

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Васильева Александра Петровича на тему «Оценка, расчет и снижение внешнего шума промышленного предприятия с множественными источниками шума», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.7 – Акустика

Актуальность темы диссертации. Согласно данным государственного доклада Роспотребнадзора за 2024 год, более 62 млн человек в Российской Федерации проживает в условиях воздействия повышенных уровней физических факторов, среди которых шум занимает доминирующее положение. При этом промышленные предприятия, особенно расположенные в черте городов и моногородов, создают шумовую нагрузку на прилегающие территории. Промышленные предприятия характеризуются большим количеством источников шума (до 300 единиц), различной высотой их размещения и широким спектральным составом излучения. Существующие методики расчета внешнего шума промышленных объектов, регламентированные действующим на территории России ГОСТ 31295.2–2005, а также зарубежные методики расчета распространения шума, требуют построения детализированных цифровых моделей с сотнями точечных источников, что приводит к высокой трудоемкости и, как следствие, к ограниченной точности прогноза. В связи с этим разработка научно обоснованного подхода, позволяющего аппроксимировать предприятие единым плоским источником шума и на этой основе упростить расчеты, является **несомненно актуальной** задачей, имеющей как теоретическую, так и практическую ценность для прикладной акустики, проектирования шумозащитных мероприятий и определения санитарно-защитных зон промышленных предприятий.

Анализ содержания диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 137 наименований и трёх приложений. Работа изложена на 162 страницах машинописного текста, содержит 18 таблиц и 32 рисунка, что свидетельствует о значительном объеме экспериментального и аналитического материала.

Во введении убедительно обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту. Особое внимание уделено описанию научно-технической гипотезы, согласно которой представление предприятия в виде плоского источника или группы плоских источников позволяет уточнить и упростить расчет ожидаемых уровней шума на прилегающей к предприятию территории.

Первая глава посвящена анализу состояния вопроса. Автор подробно рассматривает проблему шумового воздействия промышленных объектов на население, приводит статистику жалоб и данные о распространенности сверхнормативного шума. Выполнен глубокий анализ существующих методов расчета шума – как отечественных (ГОСТ 31295.2-2005, СП 276.1325800.2016, ГОСТ 33325–2015), так и зарубежных (CNOSSOS-EU). Критический анализ позволил выявить их недостатки: высокие требования к детализации цифровой модели объекта, необходимость аппроксимации всех плоских и линейных источников группой точечных, и как следствие, снижение точности на больших расстояниях и высокой ресурсоемкостью расчетов. Завершается глава

БГТУ "ВОЕНМЕХ"
им. Д.Ф. Устинова
Вх. № 0.1-26-143
от 03.04.2026

постановкой задач исследования и описанием объекта исследования – промышленного предприятия с множественными источниками шума, на котором в дальнейшем выполнялись натурные эксперименты.

Вторая глава содержит описание проведенных автором экспериментальных исследований в том числе по разработанным автором методикам измерений. Представлена модифицированная методика измерения уровней звуковой мощности источников шума, основанная на построении измерительной поверхности и адаптированная для натуральных условий действующего предприятия, когда у испытателя отсутствует техническая и организационная возможность отключения отдельных узлов и агрегатов обследуемого оборудования и выделения вклада отдельных источников шума, то есть в условиях отсутствия возможности обеспечения требований к испытательной площадке, которые изложены в стандартных методиках измерений. Приведены результаты измерений 151 источника шума, из которых наиболее мощными являются вентиляционные установки (эквивалентные скорректированные уровни звуковой мощности до 116 дБА). Также приведены результаты эксперимента по исследованию распространения шума от промышленного предприятия для исследования характера распространения шума. Испытания проведены на расстояниях от 100 до 800 метров от предприятия. Сетка из 18 точек измерений позволила выявить закономерности снижения уровня звука, соответствующие переходу плоской волны в цилиндрическую и далее в сферическую. Полученные данные легли в основу верификации разрабатываемой математической модели. Также приведены результаты измерений уровней шума на территории нормируемых объектов (участки, прилегающие к жилым домам и граница санитарно-защитной зоны предприятия), которые послужили обоснованием необходимости разработки шумозащитных мероприятий и позволили оценить их минимальную эффективность.

Третья глава – центральная в расчетной части. Здесь сформулированы основные положения и допущения теории, базирующейся на статистической геометрической акустике и принципе Гюйгенса. Разработаны правила определения значимых источников шума, позволяющие исключить из расчета источники, суммарный вклад в формирование звукового поля предприятия которых не превышает 0,5 дБ. Предложены расчетные схемы и расчетные формулы для описания снижения шума исходя из характера звуковой волны в расчетной точке: плоской, цилиндрической и сферической, с выделением переходных зон квазиплоской и квазцилиндрической волн. Математическая модель учитывает дифракцию на кромке здания и звукопоглощение фасадных поверхностей. Верификация модели выполнена сравнением расчетных уровней звука в контрольных точках с результатами натуральных измерений. Сходимость результатов расчетов с результатами натуральных измерений составила 2–3 дБА, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к расчетным методикам.

Четвертая глава носит прикладной характер. Автором предложена система шумозащитного зонирования территорий, классифицирующая предприятия по четырем классам шумности и позволяющая определять требуемую эффективность шумозащитных мероприятий в зависимости от расстояния до защищаемого объекта и линейных размеров источника. Подробно рассмотрены конкретные средства снижения шума: звукоизолирующие кожухи для крышных вентиляторов, диссипативные глушители для аспирационных систем, акустические экраны для транспортных потоков. Разработана методика выбора приоритетных мероприятий, базирующаяся на ранжировании

* источников по вкладу в суммарную звуковую мощность. Апробация предложенных подходов выполнена на двух промышленных объектах – ООО «Белагротерминал» (Республика Беларусь) и ГК «Содружество» (Российская Федерация, Калининградская область). Результаты повторных измерений после внедрения мероприятий подтвердили снижение шума до нормативных значений во всех контрольных точках.

В заключении сформулированы основные результаты работы, которые полностью соответствуют поставленным задачам и подтверждены актами внедрения.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов обеспечивается комплексным применением теоретических и экспериментальных методов, согласующихся с современными представлениями акустики. Теоретические построения базируются на фундаментальных работах отечественных (Иванов Н.И., Буторина М.В., Боголепов И.И. и др.) и зарубежных (Маекава З., Крокер М.Дж. и др.) ученых. Экспериментальная часть выполнена с использованием прецизионных средств измерения и контроля (шумомеры, анализаторы спектра моделей Экофизика-110А, Октава-110А, акустический калибратор АК-1000), прошедших поверку, по методикам, изложенным в государственных стандартах (ГОСТ 23337-2014), и по разработанным автором методикам в основу которых положены утвержденные стандарты (ГОСТ ISO 3744-2024, ГОСТ Р ИСО 3746-2013), а также другим нормативно-техническим документам. Объем экспериментальных данных (для предприятия ООО «Белагротерминал»: 151 источник шума, 10 контрольных точек на селитебной территории, 18 точек при исследовании распространения) достаточен для статистически значимых выводов. Сходимость расчетов по предложенным формулам с измерениями составила 2–3 дБА, что является удовлетворительным результатом и подтверждает корректность математической модели.

Научная новизна

1. Математическая модель формирования звукового поля, создаваемого предприятием, отличающаяся представлением предприятия в качестве плоского источника шума, что позволяет уточнить шумовую характеристику предприятия и улучшить качество оценки его воздействия на прилегающие территории.

2. Разработаны расчетные формулы, расчет по которым повышает точность и уменьшает трудозатраты.

3. Выполнена оценка влияния отдельных источников шума на формирование звукового поля предприятия, учитывающая величину их вклада, что позволило разработать правила оценки значимости источников.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость работы заключается в развитии представлений о распространении звука от сложных пространственных источников. Разработанные математические модели и расчетные схемы вносят вклад в теорию акустического моделирования промышленных объектов.

Практическая значимость подтверждается:

- разработкой модифицированной методики измерений шумовых характеристик источников в натуральных условиях, пригодной для использования при инвентаризации источников шума;
- разработкой методики измерений для оценки характера распространения шума от промышленного предприятия на прилегающих территориях;

- созданием расчетных формул, позволяющих выполнять оценку ожидаемых уровней шума без построения сложных компьютерных моделей;
- разработкой рекомендаций по выбору шумозащитных мероприятий, в том числе путем применения системы зонирования прилегающих к предприятию территорий, что подтверждено внедрением результатов в деятельность ООО «Институт Виброакустических Систем» при проектировании санитарно-защитных зон и разработке шумозащитных мероприятий;
- апробацией предложенных в работе подходов на реальных промышленных объектах, где после реализации предложенных мероприятий достигнуто снижение шума до нормативных значений (акты внедрения прилагаются).

Замечания по диссертационной работе

1. **Обоснование выбора характеристической высоты плоского источника.** В разделе 3.1 предложено определять характеристическую высоту как среднее значение высоты значимых источников на территории предприятия. Однако такой подход для ситуаций, когда имеется значительная неравномерность распределения источников шума по высоте на территории предприятия, может привести к некорректному учету вклада источников в формирование звукового поля в точках, расположенных на малых расстояниях от предприятия. Следовало бы оценить влияние этого фактора на точность расчетов.

2. **Отсутствие учета метеорологических условий.** В расчетной модели не учитываются ветер и температурная стратификация, которые на расстояниях свыше 500 м могут вносить коррекцию до 3–5 дБА. Хотя это соответствует допущениям стандартных методик, для подтверждения универсальности подхода стоило бы провести сравнительные расчеты с учетом метеофакторов.

3. **Неоднозначность классификации источников по степени значимости.** В разделе 3.1 приведены два правила (разница 30 дБ и разница 20 дБ при определенной доле источников). Неясно, как следует поступать в случае, если источники имеют промежуточные значения, а доля мощных источников точно не определена. Желательно было бы предложить итерационный алгоритм.

4. **Недостаточный учет фонового шума при верификации модели на больших расстояниях.** В разделе 3.3 (рисунок 3.3.3) приведено сравнение расчетных и измеренных уровней звука на расстояниях до 800 м. На расстояниях свыше 500 м расчетные значения оказались ниже измеренных на 2–3 дБА. Автор связывает это с влиянием фоновых источников шума, однако в работе не представлено количественной оценки этого влияния и не предложено метода его учета при верификации. Для более строгого подтверждения адекватности модели следовало бы либо провести измерения фонового шума в периоды минимальной загрузки предприятия, либо использовать методы разделения вкладов источников.

5. **Оформление приложений.** В Приложении 1 представлены результаты измерений 214 источников шума, но отсутствует их группировка по типам оборудования (вентиляция, конвейеры, транспорт) и не указаны спектральные характеристики для каждой группы. Это затрудняет анализ структуры шума предприятия.

Указанные замечания не снижают общей научной и практической ценности работы.

Заключение

Диссертационная работа Васильева Александра Петровича «Оценка, расчет и снижение внешнего шума промышленного предприятия с множественными источниками шума» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача разработки научно обоснованного подхода к расчету распространения шума промышленного предприятия как плоского источника и создания на этой основе рекомендаций по снижению шумового воздействия на прилегающие территории. По своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертация соответствует требованиям п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её содержание отвечает паспорту научной специальности 1.3.7 – Акустика в части пункта 6.

Автор диссертации Васильев Александр Петрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.7 – Акустика.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, специальность 01.04.06 – Акустика, профессор кафедры автоматических систем энергетических установок имени академика РАН Владимира Павловича Шорина федерального государственного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

443086, г. Самара, Московское шоссе, д. 34
тел. +7 (846) 267-46-57
эл. почта: igolkin.aa@ssau.ru
моб. тел.: +7 917 162-00-62


Александр Алексеевич Иголкин

Я, Александр Алексеевич Иголкин, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Подпись доктора технических наук, доцента Иголкина А.А. удостоверяю:

