



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»
Инженерно-строительный институт
Кафедра: «Гражданское строительство и прикладная экология»

Диссертация допущена к защите
Заведующий кафедрой

_____ А.Н. Чусов
« » _____ 2016 г.

Халимов Руслан Рафаилович

**Способы и материалы звукоизоляции помещений при строи-
тельстве многоэтажных зданий**

Магистерская диссертация

Направление: 08.04.01 – Строительство

Магистерская программа: 08.04.01_05 «Теория и проектирование зданий и
сооружений»

Руководитель: д.т.н., профессор В.Н. Уманец

Санкт-Петербург - 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ.....	8
1.1 Фундамент.....	8
1.2 Стены наружные.....	12
1.3 Внутренние стены и перегородки	13
1.4 Перекрытия	14
1.5 Крыша.....	15
1.6 Окна и двери	16
ГЛАВА 2. ШУМ И ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ	18
2.1 Защита от производственного шума	19
2.1.1 Распространение звуковой вибрации в зданиях и способы ее изоляции.....	21
2.1.2 Конструктивные элементы и узлы	23
2.1.3 Волны в строительных конструкциях.....	24
2.2 Звукоизоляционные материалы	25
2.2.1 Упругие и диссипативные свойства материалов	28
ГЛАВА 3. РАССМОТРЕНИЕ СПОСОБОВ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В	
МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ	30
3.1 Способы звукоизоляции стен.....	33
3.2 Способы звукоизоляция потолка.....	35
3.3 Способы звукоизоляции пола	36
3.4 Звукоизоляция оконных и дверных проемов	37
ГЛАВА 4. ВЫБОР СПОСОБА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В МНОГОЭТАЖНОМ ЗДАНИИ НА ПРИМЕРЕ СТРОЯЩЕГОСЯ ТРЕХЭТАЖНОГО ОФИСНОГО ЗДАНИЯ В г. Астрахань.....	40
4.1 Краткая характеристика проектируемого здания	40
4.2 Выбор способа изоляции звуковой вибрации	40

4.3 Выбор материалов для звукоизоляции стен.....	44
4.4 Выбор материалов и способа звукоизоляции потолка и пола.....	47
4.5 Выбор технологии и материалов для звукоизоляции оконных и дверных проемов.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	52

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Строительство является самой важной отраслью страны. Строительная отрасль производит гражданские, промышленные и другие здания.

В современном мире качественная звукоизоляция помещений играет важнейшую роль в строительном мире и в том числе и в нашей жизни, она важна для здоровья человека и его комфортного пребывания в том или ином здании и комнате. Звукоизоляция представляет собой понижение уровня звуковой волны при прохождении ее через какую либо преграду. Данной преградой могут служить пол, либо стены или перекрытия. В свою очередь волна звука представляет собой шумовой эффект, который непосредственно порождается многочисленными источниками.

В области шумоизоляции в Англии проводили исследования, которые в свою очередь поразили своими результатами, выяснилось, что более четырех тысяч человек умирает в Англии в течение одного года из-за очень низкой шумоизоляции помещений, в которых они проживают и проводят основное время, что непосредственно влияет на их здоровье пагубно.

Низкая звукоизоляция или ее отсутствие приводят к многочисленным заболеваниям, таким как например сердечная недостаточность, гипертония и стенокардия. Многочисленный шум в помещениях от той или иной техники приводит к развитию бессонницы и приводит человека, работающего в таком помещении к постоянному стрессу, нервному истощению.

Поэтому звукоизоляция офисов и жилых зданий является жизненной необходимостью. Данная тема и проблема все более волнует людей и многие начинают об этом задумываться, опасаясь за свое здоровье, ведь шумовых источников с каждым годом становится все больше и больше, в особенности в крупных городах. И в связи с этим на строительном рынке производятся и разрабатываются технологии решения данной проблемы.

Научная новизна исследования состоит в разработке методики выбора способов и материалов для звукоизоляции помещения в многоэтажном доме.

В настоящее время все большее количество помещений на первых этажах жилых домов планируются, строятся или перепрофилируются как нежилые. И если в центре города за исключением магистральных улиц преимущество имеют в основном офисные помещения, то в спальнях районах на первых этажах, как правило, располагаются разного рода магазины, кафе, спортивные и развлекательные заведения. Так как по сравнению с обычной квартирой такие помещения, безусловно, более шумные, то в действующих нормативных документах уже давно прописаны соответствующие требования к индексам звукоизоляции строительных конструкций, разделяющих данные помещения с квартирами.

В современной России большинство застройщиков ставят себе задачу максимально сократить расходы на строительство здания. В первую очередь идут под нож материалы, которые не оказывают существенного влияния на итоговый результат - звуко и гидроизоляционные. Звукоизоляция зданий отодвигается, а потом и вовсе исключается из сметы на строительство. Здание построено, а об акустическом обустройстве пусть беспокоятся те, кто будет эксплуатировать помещение. Такой подход, безусловно, экономит средства застройщику, но приносит проблемы непосредственным владельцам помещений.

Объектом диссертационного исследования выступили организации строительного сектора, **предмет исследования** – методы звукоизоляции помещений при строительстве многоэтажных зданий.

Целью данной диссертационной работы является изучение звукоизоляции помещений при строительстве многоэтажных зданий на примере строящегося трехэтажного офисного здания в г. Астрахань по ул. Адмиралтейская.

Для решения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучение технологии строительства многоэтажных зданий.

2. Рассмотрение такого понятия как шум и звукоизоляция, и оценка звукоизоляционных материалов.

3. Рассмотрение способов звукоизоляции в многоэтажных зданиях.

4. Выбор наиболее эффективных способов изоляции для строящегося трехэтажного офисного здания в г. Астрахань по ул. Адмиралтейская.

Материалы и методы исследования. Решение комплекса сформулированных задач можно достичь с помощью изучения способов звукоизоляции помещений, рассмотрения основных современных звукоизоляционных материалов, используемых при строительстве многоэтажных зданий.

Методологическую основу настоящего исследования составили труды И.А. Шерешевского, Т.Г. Маклаковой, С.М. Нанасова, Ю.М. Баженова, И.А. Рыбьева и др.

Гипотеза исследования состоит в том, что изоляция от того или иного шумового источника нужна в первую очередь для здоровья человечества и каждого отдельного человека и в связи с чем обязана осуществляться самыми лучшими методами. Для этого необходимо применять самые усовершенствованные звуко-шумоизолирующие и звуко-шумопоглощающие материалы, их выбор в первую очередь зависит от вида строящегося или построенного офиса или жилого здания.

Только недавно люди стали задумываться о правильной звукоизоляции своих квартир и офисов. Многие застройщики пытаются сэкономить на материалах производят звуко и шумоизоляцию на низком уровне и некачественными материалами. Но государство приняло это во внимание и разработало новые, более жесткие требования по отношению к уровню шума в жилых и офисных помещениях. В настоящее время рынок звукоизолирующих материалов постоянно обновляется для решения звукоизоляционных проблем современного строительства.

Практическая значимость данной работы заключается в том, что на основе проведенных исследований разработаны меры по способам звукоизо-

ляции помещений при строительстве многоэтажных зданий и предложены наиболее качественные звукоизоляционные материалы.

Структура работы обусловлена ее целью и задачами. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы.

Во введении к работе охарактеризованы актуальность, определена цель исследования и задачи, необходимые для решения данной цели.

В первой главе рассмотрена технология строительства многоэтажных зданий: методы возведения и виды фундамента, стен наружных и внутренних, перекрытий, виды крыш и технология их возведения, а также окон и дверей.

Во второй главе рассмотрены такие понятия как шум и звукоизоляция от него. Изучены звукоизоляционные материалы.

В третьей главе рассмотрены основные способы звукоизоляции в многоэтажных зданиях.

В четвертой главе рассмотрен выбор способа звукоизоляции в многоэтажном здании на примере строящегося трехэтажного офисного здания в г. Астрахань по ул. Адмиралтейская.

В заключении представлены обобщенные выводы по данному научному исследованию, дан краткий анализ материала работы, обобщены достигнутые научные результаты и определено их практическое значение.

ГЛАВА 1. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

1.1 Фундамент

Возведение домов и построек нельзя обойтись без основания- фундамента – это часть домов, сооружений и построек (находящуюся под землей большей своей частью), через нее проходит передача усилий, нагрузок от домов (сооружений) на почву или искусственное основание.

Основной компонент фундамента это бетон, бетон в сочетании с кирпичной кладью или выкладкой из материала.

Фундаменты бывают разные исполнению-ленточные, столбчатые (свайные) и плитные.

Одним из самых популярных видов фундамента в настоящее время является плитный. Фундаменты такого типа возводятся для зданий различной этажности, в том числе многоэтажных и высотных. Этот вид основания является и самым надежным. Плитный фундамент – это монолитная железобетонная конструкция, выполненная под всей площадью строящегося здания (рис. 1).

Технология возведения предполагает обязательное армирование металлическими прутами. Благодаря этому фундамент движется вместе с грунтовыми массами: при замораживании поднимается, а при оттаивании – опускается. Это предотвращает разрушение здания. За это свойство фундаменты такого типа получили свое второе название – “плавающие”[29].

Плавающие основания особенно эффективны при больших нагрузках на фундамент, на слабых грунтах, на неравномерно сжимаемых грунтах, в сейсмически активных районах, на глубоко промерзающих почвах. Плитные фундаменты являются разновидностью мелкозаглубленных фундаментов, закладываемых на глубине 40-50 см.

От незаглубленных ленточных фундаментов они отличаются тем, что плитные основания жестко армируются по всей плоскости. Применение плитных фундаментов позволяет снизить объемы земляных работ, сократить трудозатраты, сократить объемы бетона и сэкономить строительные материалы.

Существует несколько типов плитных оснований: ребристые, сплошные и коробчатые. Сплошные применяются в том случае, если будущее здание не будет иметь цоколя. Плита в этом случае будет служить полом. При возведении жилых домов устройство плиты подразумевает ребристую поверхность или перекрестные монолитные ленты. Высота ребер будет равна высоте цоколя. Ребра выполняются из монолитного бетона или сборных железобетонных блоков [1].

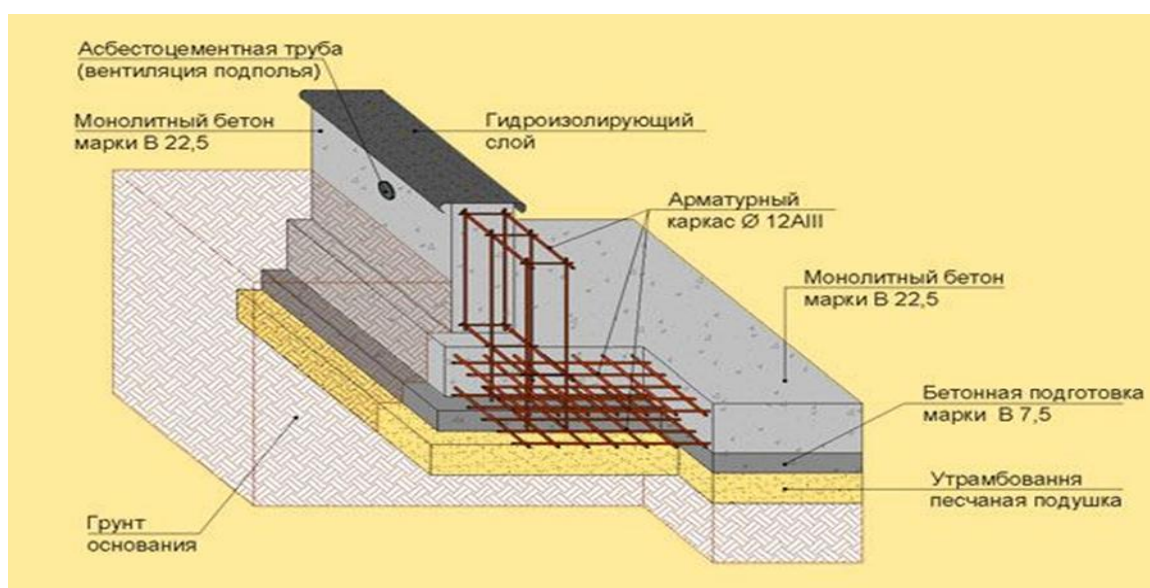


Рис. 1 Фундамент плитного типа (схема)

Для многоэтажных зданий используются коробчатые фундаменты, которые выдерживают даже значительные нагрузки. Высота ребер таких плит равна высоте стен подземной части здания. Ребра соединяются между собой плитами перекрытий и образуют замкнутый короб. Благодаря значительной

площади опоры и сплошной конструкции получается минимальное давление на грунт.

Строительство плитных фундаментов начинается с некоторых подготовительных работ. К ним относится определение пирога фундамента и метод армирования плавающих плит. Кроме того, необходимо подобрать гидроизоляционные материалы для нижних участков стеновых конструкций и сделать расчет армопоясов [13].

Для того чтобы сделать правильный расчет монолитного фундамента, необходимо учитывать следующее. Для начала нужно определиться с толщиной плиты, общей площадью плиты и глубиной, на которую она будет уложена. Площадь фундамента должна быть чуть больше площади здания. Это поможет улучшить прочностные характеристики постройки и снизить вероятность проседания дома.

Расчет площади фундамента производится по формуле:

$$S > \gamma_n F / \gamma_c R_0,$$

где, $\gamma=1,2$ - коэффициент надежности;

F – нагрузка на фундамент (общий вес дома и полезная нагрузка);

γ_c – коэффициент условий работы, зависит от типа грунта (для глины пластичной он равен 1,0, для глины слабопластичной, песков маловлажных – 1,2, для крупных песков 1,2 для мелких песков – 1,3);

R_0 – условное сопротивление грунта основания для мелкозаглубленных фундаментов (определяется по специальным таблицам).

Нужно учитывать, что в здании будет находиться мебель, бытовая техника, а также будут проживать люди. Поэтому к полученному результату расчета необходимо добавить еще 150 кг на м² [29].

После того как все расчеты будут выполнены, необходимо разделить полученное число на площадь строящегося здания и соотнести с несущей способностью грунта. Несмотря на все расчеты, под базовые перекрытия и стены должны предусматриваться ребра жесткости.

Строительство любого фундамента начинается с рытья котлована по всей площади постройки. Глубина котлована для плитного фундамента составляет 40-50 см. После этого выполняется основание под фундамент из бетона М50 толщиной 10 см. Если в грунте содержится влага или грунтовые воды залегают слишком высоко, дно котлована нужно засыпать мелким гравием или песком слоем в 20 см [29].

Песок необходимо тщательно утрамбовать. После этого можно приступать к постройке основания. Работы должны продолжаться только после того, как основание полностью затвердеет.

Песчаную подушку и основание необходимо накрыть рулонной гидроизоляцией для защиты фундамента от попадания влаги. После этого монтируют арматурный каркас: прутья толщиной 10-12 мм нужно сваривать. Связывать прутья проволокой недопустимо. Для большей прочности в каркас можно добавить металлические трубы или железный лом. Каркас ставится на гидроизоляционный слой.

Теперь начинать бетонирование. Для этого должен использоваться бетон марки не ниже М300. Для морозостойких фундамента в бетон добавляют специальные добавки. Бетон должен заливаться в котлован равномерно, арматурный каркас должен полностью погрузиться в бетон, иначе он может подвергнуться коррозии. Самая минимальная толщина защитного бетонного слоя доставлять не менее 30 мм. Бетонная смесь выравнивается и оставляется до полного затвердевания. Следует проследить, чтобы смесь не высохла слишком быстро, иначе бетон не приобретет требуемую прочность. После застывания бетона делается гидроизоляция [29].

После этого при необходимости делаются цокольные ребра: сборные или монолитные. Для монолитных ребер ставится опалубка. Плитный фундамент может строиться из монолитного железобетона. В таком случае он будет иметь вид пересекающихся лент.

1.2 Стены наружные

Стены зданий служат основой для ограждения конструкций здания. Помимо данной функции они еще и служат опорами для вертикальных и горизонтальных нагрузок и их восприятия.

Стены зданий должны отвечать следующим требованиям, такие как например: они должны быть очень прочными, в пределах норм теплоустойчивыми, обеспечивать изоляционную функцию. Кроме того они прежде всего еще должны быть устойчивыми к возгоранию, рассчитанными на долгий срок службы, а также должны быть в меру экономичными и эстетически привлекательными.

Выделяют следующие виды стен:

1. По виду статической работы:

- несущие, они выполняют роль того, что принимают и передают на фундамент нагрузки от перекрытий;
- самонесущие, они в свою очередь опираются на фундамент, и несут нагрузку непосредственно только от собственного веса;
- ненесущие, они принимают свой вес в пределах одного этажа и передают его на каркас и другие опорные конструкции здания.

2. По способу возведения стены:

- сборные, их монтируют уже из подготовленных конструкций, изготовленных заранее на заводе или цехе;
- монолитные, бетонные, они строятся в передвижной или скользящей опалубке, ручной кладки-из мелкоштучных материалов на растворах. Существуют сборные стены крупноблочные и крупнопанельные.

По конструктивному решению стены делят на однослойные и многослойные [2].

Простейшим типом наружной стены является панель из легкого бетона. Легкий бетон, предназначенный для крупнопанельных конструкций зданий, по структуре и свойствам (прочности, массе, теплопроводности, водо- и воз-

духопроницаемости, влажности, деформативности, трещностойкости, морозостойкости и др.) надежно обеспечивает эксплуатационные требования.

Массивные внешние стены зданий, выполняющие несущую функцию, обладают хорошими показателями отражения и поглощения звука. Однако их может быть недостаточно для обеспечения надлежащего уровня комфорта во внутренних помещениях.

Чем более массивной будет стена дома, тем более сильный шум она способна отразить. Если наращивать толщину стен или других однослойных строительных конструкций с целью улучшения показателей шумоизоляции, это заметно отразится на расходе материалов, нагрузке на фундамент здания и свободном пространстве внутри помещения (если звукоизоляция выполняется изнутри). Именно поэтому для акустической изоляции целесообразно использовать лёгкие многослойные материалы. Примером может послужить сочетание гипсокартона, которым выравнивают стены, и минерального волокна (минваты), укладываемой между ним и основной строительной конструкцией.

1.3 Внутренние стены и перегородки

Внутренние стены и перегородки представляют собой основные внутренние вертикальные ограждающие конструкции в зданиях. Внутренние стены образуются также конструктивными элементами, которые совмещены с инженерным оборудованием [8].

Главной функцией внутренних стен и перегородок является обеспечение звукоизоляции от шумовых источников.

Индекс изоляции для для межквартирных и межсекционных стен и перегородок, ограждений, отделяющих жилые комнаты от лестничных клеток должен составлять не менее 50, для межкомнатных – 41, для стен и перегородок, разделяющих жилые комнаты и санитарные помещения квартиры, -

45, а для ограждений между жилыми комнатами встроенными магазинами или кафе соответственно 55 и 60 дБ.

Панели перегородок формируют из тяжелого или легкого бетона толщиной не менее 60 мм, из гипсобетона толщиной не менее 80 мм. Межквартирные перегородки, как правило, проектируют акустически раздельными, т. е. двойными с воздушным зазором между панелями не менее 40 мм.

Если в строящемся здании пятнадцать этажей, то стены проектируются обычно бетонными, и их толщина обычно не превышает 16 см. Если стены планируются из монолитного легкого бетона, то их толщина примерно 20 см, исходя из результатов исследований, статических и акустических расчетов [8].

В современном мире, переполненном различными шумами считается необходимым устанавливать добавочную шумо-звукоизоляцию, например для:

- рабочий кабинет, спальня, то есть комнаты в которые не желательно проникновение шума и звуков;
- бильярдная или музыкальная комната, то есть комнаты из которых не желательно чтобы звук уходил.

Лучшим вариантом будет заблаговременная изоляция, например в период монтажных работ данного строящегося здания. Ведь в дополнительном звукоизолировании уже установленная каркасная перегородка не нуждается.

Важным моментом является обязательное чередование жестких слоев и звукопоглощающих материалов.

1.4 Перекрытия

Перекрытия представляют собой горизонтальные несущие и ограждающие конструкции. Они принимают вертикальные и горизонтальные воздействия и в свою очередь передают их на несущие стены или каркас. Кроме того перекрытия служат для тепло- и шумо-звукоизоляции помещений.

Важным условием для перекрытий является то, что они должны быть очень прочными и жесткими, для того чтобы смогли выдержать нагрузку как от собственного веса, так и статическую и динамическую, и кроме того они должны иметь нормативную величину прогиба.

Общая площадь расположенных в данном здании помещений всегда должна быть больше общей площади всех перекрытий здания.

Выделяют следующие виды перекрытий, такие как:

- междуэтажные, расположенные между двух этажей, которые в свою очередь смежны по высоте;
- чердачные, которые расположены между чердаком и этажом;
- подвальные, которые расположены между подвалом в данном здании и его первым этажом;
- нижний, который расположен между первым этажом и подпольем [28].

Междуэтажные перекрытия являются внутренними ограждениями, и их основная функция – звукоизоляция. Перекрытия чердачные, над проездами и подпольями являются наружными ограждениями, и их основная функция теплоизоляция ограждаемых помещений.

1.5 Крыша

Крыши представляют собой наружные несущие и ограждающие конструкции, воспринимающие вертикальные и горизонтальные давления.

Все крыши конструируются из несущей части – покрытия, которое в свою очередь передает нагрузку на стенки и опоры, а также из наружной оболочки, которая называется кровлей.

На стены и отдельные опоры передается нагрузка от снега и ветра, так называемая временная нагрузка от покрытия и от отдельных опор, это так называемая постоянная нагрузка [16].

Важным условием для долгого срока службы и экономичности является правильная конструкция крыш. Существуют такие разновидности крыш как, чердачные, скатные и совмещенные.

Главной конструкцией крыш (несущей) служат стропила, которые в свою очередь определяют число скатов и угол их наклона. Они подразделяются на наслонные и висячие.

Надежная шумоизоляция крыши важна, особенно это касается тех случаев, когда в качестве кровельного материала применяется металлический стальной лист, медь, металлочерепица, фальцевые кровли. Сегодня такие материалы применяются чаще всего, что обусловлено их высоким качеством, поэтому и необходимость в создании акустического комфорта дома также велика. При всех своих положительных качествах кровли из металла шумные и гулкие, даже обычный дождь может вызвать сильный дискомфорт. Именно поэтому при монтаже конструкции крыши необходимо сразу же позаботиться о создании надежного слоя утепления и шумоизоляции.

1.6 Окна и двери

Главной задачей окон является продувание и они служат источником света в помещениях и в свою очередь состоят из оконных переплетов, то есть из оконных рам [7].

В соответствии с назначением двери проектируют одно- и двухпольными, глухими и остекленными, правыми и левыми, с порогом и без порога, и координационные стандартные размеры дверей кратны единому модулю 100 мм. В жилых домах двери общих комнат квартир двухпольные шириной 1,4 м или однопольные шириной 1,1 и 0,9 м, двери спален – преимущественно однопольные той же ширины. Входные двери в квартиру проектируют с порогом, внутриквартирные как правило, без порога.

Размеры окон назначают в соответствии с нормативными требованиями естественной освещенностью, архитектурной композиции, экономии единовременных и эксплуатационных затрат.

Окна бывают деревянные, алюминиевые и пластиковые.

Во внутренних стенах и перегородках предусматривают дверные проемы, размеры которых и конструкцию дверей чаще всего назначают по государственным стандартам [11].

Современная технология монтажа оконных рам подразумевает использование монтажных анкеров и пены, которая является достаточно слабым звукоизолятором. Таким образом, даже при наличии дорогих окон шум со стороны улицы будет пробиваться в квартиру. Эффективное решение этой проблемы – заделка внутренних и внешних откосов, которая скроет слой монтажной пены и вдобавок обеспечит дополнительную термоизоляцию проёма. Наконец, обшивка наружной плоскости стены пенопластом или другим изоляционным материалом способна заметно улучшить её звукопоглощающие качества, что раз и навсегда избавит от уличного шума в квартире.

Выводы: В данном разделе диссертационной работы рассмотрели основные составляющие многоэтажного здания, такие как фундамент, наружные стены, внутренние стены и перегородки, перекрытия, крыша, окна и двери. Изучили существующие виды данных элементов, в особенности характерные для многоэтажного строительства, их функции и предназначение.

ГЛАВА 2. ШУМ И ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ

Под звукоизоляцией принято понимать снижение уровня давления звука, путем прохождения звуковой волны через какую либо преграду, например через пол или стены. В данном случае под звуковой волной подразумевается шумовой эффект, который в свою очередь создается различными источниками.

Принято разделять виды шума на воздушный и структурный. Воздушный шум, здесь средой распространения шума служит воздух, к такому шуму относится например голоса от телевизора, разговоры людей. Структурный шум, здесь средой распространения является твердое тело, например стук молотка, который можно услышать даже на большом расстоянии.

Шум воздушный в свою очередь является офисным, в то время как в производственных помещениях преобладает структурный шум. Для жилых помещений, учитывая наиболее высокие требования к уровню звукоизоляции со стороны законодательства, актуальна защита от всех видов шума: и громкой музыки у соседей, и стука закрывающихся дверей лифта [14].

Существуют стандартные и нестандартные пути измерения шума.

При научных исследованиях используют нестандартные методы.

Звукоизмерительные камеры, измерительные стенды, установки, приборы подлежат метрологической аттестации с выдачей аттестационных документов, в которых указываются основные метрологические параметры, предельные значения измеряемых величин и погрешности измерения.

Стандартными величинами, подлежащими измерению, для постоянных шумов являются:

- уровень звукового давления L_p , дБ, в октавных или третьоктавных полосах частот в контрольных точках;
- скорректированный по шкале А уровень звука L_A , дБА, в контрольных точках.

Шумоизмерительные приборы - шумомеры - состоят, как правило, из датчика (микрофона), усилителя, частотных фильтров (анализатора частоты), регистрирующего прибора (самописца или магнитофона) и индикатора, показывающего уровень измеряемой величины в дБ. Шумомеры снабжены блоками частотной коррекции с переключателями А, В, С, D и временных характеристик с переключателями F (fast) - быстро, S (slow) - медленно, I (pik) - импульс. Шкалу F применяют при измерениях постоянных шумов, S - колеблющихся и прерывистых, I – импульсных [14].

По точности шумомеры делятся на четыре класса 0, 1, 2 и 3. Шумомеры класса 0 используются как образцовые средства измерения; приборы класса 1 - для лабораторных и натуральных измерений; 2 - для технических измерений; 3 - для ориентировочных измерений. Каждому классу приборов соответствует диапазон измерений по частотам: шумомеры классов 0 и 1 рассчитаны на диапазон частот от 20 Гц до 18 кГц, класса 2 - от 20 Гц до 8 кГц, класса 3 - от 31,5 Гц до 8 кГц.

2.1 Защита от производственного шума

СНиП 23-02-2003 содержит нормативы возможно допустимого шума, принцип обеспечения акустических расчетов для оценки шумового эффекта, очередность выбора и использования техник и средств для того, чтобы снизить расчетные и фактические уровни шума до требований санитарных норм [4].

Выделяют определенный набор мероприятий для защиты от шумового эффекта:

- планировка жилых зданий в рациональном объемно-планировочном ключе;
- применение при строительстве зданий ограждающих конструкций которые способны обеспечить звукоизоляцию;
- применение и использование звукопоглощающих облицовок;

- применение и использование заглушек от шума в системах вентиляции и кондиционирования воздуха;

- у оборудования инженерного либо санитарно-технического должна быть виброизоляция [23].

За счет применения нормативов звукоизоляции на этапе строительства возможно ограничить шум, проникающий извне.

Стены, межкомнатные перегородки, потолки и полы в настоящее время покрываются звукоизоляционными материалами. Считается, что звукоизоляционные материалы выполняют важные функции, такие как: поглощают, рассеивают звуковые волны, и кроме того не допускают колебания звуковой волной преграды как например, межкомнатная перегородка.

Материалы акустические, которые применяются при застройке обязаны быть безвредными, безопасными для человека, который будет проживать в данном помещении и здании, которые прошли сертификацию по пожарной безопасности и соответствуют стандартам, которые приняты в нашей стране.

Это панели, плиты, которые в свою очередь служат для распределения звуковой волны в комнате или офисе. А в стенах между комнатами, помещениями обычно используются слоистые звукопоглощающие панели, состоящие из стекловолокна, минеральной ваты, пенополиуретана и т. д.

Для звукоизоляции потолка накладываются подвесные потолочные системы, для звукоизоляции пола выкладывают промежуточную подложку из специального эластичного материала - полимерно-битумной мембраны, звукоизолирующих листов. Для звукоизоляции оконных проемов применяются современные герметичные окна из ПВХ, оснащенные шумозащитными вентиляционными клапанами [31].

Технологии шумоизоляции (звукоизоляции) используют четыре принципа контроля как воздушного, так и структурного шума:

Поглощение - преобразование звуковой волны в другую форму энергии (такую как тепловая) с помощью изоляционных панелей.

Блокирование - создание экрана для блокировки воздушных колебаний для уменьшения прохождения воздушного шума.

Преломление разрушение –
понижение звуковой энергии за счет прохождения через разнородные структуры стены.

Изоляция - ограничение шума в области, где он распространяется.

2.1.1 Распространение звуковой вибрации в зданиях и способы ее изоляции

В многоэтажных жилых зданиях звукоизоляция помещений рассчитывается конструктивными параметрами собственно ограждающих конструкций, которые разделяют помещения, и условиями распространения звуковой вибрации по смежным конструкциям здания [12].

В конструктивной основе здания звуковая вибрация вызывается акустическими и вибрационными источниками звука. Звуковая вибрация бывает в виде упругих волн, таких как: поперечные продольные, изгибные.

К нарушению акустического комфорта приводит наличие в здании сильных источников шума, кроме того например высокий модуль упругости и низкие диссипативные свойства материалов стен и перекрытий, жесткости их стыков.

В зданиях звукоизоляция помещений зависит от звукоизолирующей способности определенных конструкций, и от условий распространения звуковой вибрации по конструкциям [23].

Фактором, который обеспечивает акустический комфорт, является группировка тихих и шумных помещений в соответствующие функциональные зоны и разделение этих зон помещениями, которые выполняют буферную функцию. Конструктивные решения являются вторым фактором, влияющим на звукоизоляцию помещений.

Также звукоизоляция в значительной степени зависит от звукопроводности конструктивного остова здания. В свою очередь, звукопроводность конструкций зданий зависит от их однородности.

Наибольшей звукопроводностью обладают монолитные здания. Меньшей проводимостью звука обладают здания в кирпичном исполнении с массивными стеновыми конструкциями. Возможности изоляции звуковой вибрации в зданиях весьма ограничены.

Эффект могут дать:

- виброзадерживающие массы;
- значительное отличие в толщине и поверхностной плотности конструкций, сопряженных в стыке;
- использование звукоизоляционных прокладок в стыках конструкций;
- применение обшивок на отnose по стенам и потолкам, а также конструкций плавающих полов [18].

Для акустического проектирования многоэтажных зданий, имеющих сложную функциональную организацию и оснащенных многочисленными бытовыми и инженерно-техническими агрегатами, необходима современная методика расчета, основанная на компьютерном моделировании процессов распространения звука и вибрации в здании. В ее основу может быть положено представление характерных объемно-планировочных элементов здания в виде расчетных моделей статистического энергетического анализа и решение ряда задач прохождения звука через конструкции и их стыки.

«Статистический» подход к решению проблемы выражается в анализе распределения энергии волн в подсистемах. На достаточно высоких частотах в рассматриваемой полосе частот Δf на панели или в воздушном объеме помещения имеется значительное число собственных форм колебаний. Энергия волн концентрируется в них. Распределение форм колебаний и характер возбуждения предполагается случайным, так что приходится оперировать со средними величинами звукового давления и параметрами колебания панелей [23].

2.1.2 Конструктивные элементы и узлы

Конструктивные системы гражданских зданий характеризуются схемой распределения между элементами несущих и ограждающих функций, типом конструктивных элементов, технологическими признаками. Характер конструктивной системы определяет степень акустической взаимосвязи конструктивных элементов и, в итоге, вид математической модели здания по теории статистического энергетического анализа.

Основными конструкционными материалами зданий являются бетон, кирпичная кладка, металл, дерево. Физико-механические свойства основных конструкционных материалов практически не зависят от частоты нагружения, поэтому динамический модуль упругости мало отличается от модуля упругости, измеренного при статическом нагружении [14].

Наряду с конструкционными, широко используются и изоляционные материалы, в том числе тепло-, звукоизоляционные материалы и герметики. В отличие от конструкционных материалов, они характеризуются низким значением динамического модуля упругости.

Конструктивные узлы зданий можно классифицировать по типу конструкций, их образующих, и характеру заполнения стыков. Конструкции здания можно разделить на типы: стержневые (колонны, ригели), пластины (панели, плиты) и оболочки. Конструктивные узлы могут быть жесткими или податливыми. Жесткие стыки имеют заполнение тем же материалом, что и материал самих конструкций и передают все виды перемещений в смежные конструкции. Жесткие стыки характерны для монолитных зданий и зданий со сварным металлическим каркасом. В зданиях из мелкогабаритных и крупнопанельных элементов стыки могут быть и жесткими и податливыми. Степень податливости определяется изгибной, продольной и сдвиговой жесткостью всех элементов заполнения стыков.

Для унификации расчетных моделей стыков здания целесообразно выбрать универсальную форму стыков как для стержневых элементов, так и для

панелей. Стык, имеющий наиболее общую схему, должен, по-видимому, иметь такую систему взаимосвязей, когда каждая из сопрягаемых панелей связана с соседней через упругий элемент [14].

Представляя жесткость связей между отдельными элементами равной нулю, можно исключить из стыка отдельные элементы и таким образом получить Т-образный, угловой или линейный стыки. Для стыков с упругими вставками их жесткость характеризуется модулем упругости материала вставки и ее геометрическими характеристиками. Приравнивая модуль упругости материала вставки к модулю упругости материала основных конструкций, можно получить жесткий стык [22].

2.1.3 Волны в строительных конструкциях

Распространение упругих волн в строительных конструкциях, как в системах с распределенными параметрами массы и жесткости, основывается на закономерностях теории упругости. Определение параметров распространения волн производится из анализа напряженно-деформированного состояния в элементах конструкции и записи волновых уравнений баланса внутренних и внешних сил. Наиболее распространенные строительные конструкции – плиты, панели и балки – в технической механике рассматриваются как изотропные пластины и стержни. Распространение волн в них имеет сложную картину. Комбинации продольных и поперечных волн позволяют рассматривать некоторые идеализированные типы волн в строительных конструкциях: сдвиговые, квазипродольные и изгибные [23].

Сдвиговые волны сопровождаются колебанием частиц перпендикулярно направлению распространения волны. Интерес представляет распространение сдвиговых волн вдоль главной оси стержня или вдоль одной из продольных осей пластины.

Квазипродольные волны сопровождаются не только продольными смещениями в направлении распространения волны, совпадающим с одной из

продольных осей конструкции, но и поперечными деформациями сечения конструкции. Влияние поперечных деформаций существенно возрастает на высоких частотах при значительной толщине стержня или пластины [15].

Распространение изгибных волн вызывает поворот сечений, а также поперечные смещения сечения перпендикулярно направлению распространения волны и продольной оси конструкции. Фазовая скорость изгибных волн, как, впрочем, и продольных зависит от частоты колебаний, а характер этой зависимости, называемой дисперсионной, по-разному проявляется на низких и высоких частотах.

Строительные панели, выполненные как однослойные плоские конструкции без ребер жесткости, рассматриваются как изотропные пластины с высотой сечения h . Как и для балок, для пластин можно выделить два частотных диапазона: низкие частоты, допускающие ряд упрощений элементарной теории, и высокие частоты, на которых следует рассматривать общую картину поля волн или представлять ее в виде комбинации волн идеализированных типов. Граница диапазонов смещается в область низких частот с увеличением толщины пластины.

2.2 Звукоизоляционные материалы

Изоляция шума важна и должна производиться наиболее эффективными способами. Для решения указанных задач применяются современные звукоизолирующие и звукопоглощающие строительные и отделочные материалы, выбор которых зависит от типа и вида здания или сооружения. Однако общими характеристиками для средств звукоизоляции являются их экологичность, гигиеничность и сертификат пожарной безопасности, подтверждающий качество и соответствие противопожарным нормам, установленным ГОСТами.

Правильная акустика жилых помещений стала важным этапом строительства сравнительно недавно. В целях удешевления строительных

работ звукоизоляция квартир выполнялась на невысоком уровне. Однако сегодня, после принятия новых строительных норм, требования к допустимым уровням шума, вибрации и звукоизоляции жилых и общественных помещений значительно ужесточились. Кроме того, рынок строительных материалов постоянно пополняется новой продукцией отечественных и зарубежных производителей, разработанной специально для решения акустических и звукоизоляционных проблем современного строительства [23].

Применение тех или иных звукоизоляционных материалов и технологий всецело зависит от предназначения помещения. Условно здесь можно выделить следующие категории: офисные, производственные и жилые помещения.

В практике жилищного строительства существует четыре основных направления звукоизоляции: изоляция стен и межкомнатных перегородок, защита полов, перекрытий и мест стыков со стенами, дверей (в том числе, межкомнатных) и окон, звукоизоляция инженерных коммуникаций, которые могут служить проводниками шума. В офисных помещениях основной проблемой является воздушный шум. Виной тому единое пространство, разделённое на кабинеты перегородками из гипсокартона - именно такая конструкция преобладает сейчас в деловых центрах. Различные виды перегородок могут иметь свой индекс звукоизоляции. Применение эффективных звукопоглощающих плит позволяет заметно повысить звукоизолирующие свойства конструкции. Таким образом, основным направлением звукоизоляции в офисных помещениях является работа над межкомнатными перегородками и дверями. Другое направление - это борьба с внешними источниками шума. Материалы и технология звукоизоляции в данном случае мало чем отличаются от звукоизоляции жилых помещений.

Звукопоглощающими материалами и конструкциями принято считать такие, у которых коэффициент поглощения a на средних частотах больше 0,2. У таких материалов, как кирпич, бетон, величина a мала (0,01-0,05) [15].

Процесс поглощения звука происходит за счет перехода энергии колеблющихся частиц воздуха в теплоту вследствие потерь на трение в порах материала, поэтому для эффективного звукопоглощения материал должен обладать пористой структурой, причем поры должны быть открыты со стороны падения звука и соединяться между собой (незамкнутые поры), чтобы не препятствовать проникновению звуковой волны в толщу материала. Наиболее часто в качестве звукопоглощающей облицовки применяют конструкции в виде слоя однородного пористого материала определенной толщины, укрепленного непосредственно на поверхности ограждения либо отнесенного от него на некоторое расстояние.

В настоящее время применяют такие звукопоглощающие материалы, как ультратонкое стекловолокно, минеральная вата, древесноволокнистые и минеральные плиты, пористый поливинилхлорид и другие материалы.

Одной из немалых групп строительных материалов современного рынка является звукоизоляционный материал. Обычно звукоизоляционный материал изготавливается на основе синтетического или натурального сырья. Натуральным сырьем является базальтовая вата, вспученный перлит, шамот, вспененное стекло и каолиновая вата, а синтетическим, - пенополиуретан, пенополиэтилен, пенополипропилен, пенополиэстер и др. Наиболее долговечный звукоизоляционный материал - это минеральная вата, изготовленная из горных пород, в большинстве случаев, - базальтовая. Она обладает огромным количеством положительных качеств, таких как огнестойкость, гидрофобность, паропроницаемость и экологическая чистота.

Существуют специальные комплекты, предназначенные для выполнения звукоизоляционных работ. Это и звукоизолирующие панели, и сэндвич-панели, и вибро-акустические слоистые панели, и панели, предназначенные для дополнительной изоляции, и другие материалы. Весь звукоизоляционный материал, предназначенный для профессионального использования, имеет индекс дополнительной изоляции, значение которого колеблется от 5 до 18 децибел. Подобного рода конструкции испытываются в специальных виб-

роакустических камерах. Это дает возможность наиболее точно рассчитать и спрогнозировать их эффективность в каждом конкретном случае применения [24].

При строительстве жилых, промышленных и офисных помещений для возведения стен, перегородок, плоских и скатных крыш с небольшим углом наклона может применяться строительный материал фибролит. Он производится из древесного или синтетического волокна и цемента, обладает плотностью от 208 до 570 кг на м³. Фибролит служит материалом для производства несъемной опалубки, применяемой для каркасного домостроения.

Благодаря высокому, до 99%, коэффициенту звукопоглощения, большое распространение получили материалы из каменной ваты. В виде плит различной толщины они применяются для звукоизоляции помещений всех типов. Размещенные между стоечными профилями каркаса гипсокартонных стен плиты заметно повышают индекс звукоизоляции межкомнатных перегородок в офисе или квартире. Они также применяются при создании пола на железобетонном или балочном перекрытии. Для звукоизоляции потолка материал может быть смонтирован непосредственно на перекрытие под поверхностью подвесных или натяжных потолков [24].

Однако звукоизоляции стен, пола и потолков недостаточно, необходимо также уделить внимание изоляции окон и дверей. Современные окна из ПВХ профиля, устанавливаемые в жилых или офисных помещениях, имеют высокие характеристики звукопоглощения.

2.2.1 Упругие и диссипативные свойства материалов

Для развития точных методов расчета распространения шума и звуковой вибрации в зданиях необходимо иметь данные об упругих и диссипативных свойствах конструкционных и изоляционных материалов, применяемых в строительстве. Упругие свойства конструкционных материалов практически одинаково проявляются в статическом и динамическом режимах за-

гружения. Они достаточно хорошо изучены, и поэтому значения модуля упругости бетонов, стали, древесины приводятся во многих справочниках [27]. Существует лишь необходимость систематизировать эти данные для удобства поиска при выполнении виброакустического расчета здания.

Как известно, упругие свойства "мягких" материалов по-разному проявляются в статическом и динамическом режимах испытания. Поэтому различают статический и динамический модуль упругости материалов. Для измерения динамического модуля упругости и коэффициента потерь конструкционных материалов применяются методы, основанные на возбуждении в конструкционном материале малых напряжений на звуковых частотах.

Выводы: в данной главе рассмотрели такие понятия как шум и звукоизоляция, их влияние на строительные материалы, упругие свойства материалов. Выявили основные мероприятия по защите от шума в строящихся зданиях, такие как применение при строительстве и реконструкции зданий ограждающих конструкций, обеспечивающих нормативную звукоизоляцию; звукопоглощающих облицовок (в помещениях общественных зданий); глушителей шума в системах принудительной вентиляции и кондиционирования воздуха. В третьей главе нами будут рассмотрены основные звукоизоляционные материалы, которые могут использоваться для звукоизоляции жилых зданий.

ГЛАВА 3. РАССМОТРЕНИЕ СПОСОБОВ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

Для обеспечения звукоизоляции применяют акустически однородные или неоднородные конструкции. В качестве акустически однородных используют массивные однослойные ограждающие конструкции сплошного или многопустотного сечения, в качестве неоднородных – двойные стены и перегородки, стены с гибким экраном, многослойные легкие перегородки. Способ звукоизоляции выбирают исходя из целесообразного использования свойств применяемых материалов.

Звукопоглощающие конструкции (подвесные потолки, плоские облицовки и объемные элементы) следует применять для снижения уровней шума на рабочих местах и в зонах постоянного пребывания людей в производственных и общественных зданиях. Площадь звукопоглощающих облицовок и количество штучных поглотителей определяют расчетом.

Объемные элементы следует применять, если плоской облицовки недостаточно для получения требуемого снижения шума, а также вместо звукопоглощающего подвесного потолка, когда его устройство невозможно или малоэффективно.

Звукопоглощающие конструкции предназначены для уменьшения интенсивности отраженного звука. Наибольший эффект снижения уровней звукового давления достигается в точках, где звуковое поле полностью определяется плотностью энергии отраженных звуковых волн (отраженное поле). В зонах, где преобладает прямой звук, т.е. вблизи от источников шума (на рабочих местах), эффект снижения уровней звукового давления следует определять расчетом [14].

На этапе строительства ограничить шум, проникающий извне, можно путем соблюдения нормативов звукоизоляции помещений. Квартира зонировается определенным образом, при этом ванная, туалет, кухня, как правило,

объединены в блок, примыкающий к аналогичным помещениям соседних квартир или граничащий с лестничной клеткой [9].

Звукоизоляции современными материалами подвергаются стены, перегородки, потолки и полы, окна и двери помещений, оборудование, которое подлежит потолочному или стеновому монтажу, а также инженерные коммуникации. При этом звукоизоляционные материалы должны выполнять две главные функции - предотвращать колебания звуковой волной преграды (например, межкомнатной перегородки), а также, по возможности, поглощать и рассеивать звуковую волну [3].

Для этого используются акустические материалы, безопасные для человека, имеющие пожарный сертификат и соответствующие нормативам, принятым в России. Они представляют собой строительные материалы - листы, маты, плиты, панели, предназначенные для правильного распространения звука в помещении. В межкомнатные перегородки могут устанавливаться слоистые звукопоглощающие панели, в состав которых входят стекловолокно, минеральная вата, пенополиуретан и т. д. Для изоляции потолка применяют подвесные потолочные системы, на пол стелют промежуточную подложку из специального эластичного материала - полимерно-битумной мембраны, звукоизолирующих листов. Звукоизоляция оконных блоков достигается установкой герметичных окон ПВХ, оснащенных шумозащитными вентиляционными клапанами.

Технологии шумоизоляции (звукоизоляции) используют четыре принципа контроля как воздушного, так и структурного шума:

Поглощение - преобразование звуковой волны в другую форму энергии (такую как тепловая) с помощью изоляционных панелей.

Блокирование - создание барьера для остановки воздушных колебаний для уменьшения прохождения воздушного шума.

Преломление разрушение - снижение уровня звуковой энергии за счет прохождения через разнородные структуры стены.

Изоляция - ограничение шума в области, где он распространяется.

Применение тех или иных звукоизоляционных материалов и технологий всецело зависит от предназначения помещения. Условно здесь можно выделить следующие категории: офисные, производственные и жилые помещения.

Согласно нормам действующего законодательства, при звукоизоляции необходимо следовать определённым стандартам. Так, "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки" устанавливает допустимый уровень шума для производственных помещений - не более 85 дБ, для офисных - не более 60 дБ, для жилых - не более 55 дБ днём и 45 дБ ночью.

В практике жилищного строительства существует четыре основных направления звукоизоляции: изоляция стен и межкомнатных перегородок, защита полов, перекрытий и мест стыков со стенами, дверей (в том числе, межкомнатных) и окон, звукоизоляция инженерных коммуникаций, которые могут служить проводниками шума. В офисных помещениях основной проблемой является воздушный шум. Виной тому единое пространство, разделённое на кабинеты перегородками из гипсокартона – именно такая конструкция преобладает сейчас в деловых центрах. Различные виды перегородок могут иметь свой индекс звукоизоляции [4].

Применение эффективных звукопоглощающих плит позволяет заметно повысить звукоизолирующие свойства конструкции. Таким образом, основным направлением звукоизоляции в офисных помещениях является работа над межкомнатными перегородками и дверями. Другое направление - это борьба с внешними источниками шума. Материалы и технология звукоизоляции в данном случае мало чем отличается от звукоизоляции жилых помещений.

Существуют специальные комплекты, предназначенные для выполнения звукоизоляционных работ. Это и звукоизолирующие панели, и сэндвич-панели, и вибро-акустические слоистые панели, и панели, предназначенные для дополнительной изоляции, и другие материалы. Весь звукоизоляционный

материал, предназначенный для профессионального использования, имеет индекс дополнительной изоляции, значение которого колеблется от 5 до 18 децибел. Подобного рода конструкции испытываются в специальных виброакустических камерах. Это дает возможность наиболее точно рассчитать и спрогнозировать их эффективность в каждом конкретном случае применения.

Существует множество звукоизоляционных решений, а также материалов, обладающих звукопоглощающими свойствами. По сфере применения их можно подразделить на следующие категории. Это звукопоглощающие материалы, применяемые в качестве внутренней облицовки помещений для обеспечения требуемой акустики внутри помещения. Во вторую группу включают материалы для изоляции от структурного, в том числе, ударного шума. В их число входит изоляция из каменной ваты, техническая пробка, кремнезёмное волокно. И, наконец, третья категория - материалы на волокнистой основе для защиты от воздушного шума, к примеру, изоляция из каменной ваты или войлок [18].

3.1 Способы звукоизоляции стен

Очень часто стены в жилых зданиях (хоть квартирах, хоть частных домах) делаются недостаточно толстыми, чтобы хорошо «гасить» лишний шум в целях экономии средств. Именно это и является основной причиной появления посторонних и раздражающих звуков внутри комнат – тонкая перегородка практически не отражает и не поглощает шум.

Решение проблемы – это использование специальных звукоизоляционных мембран. По сути, это не слишком толстая «слоеная» конструкция, состоящая из каркаса, изоляционного материала и обшивки (гипсокартона), по которой производится чистовая отделка. Выполняется ее создание и установка быстро (особенно при использовании таких материалов, как пенополиуре-

тан), жилого пространства много не заберет, а результат будет достаточно серьезным и ощутимым [4].

Двойные стены или перегородки обычно проектируются с жесткой связью между элементами по контуру или в отдельных точках. Величина промежутка между элементами конструкций должна быть не менее 0,04 м.

В конструкциях каркасно-обшивных перегородок следует предусматривать точечное крепление листов к каркасу с шагом не менее 0,3 м. Если применяют два слоя листов обшивки с одной стороны каркаса, то они не должны склеиваться между собой. Шаг стоек каркаса и расстояние между его горизонтальными элементами рекомендуется принимать не менее 0,6 м. Заполнение промежутка мягкими звукопоглощающими материалами особенно эффективно для улучшения звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок. Кроме того, для повышения их звукоизоляции рекомендуются самостоятельные каркасы для каждой из обшивок, а в необходимых случаях возможно применение двух- или трехслойной обшивки с каждой стороны перегородки.

Величины звукоизоляции принимаются по сертификату на данную конструкцию. Следует иметь в виду, что в натуральных условиях каркасно-обшивные перегородки имеют более низкую звукоизоляцию, чем измеренную в лабораторных условиях, из-за косвенной передачи шума, а также как правило, более качественного монтажа в лабораторных условиях [18].

Для увеличения изоляции воздушного шума стеной или перегородкой, выполненной из железобетона, бетона, кирпича и т.п., в ряде случаев целесообразно использовать дополнительную обшивку на отnose.

В качестве материала обшивки могут использоваться: гипсокартонные листы, твердые древесно-волоконистые плиты и подобные листовые материалы, прикрепленные к стене по деревянным рейкам, по линейным или точечным маякам из гипсового раствора. Воздушный промежуток между стеной и обшивкой целесообразно выполнять толщиной не менее 0,05 м и заполнять мягким звукопоглощающим материалом (минераловатными или стекловолоконистыми плитами, матами и т.п.) [26].

3.2 Способы звукоизоляция потолка

Шум не обязательно может идти сбоку – нередко его источниками могут являться беспокойные соседи сверху, или даже снизу. Соответственно, в этом случае необходимо позаботиться и о звукоизоляции этих перекрытий.

Звукоизоляция потолка, по сути своей, мало чем отличается от изоляции стен. Суть остается та же: на защищенную поверхность крепится несущая конструкция, содержащая звукоизолирующий материал. Единственный нюанс – необходимо следить, чтобы вес подобной конструкции не получился слишком большим – в противном случае крепежи могут просто-напросто не выдержать [31].

Как правило, необходимость обеспечения звукоизоляции потолков возникает в эксплуатируемых зданиях или жилых помещениях с воздуховодами, которые устанавливаются в запотолочном пространстве. Перекрытия между этажами не способны обеспечить требуемые показатели изоляции отдельных видов шума. В основном, такие проблемы свойственны перекрытиям с небольшой плотностью и многопустотным плитам. Рекомендованный индекс изоляции шума для подобных перекрытий варьируется в пределах от 57 до 62 дБ.

Для предотвращения распространения через ограждающие конструкции потолка при избыточном уровне воздушного шума в помещении наверху, необходимо предусмотреть, комплексное решение содержащее подшивной потолок в за потолочном пространстве финального (отделочного) потолка [23].

Система предусматривает комплексное использование звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов, для обеспечения максимального акустического сопротивления подшивного потолка.

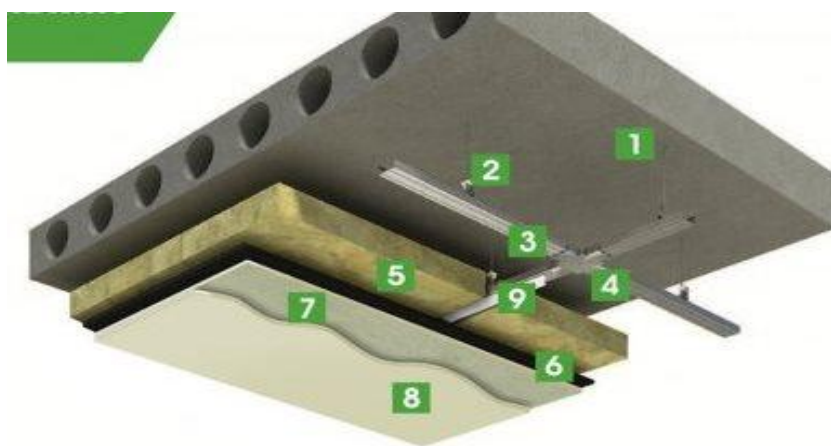


Рис. 2. Схема акустической изоляции потолка с железобетонными перекрытиями
 1- плита перекрытия; 2 – виброподвес; 3 – потолочный профиль; 4 - соединитель профи-
 лей; 5 – звукопоглощающий материал низкой плотности;
 6- акустическая мембрана; 7 – обшивка ГВП; 8 – обшивка ГКЛВ;
 9 – демпфирующая лента

Ключевой недостаток различных вариантов по оснащению потолка акустической изоляционной системой – это большие габариты конструкции. По этой причине приходится выбирать между достижением требуемого уровня шумоизоляции и сохранностью высоты потолка.

3.3 Способы звукоизоляции пола

В случаях, когда звукоизоляция зданий требует проведения работ и для пола, применяется так называемый «плавающий» пол. Подобная структура достаточно эффективно избавляет помещение от постороннего шума, источник которого располагается снизу (к примеру, это может быть мастерская, размещенная в подвале коттеджа, или какое-либо заведение, построенное прямо в жилом доме под вашей квартирой).

В качестве изолирующего слоя лучше всего использовать пенополиуретан Экотермикс – он не требует нанесения в большом количестве (что экономит вам жилое пространство), но при этом достаточно хорошо

удерживает посторонний шум. Его применение – оптимальный вариант, ввиду его качественных характеристик [5].

Все мероприятия по улучшению шумопоглощающих свойств пола в квартире можно разделить на два основных вида:

1. Звукоизоляция под стяжку пола (то есть звукопоглощающее покрытие будет находиться под бетонным слоем. Укладка шумоизоляции пола под стяжку возможна только на этапе капитального строения или ремонта);

2. Шумопоглощающие мероприятия поверх имеющегося основания пола (прокладки из звукоизолирующих материалов под декоративное напольное покрытие. Такой способ наиболее доступен и прост в оборудовании).

Самым эффективным материалом, который обеспечивает звукоизоляцию пола в квартире, является обычная подкладка, которая подкладывается под ламинат.

Еще одним способом обеспечения шумоизоляции пола является раскладка демпферной ленты, которую также называют буферной. Данная лента предназначена для отделения стяжек от стенок. При изменении температурного режима или влажности воздуха стяжка увеличивается в размерах и для того, чтобы она не лопнула, необходимо оставить небольшой зазор [14].

Буферная лента укладывается по всему периметру помещения вдоль каждой из стенок. К тому же, лента не должна прерываться. Чтобы как можно плотнее зафиксировать ленту, необходимо ставить ее вертикально. Полиэтиленовая полоска от ленты в обязательном порядке должна закрыть угол между стенкой и полом.

3.4 Звукоизоляция оконных и дверных проемов

Когда проводится проектирование дверей, окон необходимо обязательно принимать меры по повышению их изоляции от звуковых волн и эффектов.

Повышение изоляции воздушного шума за счет дверей может проводиться путем плотной пригонки полотна к коробке, путем устранения щели между дверью и полом при помощи порога с уплотняющими прокладками или фартука из прорезиненной ткани или резины, кроме того за счет применения уплотняющих прокладок в притворах дверей. Должны быть плотно заделаны щели и неплотности между коробкой двери и ограждением, к которому она примыкает. Кроме того важен плотный прижим двери к коробке, замочные скважины должны быть закрыты [22].

Повышение звукоизоляции окон может быть достигнуто увеличением толщины стекол, увеличением толщины воздушного промежутка между стеклами, уплотнением притворов переплетов, закреплением стекол в переплетах с помощью упругих прокладок, применением запорных устройств, обеспечивающих плотное закрывание окон.

В настоящее время наиболее целесообразным является применение готовых конструкций шумозащитных окон, снабженных вентиляционными элементами с глушителями шума. Подбор шумозащитного окна должен проводиться на основе акустического расчета требуемого снижения внешнего шума.

Звукоизоляция окон и дверей принимается по результатам сертификационных испытаний.

Выводы: В данном разделе рассмотрели различные способы и материалы для звукоизоляции. Звукоизоляции современными материалами подвергаются стены, перегородки, потолки и полы, окна и двери помещений, при этом звукоизоляционные материалы должны выполнять две главные функции - предотвращать колебания звуковой волной преграды (например, межкомнатной перегородки), а также, по возможности, поглощать и рассеивать звуковую волну.

Существуют специальные комплекты, предназначенные для выполнения звукоизоляционных работ. Это и звукоизолирующие панели, и

сендвич-панели, и вибро-акустические слоистые панели, и панели, предназначенные для дополнительной изоляции, и другие материалы.

ГЛАВА 4. ВЫБОР СПОСОБА ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ В МНОГОЭТАЖНОМ ЗДАНИИ НА ПРИМЕРЕ СТРОЯЩЕГОСЯ ТРЕХЭТАЖНОГО ОФИСНОГО ЗДАНИЯ В г. Астрахань

4.1 Краткая характеристика проектируемого здания

Место под строительство трехэтажного офисного здания находится в Северо-Восточной части, Кировском районе города Астрахани. Кировский район - это административный, общественный и культурный центр города. Здесь сосредоточены многие организации, отрасли промышленности города и области, федеральные органы власти и множество различного рода объединений, в т.ч. политические, общественные, творческие, культурно-просветительские, религиозные и другие. Площадь района составляет 17,6 км², население — 104 тыс. человек.

Проектируемое здание представляет собой 3-этажный жилой дом с подвальным этажом.

Стены – трехслойные сэндвич-панели (горизонтальная раскладка) с минераловатным утеплителем (МВУ) толщиной 150 мм, цвет серый (RAL 7004). Витражи и входная группа алюминиевый профиль. Окна из ПВХ профиля глухие и открывающиеся. Наружные двери стальные.

4.2 Выбор способа изоляции звуковой вибрации

В своей работе я хочу предложить качественно новый способ изоляции шума и звуковой вибрации, разработанный Самарским Государственным Университетом (патент № 2030525). Это способ изоляции путем отражения звуковых волн многослойным ограждением с каналами, образованными плитами ограждения, отличающийся тем, что по каналам прокачивают газ или жидкость.

Способ изоляции шума предусматривает применение для изоляции шума многослойного отражателя с каналами (3), образованными плитами (1) и (2) этого отражателя (рис. 3). Для повышения эффекта звукоизоляции по каналам (3) прокачивают газ или жидкость. Поскольку коэффициент прохождения звуковой волны в движущуюся среду меньше коэффициента прохождения звуковых волн в среду, находящуюся в состоянии покоя, то при прокачивании по каналам (3) газа или жидкости эффект звукоизоляции повышается.

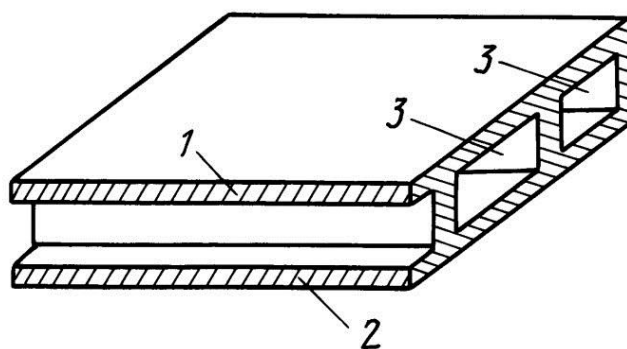


Рис. 3 Многослойный отражатель с каналами

1,2 – изолирующие плиты; 3 – каналы

Повышение эффекта звукоизоляции достигается тем, что в способе изоляции шума путем отражения звуковых волн многослойным ограждением новым является то, что по каналам, образованным плитами ограждения, осуществляют прокачку газа или жидкости.

На рис. 3 показано устройство, реализующее предлагаемый способ; на рис. 4 – расчетная модель; на рис. 5 – зависимость звукоизоляции ΔL слоя полистирола толщиной $d = 50$ мм от частоты звуковых волн при различных скоростях прокачки газа (воздуха) по каналам.

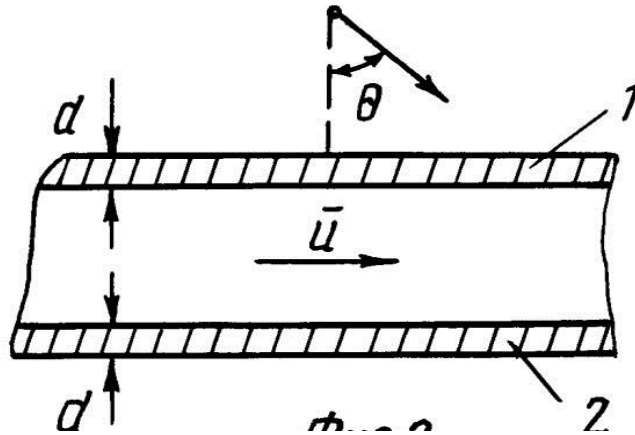


Рис. 4. Расчетная модель

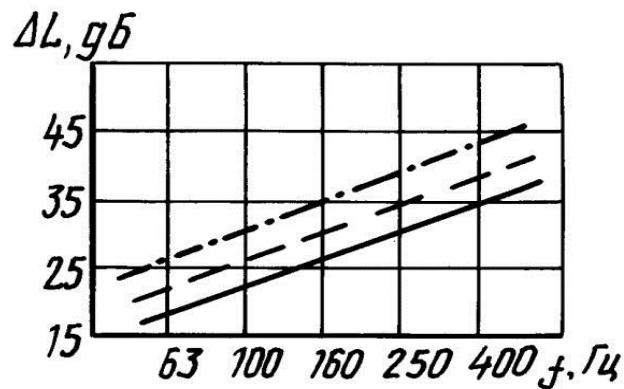


Рис. 5. Результаты расчета

Устройство состоит из изолирующих плит (1) и (2), каналов (3) и устройства прокачки. Устройство прокачки может состоять из компрессора, циркуляционного насоса или аналогичного им устройства, обеспечивающего высокие скорости прокачки газа или жидкости.

Способ изоляции шума осуществляют следующим образом:

По каналам (3), образованным плитами (1) и (2) ограждения, осуществляют прокачку газа, в частности воздуха или жидкости. Звуковые волны, падая на плиту (1) из среды с параметрами ρ_3 (плотность) и C_3 (скорость звука в среде) под углом Θ_3 , частично отражаются, а частично проникают в канал 3 с параметрами среды ρ_2 , C_2 и падают под углом Θ_2 на плиту (2) ограждения, где также частично отражаются, а частично проникают в изолируемую среду

с параметрами ρ_1, C_1 . Процесс прохождения звуковых волн через движущуюся среду с параметрами ρ_2, C_2 связан со значительным падением интенсивности звука. Это объясняется следующим фактом.

Для движущейся среды коэффициент прохождения имеет вид $W=1+V$:

$$V = \frac{(Z_1 + Z_2)(Z_2 - Z_3) \exp(-i\omega d) + (Z_1 - Z_2)(Z_2 + Z_3) \exp(i\omega d)}{(Z_1 + Z_2)(Z_2 + Z_3) \exp(-i\omega d) + (Z_1 - Z_2)(Z_2 - Z_3) \exp(i\omega d)},$$

где V - коэффициент отражения;

$$Z_1 = \frac{\rho_1 c_1}{(1 + M_1 \sin \theta_1) \cos \theta_1} - \text{импеданс в среде с параметрами } \rho_1, C_1;$$

$$Z_2 = \frac{\rho_2 c_2}{(1 + M_2 \sin \theta_2) \cos \theta_2} - \text{импеданс в среде с параметрами } \rho_2, C_2;$$

$$Z_3 = \frac{\rho_3 c_3}{(1 + M_3 \sin \theta_3) \cos \theta_3} - \text{импеданс в среде с параметрами } \rho_3, C_3;$$

$$\alpha_2 = \frac{R_2 \cos \theta_2}{1 + M_2 \sin \theta_2};$$

$k_2 = \omega / C_2$ - волновое число; ω - круговая частота; $M_i = U / C_i$ - число Маха в среде; U - скорость движущейся среды.

Звукоизоляция любой конструкции выражается через отношение интенсивности I_1 звука, падающего на преграду, и интенсивности I_2 звука, прошедшего через нее:

$$\Delta_L = 10 \lg \frac{I_1}{I_2} = 20 \lg \frac{1}{|\tau|}$$

Исходя из этого, был проведен расчет модели, представленной на рис. 4. Между плитами из полистирола толщиной $d=50$ мм движется поток воздуха со скоростью U . Звук падает на плиту 1 под углом $\theta=70^\circ$. Результаты расчета приведены на рис. 5. Сплошной чертой на рис. 5 показана звукоизоляция Δ_L многослойной конструкции при $U=0$. Пунктирной чертой показана звукоизоляция при $U=33$ м/с. Пунктирной чертой с точками - звукоизоляция при $U=165$ м/с.

Как следует из приведенных графиков, с увеличением скорости прокачки воздуха наблюдается рост звукоизоляции во всем рассматриваемом диапазоне частот.

4.3 Выбор материалов для звукоизоляции стен

Для звукоизоляции стен в данном здании мною предлагается применение новейших звукоизоляционных материалов фирмы Тексаунд. Наиболее эффективная минеральная тяжёлая звукоизоляционная мембрана TECSOUND обеспечивает защиту от шума при минимальных потерях площади помещения.

Звукоизоляция стен с применением мембран Тексаунд, имеет очень высокие шумоизоляционные показатели, в тоже время они не громоздки и не значительно увеличивают толщину стен.

Звукоизоляционные минеральные мембраны Тексаунд, позволяют создавать эффективную преграду на пути воздушного шума, увеличивают демпфирование элементов конструкции и значительно снижают проникновение шума в соседние помещения.

Плотность полотна (кг/м^3): 1900

Прочность во время растяжения: 30Н/см^2

Эластичность: выдерживает изгиб в 20°

Сила сдавливания: $4,84\text{ кг/см}^2$

Вытягивание: 300%

Показатель уменьшения воздушного шума: 28 дБ

Порядок звукоизоляции стен мембраной от фирмы Тексаунд (рис. 6):

Для начала нужно с помощью дюбелей с пластинками или монтажного клея закрепить на стене ТермоЗвукоИзол (ТЗИ). Далее на ТЗИ закрепить с помощью дюбелей с пластинками материал Тексаунд.

Далее, к потолку и полу необходимо смонтировать направляющие профиля 27×28 . После чего в направляющие профиля вставляются профиля

63×27, которые устанавливаются вертикально с интервалом в 60 см. Промежутки между профилями необходимо заполнить звукопоглощающими материалами из минеральных плит Роквул, с плотностью 40-60 кг/куб.м.

На лицевые поверхности профиля, направленные в сторону пола, потолка и соседних стен, перед монтажом приклеиваются полосы, вырезанные из мембраны Тексаунд, либо же заранее предусматриваются нахлесты материала Тексаунд на смежные стены, потолок и пол. И в завершении крепится еще один лист гипсокартона с заранее закрепленным на него вторым слоем материала Тексаунд 70.

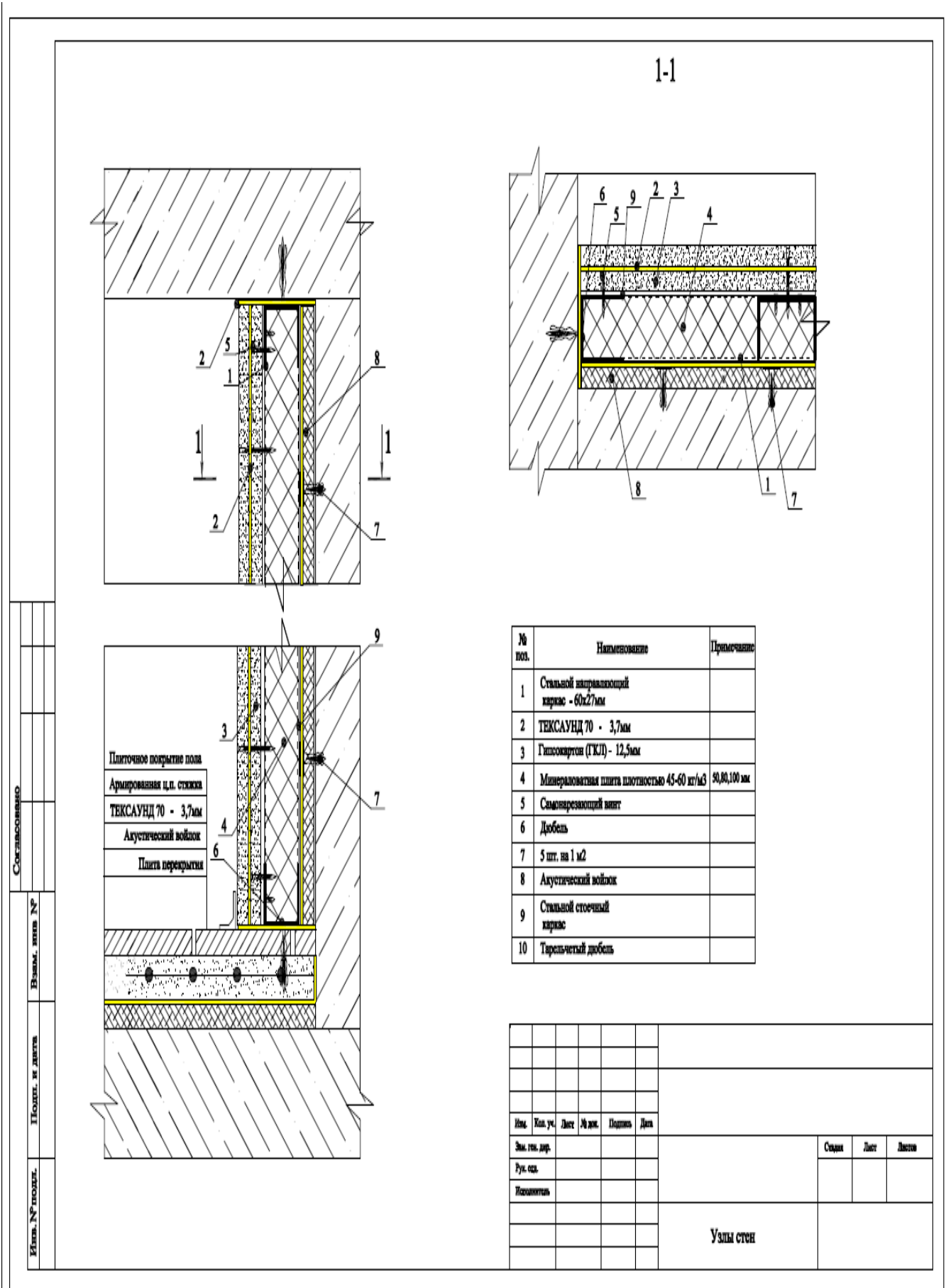


Рис. 6 Порядок звукоизоляции стен мембраной от фирмы Тексаунд

4.4 Выбор материалов и способа звукоизоляции потолка и пола

Изучив всевозможные материалы по звукоизоляции потолка и пола, я бы рекомендовал в данном здании изолировать потолок и пол на профессиональном уровне специальными звукоизолирующими полотнами (так называемые прокладки), у них имеется множество преимуществ по сравнению с другими звукоизолирующими материалами, такие как:

- материал относится к классу слабогорючих и полностью нетоксичных, поэтому он используется не только в жилых помещениях, но и там, где требуется защитить помещение от шума, например в офисах;

- этот материал уникален тем, что, по сути, он поглотителем шума не является. Это – звукоизолирующий инструмент, т.е. он не будет смягчать звуковую волну, а просто не пропустит ее;

- по показателю европейской классификации по поглощению шума такие панели для потолка звукоизоляционные соответствуют классу ВFT (самый высокий);

- во время пожара полотна не будут плавиться и распространять пламя;

- в состав материала входит арагонит (получается из карбоната кальция), который придает полотнам крайне высокую плотность – более 1900 кг/куб.м.

Для производства мембраны используется войлок, являющийся неплохим звукопоглотителем;

Когда звуковая волна достигнет потолка, полимер будет отбивать звук, а в войлоке будут гаситься остатки ударной волны, таким образом не достигая помещения;

Звукоизоляционные материалы такого типа имеют толщину от 2.5 до 14 мм, поэтому скрадывать потолочное пространство они не будут.

4.5 Выбор технологии и материалов для звукоизоляции оконных и дверных проемов

Немаловажной частью для оснащения помещения является выбор окна, снижающего уровень шума, выходящий за пределы комнаты. Как известно, звук в комнате отражается от стен, потолка, пола и даже проходит через закрытое окно, поэтому необходимо оборудовать данное помещение окнами с повышенным звукопоглощением.

Предлагается использование окон из ПВХ профиля с распашными створками, остекленных двухкамерным стеклопакетом 4 - 12 - 4 - 12 - 4 мм, в притворе два контура уплотняющих прокладок.

Результаты лабораторных испытаний приведены в табл. 1

N п. п.	Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы, Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Уровни звукового давления эталонного спектра(скорректированные по "А") L_i , дБ	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60
2	Изоляция воздушно-го шума окном R_i , дБ	23	24	22	21	25	28	29	31	34	36	38	38	39	39	37	35
3	Разность $L - R_i$, дБ	32	31	35	38	35	33	33	32	30	30	29	28	26	25	25	25

Расчет проводим по форме таблицы 1. Находим разность между уровнями звукового давления эталонного спектра L_i (п. 1) и значениями изоляции воздушного шума данной конструкцией R_i (п. 2), получаем величины уровней звукового давления условно "прошедшего" через окно шума (п. 3).

Для некоторого упрощения энергетического суммирования группируем уровни (п. 3) по одинаковым значениям. Получаем три уровня по 25 дБ, по два уровня со значениями 32, 35, 33 и 30 дБ, по одному уровню 38, 31, 29, 28 и 26 дБ. Определяем уровень звука, дБ, условно "прошедшего" через окно шума, суммируя значения п. 3 по энергии:

$$\begin{aligned}
 & 16 \\
 & 10 \lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0.1(L_i-R)} = i=1 \\
 & = 10 \lg (3 \cdot 10^{2.5} + 2 \cdot 10^{3.2} + 2 \cdot 10^{3.5} + 2 \cdot 10^{3.3} + 2 \cdot 10^3 + 10^{3.8} + 10^{3.1} + 10^{2.9} \\
 & + 10^{2.8} + 10^{2.6}) = 10 \lg (3 \cdot 316 + 2 \cdot 1584 + 2 \cdot 3162 + 2 \cdot 1995 + 2 \cdot 1000 + 6309 \\
 & + 1258 + 794 + 630 + 398) = 10 \lg 25819 = 44,1 \text{ дБ}.
 \end{aligned}$$

Звукоизоляция данного окна (применительно к шуму потока городского транспорта)

$$R_{\text{атран}} = 75 - 44,1 = 30,9 \text{ дБ}.$$

Следовательно данный профиль подходит для звукоизоляции строящегося здания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы изучили звукоизоляции помещений при строительстве многоэтажных зданий на примере строящегося трехэтажного офисного здания в г. Астрахань по ул. Адмиралтейская.

Изучили технологии строительства многоэтажных зданий: методы возведения и виды фундамента, стен наружных и внутренних, перекрытий, виды крыш и технология их возведения, а также окон и дверей. Изучили существующие виды данных элементов, в особенности характерные для многоэтажного строительства, их функции и предназначение.

Рассмотрели понятия шум и звукоизоляция, и оценка звукоизоляционных материалов. Выяснили, что стандартными величинами, подлежащими измерению, для постоянных шумов являются:

- уровень звукового давления L_p , дБ, в октавных или третьоктавных полосах частот в контрольных точках;
- скорректированный по шкале А уровень звука L_A , дБА, в контрольных точках.

Рассмотрели способы материалы, используемые для звукоизоляции в многоэтажных зданиях. Звукоизоляции современными материалами подвергаются стены, перегородки, потолки и полы, окна и двери помещений, при этом звукоизоляционные материалы должны выполнять две главные функции - предотвращать колебания звуковой волной преграды (например, межкомнатной перегородки), а также, по возможности, поглощать и рассеивать звуковую волну.

Существуют специальные комплекты, предназначенные для выполнения звукоизоляционных работ. Это и звукоизолирующие панели, и сэндвич-панели, и вибро-акустические слоистые панели, и панели, предназначенные для дополнительной изоляции, и другие материалы.

Предложили наиболее эффективные способы и материалы для звукоизоляции строящегося трехэтажного офисного здания в г. Астрахань по ул. Адмиралтейская, такие как: способ изоляции путем отражения звуковых волн многослойным ограждением с каналами, образованными плитами ограждения, отличающийся тем, что по каналам прокачивают газ или жидкость.

Для звукоизоляции стен в данном здании предлагается применение новейших звукоизоляционных материалов фирмы Тексаунд. Наиболее эффективная минеральная тяжёлая звукоизоляционная мембрана TECSOUND обеспечивает защиту от шума при минимальных потерях площади помещения.

Кроме того, предлагается использование окон из ПВХ профиля с распашными створками, остекленных двухкамерным стеклопакетом, в притворе два контура уплотняющих прокладок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асаул А.Н., Иванов М.К., Старовойтов М.К. Экономика недвижимости. С. Пб, 2010
2. Афанасьев А. А., Данилов Н. Н., Копылов В. Д. Технология строительных процессов. М.: Высшая школа, 2011.
3. Боганик, А.Г. Звукоизоляция межэтажных перекрытий. / А.Г. Боганик // Технологии строительства, 2000.-№4
4. Боганик А.Г. Эффективные конструкции для дополнительной звукоизоляции помещений // Строительные материалы, 2004- №10. – 18 с.
5. Боганик А.Г. Изоляция шума полнотелыми железобетонными перекрытиями со сборными основаниями полов Кнауф. / А.Г. Боганик, А.А. Федулов, В.Д. Иващенко // Строительные материалы, 2006 - №14. – 26 с.
6. Боганик А.Г. Новые конструкции для увеличения звукоизоляции существующих стен и перегородок. / А.Г. Боганик, А.Я. Лившиц // Архитектурная и строительная акустика. Шумы и вибрации. М.: НИИСФ, 2000. – 98 с.
7. Бронер Л.Д. Жилищное строительство. М. Статистика, 2001. – 68 с.
8. Гребенюк Г.Э. Строительство жилых зданий. Оренбург: Строительство, 1997. – 203 с.
9. Гусаков А. А. Выбор проектных решений в строительстве. М.: Стройиздат., 1998.
10. Гусаков А. А. Системотехника строительства. М.: Дрофа, 2009.
11. Дроздов П.Ф. Строительство высотных зданий. Астрахань, 2008. – 259 с.
12. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций: монография / В.И. Заборов. М.: Стройиздат, 1999. – 185 с.
13. Захарова А.В. Проектирование объектов строительства. Астрахань, 2003. – 113 с.

14. Ковригин С.Д., Крышов С.И. Архитектурно-строительная акустика: учебн. пособие для вузов / С.Д. Ковригин, С.И. Крышов. -2-ое изд. Астрахань: Новость, 2000. – 256 с.
15. Кольский Г.В. Современная звукоизоляция при строительстве многоэтажных жилых зданий. Астрахань, 2007. – 154 с.
16. Коротеев Д.В. Планирование, организация и строительство многоэтажных зданий. М.: Дрофа, 2011. – 119 с.
17. Крейтан В.Г. Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий: М.: Стройиздат, 1997. - 171 с.
18. Крейтан В.Г. Обеспечение звукоизоляции при конструировании жилых зданий: монография / В.Г. Крейтан. М.: Стройиздат, 1998. - 171 с.
19. Кудрявцев Е. М. Комплексная механизация строительства: Учеб. пособие. М.: Изд. АСВ, 2005.
20. Лутченков Л. С. Оптимальное проектирование несущих конструкций как сложных систем. Астрахань: Новость, 2011. – 189 с.
21. Маклакова Т.Г., Нанасова С.М., Шарапенко В.Г. Архитектура: Учебник. - М.: Издательство АСВ. 2010. – 364 с.
22. Морз Ф. Колебания и звук: монография / Ф. Морз. М.: Дрофа, 2009. – 136 с.
23. Овсянников С.Н. Звукоизоляционные материалы. Астрахань: Новость, 2000. – 148 с.
24. Подольский Ю.Ф. Распространение звуковой вибрации в зданиях и способы ее изоляции. М.: Дрофа, 2012. – 112 с.
24. Полтавцев С. И. Монолитное домостроение. М.: Стройиздат., 1999.
26. Седов М.С. Звуковая динамика зданий и сооружений / М.С. Седов // Изв. вузов. сер.: Строительство. - 1997-№ 8. – 23 с.
27. Смирнов А.А. Защита от производственного шума. Астрахань: Новость, 2010. – 45 с.

28. Шевцова К.К. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Жилые здания (том 3). М.: Строительство, 2006. – 284 с.
29. Шершевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений. М.: Архитектура-С, 2005. – 96 с.
30. Чеботарева Т.В. Проектирование гражданских жилых зданий. Ярославль: Волга, 2010. – 97 с.
31. Яковлев Р.В. шум и звукоизоляция, современные методы и материалы. М.: Наука, 2005. – 171 с.
32. Якушев А.М. Строительство высотных зданий. Астрахань, 2009. – 128 с.
33. Янборисов А.А. Комплексное строительство зданий. Астрахань: Новость, 2011. – 56 с.
34. СНИП 23-02-2003