий высокую стабильность и прочность под большими статическими нагрузками. При этом он должен обеспечить частоту резонанса самой конструкции виброизоляции минимум в два раза меньше рабочей частоты оборудования. Данный материал называется Sylomer, и он представляет собой эластичные маты на основе полиуретана толщиной от 12,5 до 50 мм. Его уникальные виброизолирующие свойства обуславливаются специальной технологией производства. В отличие от резины, слой данного материала деформируется с изменением объема, то есть работает по всей площади контакта, со временем не «дубеет» и не теряет упругих свойств. Эффективность применения матов Sylomer подлежит предварительной оценке при помощи специальной программы расчета. В зависимости от массы оборудования производится выбор одной из девяти моделей материала, каждая из которых рассчитана на свой диапазон нагрузок. Расчет производится так, чтобы собственный резонанс системы виброизоляции находился в диапазоне 9–18 Гц (рис. 12).

Важное положительное отличие конструкций на основе Sylomer от систем с пружинными виброизоляторами заклю-

чается в значительно более широком рабочем частотном диапазоне. Это обусловлено тем, что в слое материала Sylomer волновые явления, ограничивающие его виброизолирующую способность, наступают на более высоких частотах по сравнению с пружинными элементами.

Подвесное оборудование систем вентиляции и кондиционирования также достаточно часто является источником структурного шума, который через несущее перекрытие распространяется на все прилегающие конструкции и создает в соседних помещениях повышенные уровни шума. Для борьбы с вибрацией применяются подвесы «Виброфлекс», через которые силовые блоки и трубопроводы (воздуховоды) инженерного оборудования монтируются к перекрытию (рис. 13). Для эффективной работы виброподвесов необходимо рассчитать их количество так, чтобы нагрузка на один подвес находилась в пределах 25–30 кг.

Лифтовое оборудование также может быть одним из сильнейших источников структурного шума. Особенно это проявляется в зданиях, где машинное отделение расположено непосредственно через стену от жилого помещения. При этом акустический дискомфорт может преследовать жильцов последних этажей даже в тех зданиях, в которых машинное отделение расположено на техническом этаже. Все зависит от модели лифта, его исправности и типа жилого здания.

Лифт беспокоит главным образом двумя источниками шума: непосредственно электромотором с лебедкой, а также блоком управления, смонтированным на стенах машинного отделения. В первом случае хорошим решением может являться замена штатных резиновых изоляторов на рассчитанные, в зависимости от типа лифта и количества опор, прокладки из материала Sylomer (рис. 14). Блок управления можно перемонтировать с применением стеновых виброизолирующих креплений «Виброфлекс EP/25A».

В заключение необходимо сказать о виброизоляции коммуникаций систем отопления, водоснабжения и канализации, разведенных по зданию. На практике виброизолированные коммуникации встречаются редко. Уже можно считать большим достижением, если трубы свободно проходят через перекрытия, а не заделаны в них наглухо. Однако с точки зрения обеспечения акустического комфорта в квартирах, трубы упомянутых систем при этом должны крепиться к стенам и перекрытиям через специальные виброизолирующие крепления. Примером таких элементов является продукция компании Mupro (рис. 15). При помощи специальных подвесов и креплений ограждающие конструкции будут избавлены от солидной порции структурного шума водопроводного происхождения. Его и так в современном здании более чем достаточно!