

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	7
1. Проектирование шумозащиты в производственных зданиях и роль в этом процессе акустических расчетов	11
1.1. Шумозащитные мероприятия, используемые в практике борьбы с шумом в производственных зданиях	11
1.2. Место и роль акустических расчетов в процессе проектирования средств шумозащиты в производственных зданиях	21
1.3. Требования к методам расчетов энергетических характеристик шумовых полей, используемых в системах автоматизированного проектирования зданий.....	30
2. Основные расчетные модели, используемые при оценке шумового режима в производственных зданиях, и методы их реализации.....	37
2.1. Принципы и допущения, используемые при разработке расчетных моделей для оценки энергетических характеристик шумовых полей производственных помещений	37
2.2. Условия и факторы, определяющие процессы формирования шумовых полей в производственных помещениях.....	40
2.3. Существующие методы расчета прямого звука.....	45
2.4. Расчетные модели отраженного шума, формирующегося в помещениях производственных зданий	48
2.4.1. Волновая модель отраженного звукового поля помещений.....	51
2.4.2. Расчетные модели отражения шумовых полей помещений, реализующие на основе геометрической теории акустики зеркальный характер отражения звука.....	52

2.4.3. Расчетные модели отраженных шумовых полей помещений, реализующие рассеянный характер отражения звука.....	58
2.4.4. Расчетные модели отраженных шумовых полей помещений, разработанные на основе статистической теории акустики.....	61
3. Методы оценки распространения прямого звука в производственных помещениях от источников шума с различными геометрическими и акустическими параметрами.....	67
3.1. Классификация и общая характеристика источников шума в производственных помещениях.....	68
3.2. Обоснование расчетных моделей излучения звуковой энергии источниками шума на основе волновой теории акустики.....	72
3.3. Фактор направленности и расчетные модели излучения звука производственными источниками шума.....	78
3.4. Акустические характеристики точечных источников шума.....	81
3.5. Расчеты уровней прямого звука от линейных источников шума.....	86
3.6. Расчеты уровней прямого звука от плоских источников шума.....	99
3.7. Расчеты уровней прямого звука от объемных источников шума.....	105
4. Статистическая энергетическая модель отраженного шумового поля помещений.....	109
4.1. Связь потока и градиента плотности отраженной звуковой энергии в квазидиффузных шумовых полях помещений.....	110
4.2. Уравнение распределения плотности отраженной энергии в квазидиффузном шумовом поле.....	118

4.3. Граничные и начальные условия краевой задачи	120
4.4. Оценка границ применимости и точности статистической энергетической модели.....	128
4.5. Параметры статистической энергетической модели для помещений с квазидиффузными звуковыми полями	138
4.5.1. Коэффициенты звукопоглощения поверхностей ограждений производственных помещений.....	139
4.5.2. Средняя длина свободного пробега звука в помещениях с диффузным отражением звука от ограждений.....	144
4.5.3. Коэффициент переноса отраженной звуковой энергии в квазидиффузном звуковом поле производственных помещений.....	155
4.6. Методы и средства реализации расчетной модели	164
5. Методы расчета шума, разработанные на основе статистической энергетической модели шумовых полей производственных помещений	169
5.1 Численный статистический энергетический метод расчета шума в производственных помещениях	169
5.2 Решение краевой задачи о распределении отраженной звуковой энергии в квазидиффузных шумовых полях помещений методом функции источника	191
5.3. Решение краевой задачи о распределении отраженной звуковой энергии в квазидиффузных шумовых полях помещений методом разделения переменных	200
5.4. Сравнительный анализ результатов расчетов шума методами функции и источника и методом разделения переменных с данными экспериментальных исследований	211
6. Приближенные методы расчета шума, разработанные на основе статистической энергетической модели шумовых полей производственных помещений.....	222

6.1. Приближенная оценка распределения звуковой энергии в коридорах, тоннелях и каналах с использованием метода изображений	222
6.2. Инженерный статистический энергетический метод расчета уровней звукового давления в длинных помещениях	226
6.3. Инженерный статистический энергетический метод расчета уровней звукового давления в плоских производственных помещениях	236
6.4. Сравнительный анализ результатов расчетов приближенными методами с данными экспериментальных исследований	244
Заключение.....	255
Список использованных источников	256

ВВЕДЕНИЕ

К основным производственным вредностям на промышленных предприятиях, борьба с которыми имеет актуальное значение, относится шум. Шум снижает производительность труда, увеличивает затраты нервной энергии работающих, способствует росту травматизма, ухудшению работы органов слуха, развитию сердечно-сосудистых заболеваний и т. п. В этой связи создание нормальной шумовой обстановки в производственных помещениях является важной экологической и социально-экономической задачей, решаемой на стадии проектирования зданий.

В настоящее время для снижения шума в производственных зданиях разработаны эффективные методы и средства. Однако, как показывает практика, их внедрение встречает определенные трудности. В значительной степени это связано со сложностью расчетов характеристик шумового режима помещений и оценки эффективности снижения шума на стадии разработки шумозащитных мероприятий. Большинство существующих в настоящее время методов расчета энергетических параметров шумовых полей и разработанных на их основе практических методик, как правило, требуют проведения трудоемких вычислительных операций, не обладают необходимой точностью и мало приспособлены к современным технологиям проектирования.

В современной практике проектирования в связи с внедрением и совершенствованием средств автоматизации проектных работ широкое распространение находит системный подход. За счет системного подхода и компьютеризации проектирования сокращаются сроки разработки проектов. Одновременно с этим, благодаря возможности проведения многовариантных разработок и выполнения многокритериальных оценок проектного решения, существенно повышается качество проектной продукции. Системный подход позволяет производить разработку объемно-планировочных и конструктивных решений зданий с учетом обеспечения в них всех требуемых параметров среды помещений, включая и шумовой режим.

Для обеспечения допустимых параметров шумового режима в производственных помещениях используется два основных подхода: первый базируется на *активных методах снижения шума* в пределах ближнего поля источника и уменьшения его акустической

мощности; второй использует *пассивные методы защиты от шума* на путях его распространения. К последним относятся организационно-технологические, архитектурно-планировочные и строительно-акустические мероприятия. По акустической эффективности наиболее предпочтительным является первый подход, однако, его использование существенно ограничивается техническими и экономическими причинами и в этой связи для обеспечения требуемых параметров шумового режима широкое применение имеют пассивные методы.

Разработку организационно-технологических, архитектурно-планировочных и строительно-акустических мероприятий по снижению шума наиболее целесообразно выполнять на всех стадиях проектирования объекта, начиная с технологической части проекта, выбора объемно-планировочных параметров помещения и объемно-пространственной структуры здания, установления его конструктивного решения и заканчивая определением отделки поверхностей ограждений, эффективной по условиям снижения шума. При таком подходе в процессе проектирования должны последовательно решаться задачи по:

- выбору наименее шумных технологических процессов и машин и разработке оптимальных с точки зрения защиты от шума технологических линий;

- локализации источников с высокими уровнями шума архитектурно-планировочными и строительно-акустическими мероприятиями с учетом объемно-пространственной структуры здания;

- рациональному использованию рабочей площади и объема помещений с учетом требований защиты от шума;

- разработке строительно-акустических мероприятий для снижения шума на рабочих местах;

- окончательной оценке ожидаемых уровней шума на рабочих местах с дополнительными рекомендациями по снижению воздействия шума на рабочего в случае превышения допустимых нормами уровней.

Многовариантное проектирование и, как следствие этого, оптимальный выбор объемно-планировочных решений помещений и ограждающих конструкций, обеспечивающих акустический комфорт помещений, требует качественно нового подхода к проектированию. Прогресс в этом направлении связан с расширением и

совершенствованием автоматизации проектирования. Сравнение традиционного и автоматизированного способов проектирования показывает, что отличительными особенностями последнего являются: выполнение многовариантных разработок на всех уровнях проектирования (технологическое проектирование, выбор объемно-планировочного решения, разработка конструктивных решений и др.); возможность многофакторного анализа вариантов; циклический характер поиска оптимального варианта при возможности корректировки исходных данных или целевых функций.

Автоматизация проектных работ требует разработки новых математических моделей, методов и алгоритмов для описания, синтеза и оценки проектируемых объектов, то есть совершенствования математического обеспечения проектирования. При многовариантном проектировании анализируются изменения шумового режима, происходящие в результате изменения объемно-планировочных, конструктивных и акустических параметров помещения. Эти изменения должны быть в достаточной мере учтены в используемых при анализе методах расчета. Разработка таких методов возможна при наличии математической модели, объективно описывающей распределение звуковой энергии в помещениях с различными объемно-планировочными параметрами, исходя из реальных условий формирования шумовых полей.

Как показывает практика использования имеющихся расчетных методов, многие из них ориентированы на традиционную схему проектирования и не могут эффективно использоваться при автоматизированном проектировании либо из-за узкой области применимости (расчеты только в длинных, плоских или соразмерных помещениях) и низкой точности, обусловленной высокой степенью идеализации условий формирования шумовых полей (диффузное поле, зеркальное отражение звука и т. п.), либо из-за чрезмерной трудоемкости вычислений (метод Монте-Карло, цепи Маркова и т. д.).

С середины 20-го века в строительной акустике начал использоваться энергетический подход, рассматривающий распределение звуковой энергии в здании как в единой энергетической системе. Наиболее широко он использован при исследованиях распределения энергии звуковых вибраций в структуре здания.

Накопленный в этой области опыт позволил, основываясь на представлениях о распределении отраженной звуковой энергии

в помещениях как конечном о продукте сложных волновых процессов, протекающих при формировании звукового поля, применить принципы статистического энергетического подхода к анализу отраженных шумовых полей помещений. В результате этого в последние четыре десятилетия сложилось направление исследований формирования и распределения отраженной звуковой энергии в помещениях статистическими энергетическими методами. Имеющийся в настоящее время опыт показывает, что методы статистического энергетического подхода позволяют достоверно оценивать энергетические параметры шума при сложных с акустической точки зрения условиях формирования отраженных шумовых полей производственных помещений. Предложенные методы в достаточной мере отвечают требованиям современного автоматизированного проектирования зданий.

В монографии авторами обобщены результаты в области постановки и развития статистической энергетической модели отраженных звуковых полей помещений и разработки методов ее реализации.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И РОЛЬ В ЭТОМ ПРОЦЕССЕ АКУСТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

В производственных зданиях с шумным оборудованием для снижения шума применяются различные меры шумозащиты. При принятии решения о необходимости и виде шумозащитных мероприятий в зданиях, а также в процессе их проектирования производят многократные расчеты уровней шума. От достоверности результатов расчетов напрямую зависит акустическая и экономическая эффективность разрабатываемых мероприятий. В главе рассмотрены принципы проектирования средств шумозащиты, произведена оценка значимости расчетов уровней шума в процессе их разработки, определены требования к методам расчета энергетических параметров шумовых полей, используемых при выборе и проектировании шумозащитных мероприятий.

1.1. Шумозащитные мероприятия, используемые в практике борьбы с шумом в производственных зданиях

Все шумозащитные меры, применяемые в практике борьбы с шумом в помещениях производственных зданий можно условно разделить на три группы: мероприятия по снижению шума в источнике возникновения и его ближней зоне; организационно-технологические и архитектурно-планировочные противозумные мероприятия; строительно-акустические меры снижения шума (рис. 1.1). Указанные мероприятия могут применяться отдельно или комплексно на стадиях проектирования, реконструкции и эксплуатации зданий. Выбор мер во многом зависит от вида источников шума, места их расположения в зданиях, путей распространения шума и других факторов.

Мероприятия по снижению шума в источнике возникновения и его ближней зоне предполагают замену шумных источников, снижение шума внутри их или в ближней к ним зоне. Эти меры с точки зрения снижения шума являются, как правило, наиболее

эффективными и должны применяться в первую очередь. Они могут успешно использоваться на стадиях реконструкции и эксплуатации зданий.

Среди перечисленных мер наиболее кардинальной является замена шумного оборудования на менее шумное. Однако в этом случае часто возникают значительные сложности, не позволяющие найти эквивалентный аналог существующего оборудования, отвечающий требованиям действующей технологической схемы и при этом имеющий более низкую акустическую мощность.

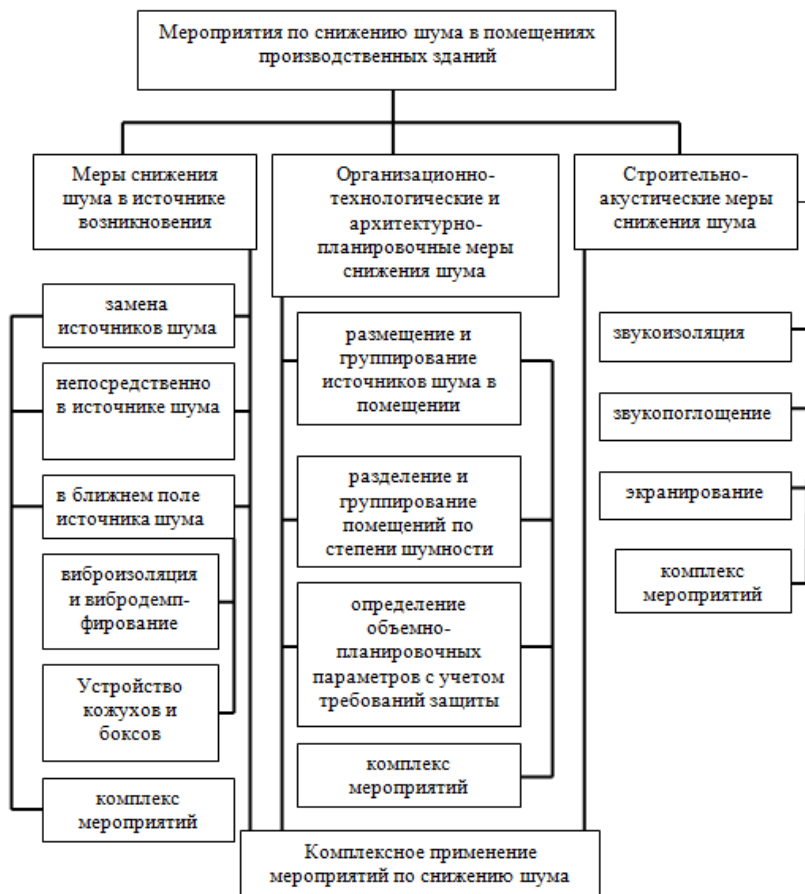


Рис. 1.1 — Основные мероприятия по снижению воздушного шума в помещениях производственных зданий

Снижение шума внутри источника и в его ближней зоне достигается усовершенствованием конструкций источника, повышением его звукоизоляции путем установки кожухов или боксов, снижением излучения звуковой энергии за счет установки глушителей шума в газовоздушных каналах и т. д. [1, 2]. Установка глушителя шума является дорогостоящим мероприятием, эффективность которого зависит от правильного выбора конструкции глушителя и места его монтажа в тракте в каждом конкретном случае [2, 3]. Для достижения необходимого акустического эффекта при установке глушителя необходимо иметь метод расчета, позволяющий провести объективную оценку распространения звуковой энергии в канале до выхода из устья и тем самым обеспечить достоверные технико-экономических расчетов возможных вариантов глушения.

Размещение производственного оборудования в специальных кожухах или боксах приводит к снижению шумов, излучаемых корпусом агрегата, и, соответственно, к улучшению шумового режима внутри помещения. Закрытое в кожухах и боксах оборудование представляет собой объемный источник шума с разными излучающими характеристиками поверхностей. Поэтому при проектировании кожухов необходимо иметь методы расчета шума, объективно оценивающие излучение звуковой энергии с их поверхностей [4, 5].

Методы снижения шума внутри источника и его ближней зоне во многих случаях трудно исполнимы, требуют значительных затрат и часто оказываются экономически нецелесообразными по сравнению с другими методами [6].

Организационно-технологические и архитектурно-планировочные противозумные мероприятия включают в себя: зонирование пространств по шумовому воздействию на людей; обеспечение рационального с точки зрения ограничения распространения шума взаимного расположения производств с разными уровнями шума; расстановку технологического оборудования и размещение рабочих мест внутри цехов с учетом технологических требований и шумовых характеристик оборудования; оптимизацию по условиям шумозащиты структуры помещений в зданиях и объемно-планировочных решений отдельных помещений. Разработка архитектурно-планировочных и организационно-технологических мероприятий наиболее рациональна на ранних стадиях проектирования зданий.

Противозумные мероприятия необходимо согласовывать с технологическим разделом проекта, в котором решаются задачи

рационального размещения технологического оборудования внутри отдельных помещений и в целом по зданию [7, 8, 9]. Учет требований по снижению шума на стадии технологического проектирования обеспечивается группировкой источников по степени их шумности, а также изолированием наиболее мощных источников в отдельных помещениях [8]. На этой же стадии решаются задачи по разработке планировочного решения здания исходя из условий обеспечения технологического процесса и санитарно-гигиенических требований, одним из которых является ограничение проникновения шума в смежные помещения. Последнее достигается группированием помещений по степени шумности за счет разобщения тихих и шумных помещений.

Объемно-планировочные параметры помещений (длина, ширина и высота) при технологическом проектировании определяются технологическими процессами здания. Принятые параметры уточняются по санитарно-гигиеническим требованиям и в том числе по уровням шума. Для использования критерия шумности в качестве показателя качества вариантов объемно-планировочных решений здания необходим метод расчета шумовых полей, учитывающий особенности формирования шума в помещениях с различными планировочными характеристиками.

В целом выбор рациональной планировки и оптимизация размещения шумного оборудования может обеспечить уменьшение уровня шума на рабочих местах на 5–10 дБ [9].

Строительно-акустические средства снижения шума включают в себя способы ограничения шума на путях его распространения. К ним относятся устройство звукоизолирующих преград, звукопоглощающих облицовок и конструкций, акустических экранов и выгородок. Зачастую эти методы являются основными, и особенно, на стадии эксплуатации зданий. Выбор конкретного строительно-акустического средства, его акустическая и экономическая эффективность зависят от многих условий, например, от характера технологического процесса, от требуемой величины снижения шума, от частотного состава шума, от объемно-планировочного решения помещения и т. п.

Разработка строительно-акустических противозумных мероприятий базируется на обоснованном выборе конструкций зданий с необходимыми звукоизолирующими, звукопоглощающими или экранирующими свойствами. Требования защиты от шума для таких

конструкций являются главным или второстепенным условием, которые необходимо учитывать при проектировании ограждений, исходя из совокупности всех воздействий на них внешней и внутренней сред (рис. 1.2).

Необходимость соблюдения требований защиты от шума приводит к утяжелению и усложнению конструкций перегородок, перекрытий, устройству дополнительных конструктивных элементов (звукопоглощающей облицовки, подвесного потолка, кулис, акустических экранов и т. д.) и, следовательно, приводит к значительному удорожанию строительства. Ещё больших затрат требует переустройство конструкций по условиям защиты от шума при эксплуатации. Таким образом, учет требований защиты от шума является условием, определяющим не только гигиенические, но и экономические критерии выбора ограждающих конструкций на стадии проектирования зданий.

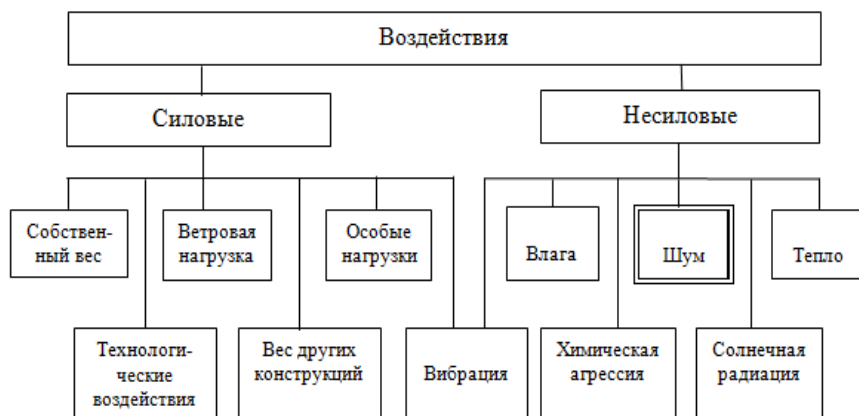


Рис. 1.2 — Комплекс воздействий среды производственных зданий, учитываемых при проектировании ограждающих конструкций

Согласно принципам проектирования конструктивных элементов промышленных зданий, изложенным в [10], выбор и разработка конструкции должны производиться, основываясь на общем методе решения задачи, идя «от среды к конструкции». В этом случае для выбора конструктивного решения целесообразно [10]: определить функциональное назначение и место конструктивного элемента в структуре здания; установить воздействия, которым подвергается элемент; выявить процессы и явления, которые возникают

в элементе при этих воздействиях; установить требования к элементу, определяемые заданием, нормами и правилами проектирования; произвести анализ возможных решений с их всесторонней оценкой; выбрать конструктивное решение элемента, произведя необходимые расчеты.

Все шумозащитные конструкции (рис. 1.3) производственных зданий по принципам проектирования делятся на две группы [11, 12].

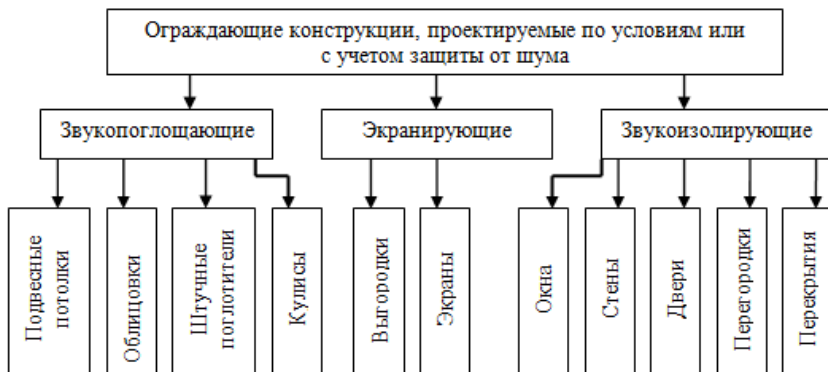


Рис. 1.3 — Конструкции, проектируемые по условиям или с учетом защиты от шума

К первой группе относятся конструкции, проектируемые с учетом обеспечения защиты от шума. Для таких конструкций функция защиты от шума не является определяющей (например, для перекрытий, стен). Их конструктивное решение назначается по другим требованиям, а выполнение условий защиты от шума оценивается на основании принятых решений. В случае необеспечения условий по требованиям к шумовому режиму, как правило, разрабатываются дополнительные мероприятия, позволяющие повысить шумозащитные свойства запроектированной конструкции, например, устройством звукоизолирующих прокладок в конструкции перекрытия, гибких плит на отnose для стен и др. [1, 2, 13].

Ко второй группе относятся конструкции, для которых функция шумозащиты является главной (например, для звукопоглощающих потолков, экранов, отдельных видов перегородок и др.). Конструктивное решение их устанавливается по условиям защиты от шума и затем проверяется по другим требованиям (долговечности, прочности, огнестойкости и т. п.).

Для ряда конструкций проектирование по первой и второй группам является равнозначным. Это относится, например, к окнам, дверным заполнениям, выгородкам.

Проектирование звукоизолирующих конструкций или повышение звукоизоляции конструкций, имеющих другое функциональное назначение, производится тогда, когда по условиям обеспечения технологического процесса нет возможности удалить тихие и малошумные помещения от шумных или это связано со значительными затратами материалов и средств. Звукоизолирующие конструкции применяются также в производственных помещениях с интенсивными локальными источниками шума для отделения их от основной менее шумной части помещения, а также в помещениях с шумным оборудованием для устройства звукоизолирующих кабин, например, для операторов, наблюдающих за технологическим процессом [2].

Снижение шума звукоизоляцией предусматривается на стадиях проектирования и реконструкции объекта, а также в процессе эксплуатации в случаях изменения уровней шума или ужесточения нормативных требований. Звукоизоляция наиболее эффективна при снижении шума, проникающего из шумных помещений в малозумные. При увеличении собственного шума в защищаемых помещениях её эффективность снижается. На эффективность звукоизоляции в производственных зданиях существенное влияние оказывает также наличие в ограждениях окон, дверей, ворот, проемов и отверстий для технологических коммуникаций (вентиляционных воздуховодов, трубопроводов, кабелей и т. д.). Разделяющие звукоизолирующие конструкции должны проектироваться с такой звукоизоляцией, при которой уровень шума в защищаемом помещении за счет проникновения звуковой энергии через конструкцию извне не увеличивался бы относительно собственного уровня шума более чем на 2 дБ, а уровни результирующего спектра шума не превышали нормативных величин.

Выбор величины звукоизоляции в каждом конкретном случае зависит от требований технологического процесса, а также от уровня шума в разделяемых звукоизоляционными конструкциями помещениях. Как показывает практика, например, на предприятиях железнодорожного транспорта [9, 14] реальная эффективность звукоизоляции составляет 10–15 дБ и её большее повышение не целесообразно. В то же время звукоизоляция изолирующих кабин и замкнутых выгородок может достигать 20–40 дБ.

Звукопоглощение как средство снижения шума в производственных зданиях в силу сложности и высокой стоимости устройства звукопоглощения имеет ограниченное распространение. В тоже время облицовка поверхностей звукопоглощающими материалами является весьма эффективной мерой снижения шума, распространяющегося по коммуникационным помещениям, а также шума, приходящего на рабочие места от удаленных источников за счет отражений звука от поверхностей ограждений [3, 7, 15].

Большинство ограждающих конструкций производственных помещений имеют коэффициенты звукопоглощения в пределах $\alpha = 0,05-0,10$. В результате многократных отражений звуковых волн от таких ограждений уровень шума в помещении за счет отраженной звуковой энергии может повышаться на 5–15 дБ. В этой связи уменьшение интенсивности отраженной звуковой энергии за счет облицовки поверхностей помещения специальными *звукопоглощающими материалами и конструкциями* во многих случаях является эффективной мерой снижения шума на рабочих местах. Для этой цели в производственных зданиях эффективно устройство звукопоглощения в виде штучных объемных поглотителей и кулис [2, 16, 17].

Снижение шума звукопоглощением предусматривается на стадиях проектирования и реконструкции зданий, а также при их эксплуатации. Наиболее эффективно применение звукопоглощения при размещении его в зонах помещений с высокими уровнями отраженного шума [18, 19]. Максимальная величина снижения шума в зоне отраженного звукового поля при акустической обработке помещений не превышает 8–10 дБ в области низких частот и 10–12 дБ в области максимальных коэффициентов звукопоглощения облицовки. На участках вблизи источников шума эффект звукопоглощения заметно снижается. Величина снижения уровня шума в этом случае составляет 2–5 дБ. Зависит это от плотности расстановки оборудования и от общего количества источников шума [20, 21, 22, 23].

Снижение шума экранированием за счет устройства акустических экранов, выгородок и перегородок неполной высоты наиболее эффективно в тех случаях, когда защищаемые от шума участки помещений находятся в зоне воздействия прямого звука. Это особенно характерно для производственных помещений. Применение экранирующих устройств возможно на стадиях проектирования, реконструкции и эксплуатации зданий.

Снижение шума *акустическими экранами* зависит от собственной эффективности экранов, акустических характеристик помещения до и после установки экранов, а также от звуковой мощности и количества находящихся в помещении источников шума. Экран целесообразно устанавливать в зоне преобладающего действия прямого звука какого-либо источника, если он излучает более высокую по сравнению с другими источниками звуковую мощность, а также при равенстве его мощности с другими, но при условии, что остальные источники удалены от расчетной точки на значительно большие расстояния чем данный источник. В помещениях со слабо реверберирующим звуковым полем эффективность экранирования достигает 3–5 дБ на низких частотах и 10–15 дБ на высоких. Эффективность снижения шума экранами во многом зависит от соотношения уровней прямого и отраженного шума. При росте отраженной составляющей шума эффективность экранирования резко падает. Поэтому экранирование особенно эффективно в производственных зданиях при защите рабочих мест от прямого звука мощных локальных источников шума, например, колесообдирочных станков в вагоноремонтных цехах [14].

Эффективным способом защиты рабочих мест от интенсивных источников шума является *выгораживание* их в отдельное пространство *перегородками неполной высоты* [24] или *выгородками полной высоты с технологическими проемами* определенных размеров. При больших размерах проемов для оценки эффективности необходимо производить расчет уровней шума в выгородке и в основном помещении как в акустически связанных помещениях [25]. Эффективность в последнем случае зависит от размеров проемов, объемно-планировочных и акустических параметров основного помещения и выгородки. По этой причине необходимо иметь метод расчета шума, распространяющегося в подобных системах [26].

Как видно, в целом *эффективность применения строительно-акустических методов снижения шума* в каждом конкретном случае зависит от большого количества различных факторов, связанных с технологией производства, объемно-планировочными и конструктивными решениями зданий, акустическими и другими, влияющими на распределение шума характеристиками помещений. Выполненные на предприятиях железнодорожного транспорта исследования шумового режима [9] показывают, что в большинстве

помещений производственная обстановка характеризуется различными сочетаниями указанных выше факторов, и следовательно, эффективность применения строительно-акустических методов в различных помещениях различна. Использование в подобных условиях какого-либо одного строительно-акустического метода не всегда позволяет уменьшить уровни шума до нормативных величин.

Применение отдельных мер в ряде случаев не только не обеспечивает требуемой величины снижения шума, но и может приводить к большим материальным затратам. В этих случаях рационально решить задачу позволяет *комплексное применение противозвуковых мероприятий* [27]. Например, на предприятиях железнодорожного транспорта рациональная акустическая планировка производственных зданий железнодорожного транспорта может быть осуществлена путем группирования технологических процессов по шумности с одновременным разделением производственной площади на участки с помощью перегородок, выгородок и экранов с частичной акустической обработкой ограждающих поверхностей помещений [9]. Для успешного применения такого комплекса мероприятий необходимы предварительное исследование условий формирования звукового поля помещения с оценкой величин, определяющих общий уровень звукового давления на рабочих местах. В первую очередь необходимо уменьшить наиболее интенсивные составляющие. В помещениях с интенсивными локальными источниками уровни шума превышают допустимые нормы величины не только на рабочих местах у данного оборудования, но и на соседних рабочих местах, непосредственно не связанных с шумными технологическими процессами. Наиболее эффективными мерами снижения шума в этом случае являются экранирование совместно с локальным размещением звукопоглощающих конструкций над шумным оборудованием, позволяющие уменьшить уровни звукового давления на соседних с источником шума рабочих местах на 10–15 дБ [9]. Это подтверждается экспериментальными исследованиями, выполненными в заглушенной камере [28].

Сочетание экранов и звукопоглощающей облицовки позволяет снизить уровни шума не только непосредственно за экраном, но и в целом по всему помещению на 10–12 дБ. При этом за счет уменьшения отраженной звуковой энергии эффективность экрана может возрасти на 5 дБ и более.

Эффективным средством снижения шума является разделение шумных и тихих участков перегородками неполной высоты совместно с полной или частичной обработкой звукопоглощающим материалом потолка [24, 29]. Акустическая эффективность в этом случае может достигать 16 дБ.

Значительного снижения шума (на 5–15 дБ) при определенных частных ситуациях можно достигать установкой экрана со звукопоглотителем за открытой частью выгородки или ориентированием открытого проема в сторону стены, облицованной звукопоглощающим материалом.

В *табл. 1.1* на основании результатов выполненных нами исследований и имеющейся практики борьбы с шумом на промышленных предприятиях приведен перечень основных акустических мер по снижению шума в помещениях с источниками. Здесь же указана ориентировочная величина возможного уменьшения уровня шума, позволяющая судить об акустической эффективности мероприятий, и показаны условия, влияющие на их эффективность.

Следует отметить, что рассмотренные возможности улучшения шумового режима производственных помещений в настоящее время используются не полностью или не используются вовсе.

1.2. Место и роль акустических расчетов в процессе проектирования средств шумозащиты в производственных зданиях

Как видно из предыдущего раздела, применение рассмотренных мер снижения шума в каждом конкретном случае имеет свои особенности. Это существенно влияет на их акустическую эффективность и, соответственно, на экономическую целесообразность. Следовательно, выбор конкретного способа снижения шума должен быть обоснован путем соответствующих расчетов акустической эффективности с последующей оценкой затрат, например, на каждый 1 дБ снижения уровня шума [30].

Акустическую эффективность мероприятий можно оценить путем сравнения результатов расчетов уровней шума в помещениях до и после их применения. Поэтому, расчеты уровней шума являются неотъемлемой процедурой в процессе проектирования средств снижения шума. Ниже рассмотрены основные принципы проектирования различных шумозащитных мероприятий, место и роль методов расчета шумовых полей в процессе этого проектирования.

Таблица 1.1 — Строительно-акустические меры снижения шума в производственных помещениях

Меры снижения шума	Акустическая эффективность, дБ	Целесообразный этап внедрения	Условия, влияющие на акустическую эффективность мер
Группирование оборудования и отдельных участков по степени шумности	5–10	На стадии разработки технологической части проекта при новом строительстве и реконструкции	Объемно-планировочные параметры помещения, разница в уровнях шума оборудования, положения расчетных точек относительно источников звукопоглощения поверхностей ограждений и др.
Противошумные архитектурно-планировочные мероприятия (разработка объемно-планировочного решения)	5–10	На стадиях разработки технологической и строительной частей проекта при новом строительстве и реконструкции	Характер технологического процесса, вид и количество шумного оборудования, требуемые по условиям технологии объемно-планировочные параметры помещений и др.
Звукоизоляция оборудования и отдельных участков помещения	10–15	—//—	То же
Снижение шума средствами звукопоглощения	6–10	На стадии проектирования строительной части проекта при новом строительстве и реконструкции	—//—
Экранирование оборудования и отдельных участков	5–10	То же	—//—

Меры снижения шума	Акустическая эффективность, дБ	Целесообразный этап внедрения	Условия, влияющие на акустическую эффективность мер
Комплексное применение строительно-акустических мер	10–20	На всех стадиях проектирования и при реконструкции	Характер технологического процесса, вид и количество оборудования, разница в его уровнях, объемно-планировочные параметры помещений, звукопоглощение поверхностей ограждений, положение рабочих мест относительно источников и др.

При снижении шума в источнике и в ближней к нему зоне необходимо производить расчеты уровней шума на рабочих местах при известных на стадии проектирования уровнях звуковой мощности и в случае их превышения определять допустимую величину звуковой мощности источника.

Метод расчета в этом случае должен позволять определять с достаточной точностью суммарные уровни шума, а также отдельно рассчитывать уровни прямого и отраженного шума на рабочих местах по всему помещению. При этом при расчетах прямого звука должны достоверно учитываться геометрические и акустические параметры источника звука (см. главу 3).

В случаях необходимости снижения шума в источнике на стадии эксплуатации необходимо иметь метод расчета, позволяющий определять уровни звуковой мощности по измеренным уровням шума в помещениях [31, 32]. Особенно это важно для производственных зданий с мощными точечными источниками шума [33].

При снижении шума за счет организационно-технологических и архитектурно-планировочных мероприятий необходимо производить многократные поверочные расчеты при различных планировочных решениях и при различном размещении шумного технологического оборудования. Метод расчета должен позволять

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru