

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

ФГБОУ ВО «Нижегородский
государственный архитектурно-
строительный университет»



Лапшин А.А.

2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Антонова Александра Ивановича
«Расчетные модели и строительно-акустические методы шумозащиты в зданиях»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения»

Актуальность темы диссертации

Используемые в настоящее время при проектировании средств шумозащиты расчетные модели шумовых полей помещений и методы их реализации в недостаточной степени учитывают сложные процессы, протекающие при формировании звуковых полей. Низкой точностью обладают методы расчета прямого звука от крупногабаритных источников сложных форм. В случае расчета отраженного звука используются идеальные модели отражения звука от ограждений, отличающиеся от реальных условий, в результате чего рассчитываемое распределение звуковой энергии значительно отличается от действительного распределения. Применение упрощенных и недостаточно точных расчетных моделей шумовых полей непосредственным образом влияет на эффективность шумозащитных мероприятий, приводя к росту необоснованных затрат на эти мероприятия или, не обеспечивая необходимого результата по шумозащите. В этой связи необходимость повышения надежности и эффективности средств защиты от шума требует разработки новых расчетных моделей, более полно учитывающих сложные многофакторные процессы формирования звуковых полей помещений. В данной диссертационной работе предлагаются и обосновываются именно такие расчетные модели. Поэтому тема представленной на отзыв работы является весьма **актуальной**, имеющей научный и практический интерес. Актуальными и важными для практического использования являются решаемые в работе задачи по разработке компьютерных алгоритмов и программных средств для проектирования шумозащитных мероприятий.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы и 2 приложений. Работа построена логично, содержит достаточное количество примеров, поясняющих рисунков, графиков. Стиль изложения материала доказательный.

К основным научным и практическим результатам по главам работы относится следующее.

Выполненный в *первой* главе анализ роли и места расчетов энергетических параметров шумовых полей помещений в процессе традиционного и современного автоматизированного проектирования средств защиты от шума позволил сформулировать требования к расчетным моделям и строительно-акустическим методам шумозащиты в зданиях.

Представленный во *второй* главе анализ существующих способов моделирования прямого и отраженного звука при действии источников постоянной и переменной во времени акустической мощности показал, что большинство расчетных методов используют идеальные модели и исходные данные, не соответствующие действующим источникам и условиям реальных помещений. Например, отражение звука от ограждений принимается или зеркальным, или диффузным. В действительности отражение звука происходит по более сложным зависимостям. По совокупному критерию точности и сложности реализации в диссертационной работе предлагается комбинированная зеркально-диффузная модель отражения звука и расчетные методы на ее основе.

В *третьей* главе приведены обоснования, методы расчета прямого шума, их экспериментальная проверка и оценка погрешности использования идеальных расчетных моделей в виде точечных и бесконечных линейных и плоских источников. Особое практическое значение имеет более точная по сравнению с методом огибающей поверхности оценка прямого звука от крупногабаритных источников сложной формы. Следует отметить значимость повышения точности расчета прямого звука на открытых пространствах в застройке, где прямой звук является доминирующим над отраженным.

В *четвертой* главе приведены результаты исследования статистических характеристик и структуры звуковых полей при различных моделях отражения звука от ограждений. Результаты этих исследований позволили уточнить статистические характеристики и, соответственно, повысить точность определения эффективности шумозащитных мероприятий. Анализ структуры отраженного звукового поля, выявление соотношения зеркальной и диффузно отраженной энергии использованы при разработке эффективных расчетных процедур для программного комплекса по проектированию средств снижения шума.

Пятая глава посвящена разработке методов расчета постоянных звуковых полей помещений, реализующих зеркально-диффузную модель отражения звука от ограждений. Новым является объединение метода прослеживания звуковых лучей для расчета зеркально отраженной компоненты звукового поля и распределенных источников рассеянной энергии с численным методом статистического энергетического подхода для расчета диффузно отраженного звука. Важное теоретическое значение имеют результаты исследования связи плотности потока и градиента плотности диффузно отраженной звуковой энергии. Для практического использования разработанных расчетных методов имеют значение результаты экспериментального определения ко-

эффицентом рассеивания звуковой энергии для различных типов гражданских и производственных зданий.

В шестой главе приведена новая методика расчета непостоянных звуковых полей помещений на основе использования функции отклика помещения на импульсное возбуждение воздушного объема. Приведены аналитические выражения функции отклика для некоторых простейших звуковых полей, в случае сложных исходных условий разработана методика компьютерного расчета отклика помещений. Предложенная методика оценки непостоянных звуковых полей позволяет значительно снизить трудоемкость расчетов и повысить качество проектирования. Разработанные алгоритмы увеличивают скорость расчетов и обеспечивают многовариантную разработку проектных решений.

Программный комплекс, представленный в седьмой главе, предназначен для решения широкого круга проектных задач по снижению шума как внутри здания, так и на территории застройки при различных геометрических и акустических характеристиках зданий, помещений и источников шума.

Для подтверждения теоретических результатов в работе выполнены качественные экспериментальные исследования с использованием современного прецизионного оборудования, подтверждающие адекватность предложенных расчетных методов и методик реальным условиям формирования шумовых полей.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Все научные положения, выводы и рекомендации в работе имеют достаточную степень обоснования. Выполненные в диссертации исследования основываются на положениях классических волновой, геометрической и статистической теорий акустики помещений и не противоречат им. При разработке расчетных методов и методик автором творчески проанализированы имеющиеся научные исследования зарубежных и российских ученых и опыт использования различных теоретических моделей для решения подобных задач. Все использованные в работе допущения общеприняты в строительной акустике при оценке энергетических характеристик шумовых полей.

Достоверность разработанных расчетных методов и методик надежно подтверждена сравнением расчетных данных с корректно выполненными экспериментальными исследованиями. Получена хорошая согласованность теоретических расчетов с результатами экспериментальных исследований.

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна заключается в следующем.

1. Предложены методология и компьютерная технология разработки строительно-акустических методов и средств шумозащиты в зданиях, наиболее полно учитывающие реальные условия и процессы формирования шумовых полей.

2. Получены новые модели излучения звуковой энергии элементами источников шума, разработаны новые методики и алгоритмы расчета прямого звука от источников с различными геометрическими и акустическими параметрами.

3. С помощью компьютерного моделирования звуковых полей уточнены и получены новые сведения о статистических и энергетических характеристиках и о закономерностях формирования звуковых полей помещений при различных моделях отражения звука от ограждений.

4. Получены новые сведения о значениях коэффициента рассеивания звуковой энергии для различных типов помещений, отличающихся геометрическими и акустическими характеристиками.

5. Разработан новый метод расчета шума в помещениях со сложной планировочной структурой, реализующий зеркально-диффузную модель отражения звука от ограждений, на основе совместного использования методов прослеживания лучей и численного статистического энергетического метода.

6. Разработан новый метод расчета непостоянных звуковых полей помещений на основе импульсного представления процессов формирования непостоянных звуковых полей с помощью функции отклика пространства на импульсное возбуждение.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическое значение имеют результаты расчета характеристик и закономерностей звуковых полей, полученные на основе компьютерного моделирования с использованием методов волновой, геометрической и статистической теорий акустики при различных моделях отражения звука от ограждений. Для этих целей использованы уравнения Гюйгенса-Рэлея, Френеля-Кирхгофа, метод прослеживания лучей, интегральное уравнение Куттруфа.

Разработанные расчетные модели дают надежный инструмент для проектирования строительно-акустических средств снижения прямого и отраженного шума в помещениях сложной формы при различных акустических параметрах. Для теории и практики имеют значение также полученные впервые величины средних коэффициентов рассеивания отраженного звука от ограждений для различных групп гражданских и промышленных зданий, используемые в разработанных автором расчетных моделях звуковых полей помещений.

Разработанные программы, реализующие предложенные расчетные модели, позволяют надежно определять энергетические характеристики шума, обеспечивать эффективное проектирование строительно-акустических средств защиты и в этой связи могут успешно использоваться в проектных организациях при проектировании зданий с учетом требований по защите от шума.

Замечания по диссертационной работе

1. На странице 12 диссертации вместо «производственного шума» напечатано «пространственного шума».

2. На рисунке 4.25 г наблюдается расхождение результатов математического моделирования спада звуковой энергии при реверберации в случае облицовки потолка и торцевой стены помещения звукопоглощающим материалом. При других вариантах размещения звукопоглощающей облицовки совпадение результатов хорошее.

Следовало объяснить причины расхождения или выполнить дополнительные исследования.

3. Во всех расчетных методах, реализующих зеркально-диффузное отражение звука от ограждений, принят одинаковый коэффициент рассеивания зеркальной энергии для всех ограждений помещения, несмотря на то, что в большинстве производственных помещений из-за технологического оборудования рассеивающие свойства пола значительно выше остальных поверхностей. В дальнейших исследованиях рекомендуется уделить внимание более подробному делению поверхностей по их акустическим характеристикам.

4. На рисунках 5.24 – 5.27 приведены результаты сравнения измеренных уровней звукового давления с результатами расчетов шума различными методами, реализующими зеркально-диффузное отражение. Ценность результатов снижается отсутствием статистической обработки результатов. Очевидна разница в точности методов а) и в). Для остальных расчетных методов степень погрешности не так очевидна.

5. Приведенная в главе 6 методика обработки измеренных графиков затухания звуковой энергии при реверберации с учетом зеркально-диффузного характера отражения звука имеет важное практическое значение, так как позволяет не только более точно рассчитать средний коэффициент звукопоглощения помещения, но и одновременно определить среднюю по помещению степень рассеивания звука элементами ограждения. Эти важные результаты не получили должного отражения в выводах и в автореферате.

6. В главе 6 приведены результаты сравнения рассчитанных и измеренных уровней звукового давления при действии непостоянного источника шума в виде прямоугольных периодических импульсов звуковой энергии. На рисунках 6.31 – 6.33 пояснения к используемым расчетным методам приведены в сокращенном виде и не дают полного представления об используемых расчетных методах.

Указанные выше замечания во многом связаны со сложностью и новизной разрабатываемой темы и не оказывают влияния на общую положительную оценку диссертационной работы, не снижают ее научную и практическую значимость.

Общее заключение по диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертационного исследования и полностью раскрывает его основные результаты, выводы и рекомендации. По теме диссертации автором опубликовано 75 печатных работ, из них 19 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 1 статья в журнале, входящем в международную базу данных «Web of Science», зарегистрировано 10 программ для ЭВМ. Содержание публикаций также соответствует теме диссертации и раскрывает основные полученные результаты исследования. Все основные положения и результаты доложены на научных и научно-технических конференциях.

Таким образом, диссертация Антонова А.И. является законченной научно-квалификационной работой, которая является новым направлением в области строительной акустики, создающим условия для эффективного проектирования средств защиты от шума.

Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Антонов Александр Иванович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения».

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию Антонова А.И. рассмотрены и одобрены на заседании кафедры архитектуры ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» «30» сентября 2016 года, протокол № 3.

Член-корреспондент РААСН, кандидат технических наук, профессор, специальность 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения», советник при ректорате, заведующий кафедрой архитектуры ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»


Бобылев Владимир Николаевич

E-mail: bobylev@nngasu.ru
Тел.: (831) 430-64-95

Подпись Бобылева Владимира Николаевича заверяю: проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»


И.С. Соболев

Кандидат технических наук, доцент, специальность 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения», начальник управления научных следований, инноваций и проектных работ, профессор кафедры архитектуры ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»


Монич Дмитрий Викторович

E-mail: dmitriy.monich@mail.ru
Тел.: (831) 430-19-46

Подпись Монича Дмитрия Викторовича заверяю: проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»


И.С. Соболев

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 434-02-91; факс: (831) 430-53-48; E-mail: srec@nngasu.ru