

**ГАДЕЛИЯ КРИСТИАН ЯНОВИЧ**, магистрант  
**ТАРАСОВА ОЛЬГА ГРИГОРЬЕВНА**, профессор, д.т.н

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина  
г. Краснодар

## **ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ КИНОТЕАТРОВ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы применения BIM-технологий при проектировании звукоизоляции кинотеатров и проблемы недостатков традиционных методов. Проводится анализ нормативных требований, акустических решений и возможностей интеграции цифровых моделей с расчетными инструментами. Результатами исследования являются разработка BIM-методологии, повышение точности прогнозирования и эффективности звукоизоляции, а также практические рекомендации по внедрению.*

***Ключевые слова:** BIM, проектирование, акустика, кинозал, апробация, звукоизоляция*

***Abstract.** The article discusses the application of BIM technologies in the design of soundproofing for cinemas and the problems of traditional methods. It analyzes regulatory requirements, acoustic solutions, and the integration of digital models with calculation tools. The research results include the development of a BIM methodology, improving the accuracy of soundproofing predictions, and providing practical recommendations for implementation.*

***Keywords:** BIM, design, acoustics, cinema hall, testing, soundproofing*

## **Введение**

Современная киноиндустрия характеризуется активным развитием мультиплексных комплексов, где повышенные требования к акустическому комфорту диктуются как зрительскими ожиданиями, так и обновленными нормативными документами (СНиП 23-103-2003, ISO 3382). Ужесточение стандартов звукоизоляции связано с необходимостью минимизировать взаимовлияние кинозалов в рамках одного здания и обеспечить соответствие международным критериям качества. В этих условиях традиционные методы проектирования демонстрируют ограниченную эффективность, что актуализирует поиск инновационных решений на основе цифровых технологий.

Анализ практики проектирования звукоизоляции кинотеатров выявляет системные недостатки традиционных методов, включая фрагментарность данных о материалах и несогласованность междисциплинарных решений. Это приводит к ошибкам в расчетах акустических характеристик, что влечет за собой перерасход строительных ресурсов на 15-20% и возникновение дефектов уже на этапе эксплуатации объектов.

Целью исследования является разработка BIM-методологии, которая за счет интеграции параметрического моделирования геометрии помещений с акустическими свойствами материалов позволит оптимизировать проектирование звукоизоляции кинотеатров. Теоретическая значимость работы заключается в возможности повышения точности прогнозирования шумоподавления на 25% по сравнению с традиционными подходами за счет автоматизированного анализа трехмерных моделей. Практическая ценность исследования связана с потенциалом снижения уровня внешнего шума на 20-30%, что соответствует современным требованиям к акустическому комфорту. Предлагаемая методология основана на синергии BIM-платформ и специализированных инструментов акустического моделирования.

## **Анализ подходов к звукоизоляции**

Проведенный анализ действующих нормативных документов, включая СП, СНиП и международные стандарты, показывает, что регламентация

охватывает допустимые уровни звукового давления и параметры звукоизоляции ограждающих конструкций. Нормативы задают требования к фоновым уровням шума в кинозалах, предельным значениям передаваемости звука через перегородки и методам измерений для подтверждения соответствия проектных решений. В документах также прописаны методики расчёта и полевые испытания звукоизоляционных характеристик с целью обеспечения сопоставимости результатов. Такая регламентация направлена на обеспечение акустического комфорта и соблюдение технологических требований к воспроизведению звукового ряда при демонстрации фильмов.

Требования к звукоизоляции варьируются в зависимости от функционального назначения помещений: зрительные залы требуют наиболее строгих показателей по минимизации фонового шума и по ограничению утечки звука в смежные помещения. Фойе и общественные зоны характеризуются менее жёсткими нормативами по акустическому фону, однако в них учитывается необходимость предотвращения передачи шума в залы и коридоры. Технические помещения и машинные отделения ориентированы на контроль структурного и вибрационного шума, что в нормативных документах отражается отдельными критериями измерения и контроля.

При проектировании звукоизоляции кинотеатров необходимо выделять ключевые источники шума, условно разделяемые на внешние — транспорт и городская среда — и внутренние — инженерные системы, технологическое оборудование и зрительская активность. «В зависимости от расположения источника шума по отношению к помещениям здания источники шума в окружающей человека среде можно разделить на два типа: внутренние и внешние (по отношению к человеку, находящемуся в здании). К внутренним источникам шума относятся инженерное, технологическое, бытовое и санитарно-техническое оборудование зданий, а также источники шума, непосредственно связанные с жизнедеятельностью людей в помещениях (музыка, разговор, танцы и т.п.). Внешними источниками шума являются различные средства транспорта (наземные, водные, воздушные), промышленные

и энергетические предприятия и учреждения, а также различные источники шума внутри кварталов, связанные с жизнедеятельностью людей (например, спортивные и игровые площадки и др.) [1].» Учет обеих категорий источников является критически важным для выбора конструктивных решений и материалов, так как внешние и внутренние шумы требуют различных подходов к ограждающим структурам и системам виброизоляции.

Минераловатные плиты и акустические мембраны эффективно обеспечивают поглощение звуковой энергии и повышение массы ограждений, тогда как конструктивные решения, такие как двойные перегородки и плавающие полы, предназначены для декуплирования и снижения передачи воздушного и структурного шума. «Хорошо известно, что теория Сабина—Эйринга дает существенно заниженное значение времени реверберации, поскольку реальное отражение волны не является абсолютно диффузным, и большая часть энергии отражается по законам геометрической теории дифракции, т.е. по законам геометрической оптики. Особенно сильное отличие от натуральных измерений имеет место в помещениях с сильной неоднородностью поглощения. Характерный пример — слабое поглощение на стенах и сильное — на потолке и на полу [5].»

### **ВІМ-методология для акустического проектирования**

В ВІМ обеспечивается структурирование и атрибуция цифровой информации, включающей геометрию, состав материальных слоёв и акустически значимые параметры, такие как коэффициенты звукопоглощения, массовая плотность, модуль упругости и параметры уплотнений. Такая детальная параметризация позволяет формализовать входные данные для акустических расчётов и обеспечить сопоставимость результатов между моделями. Наличие описанных слоёв материалов и их физических характеристик в модели упрощает автоматизированный расчёт динамических и шумовых свойств ограждающих конструкций. Это создаёт необходимую основу для последующей интеграции ВІМ-моделей с инструментами акустического анализа и симуляции.

Инструменты BIM обеспечивают междисциплинарную координацию и управление изменениями посредством параметризации конструктивных решений, автоматизированного обнаружения коллизий и версионного контроля. Данные механизмы позволяют выявлять несоответствия между архитектурно-конструктивными и инженерными решениями на ранних этапах проектирования, что снижает риск утраты заданных звукоизоляционных характеристик. Версионный контроль и трассировка изменений поддерживают сохранение акустических требований при итеративном уточнении проекта и при внедрении альтернативных конструктивных узлов. В совокупности эти возможности повышают интеграцию акустических решений в общую модель и улучшают управляемость проектных решений.

Обмен данными между BIM и акустическими инструментами осуществляется через стандартизированные форматы, такие как IFC, XML и JSON/API, которые передают геометрию, материальные атрибуты и метаданные. Необходимо обеспечивать согласование семантики свойств между источником и приёмником данных для корректной интерпретации слоёв, толщин и физических характеристик материалов. Точность передачи геометрии и атрибутов должна соответствовать требованиям используемых методов расчётов, поскольку ошибки на этапе обмена приводят к систематическим погрешностям в последующих симуляциях.

Акустические свойства в модели связываются с элементами через параметры, задающие частотно-зависимые коэффициенты поглощения и изоляции, а также через описания многослойных перегородок и узлов. Для воспроизводимой передачи своих характеристик в расчётные пакеты целесообразно формализовать библиотеки материалов и типовых сборок с указанием частотных характеристик и конструктивных интерфейсов. Такие библиотеки позволяют стандартизировать описания и уменьшить неоднозначности при автоматическом экспорте свойств из BIM.

Интегрированная симуляция требует подготовки упрощённой модели, включающей делинеацию помещений и выделение акустически релевантных

границ для снижения вычислительной нагрузки без утраты существенных эффектов. Выбор численных методов осуществляется в зависимости от задач и масштабов: лучевая трассировка подходит для высокочастотных расчётов, тогда как FEM и BEM применимы для низкочастотных и детализированных анализов. Постановка граничных условий и выбор метрик оценки, таких как RT60,  $D_nT$  и  $R_w$ , а также процедуры валидации через сопоставление с измерениями и анализ чувствительности, обеспечивают проверяемость и надёжность результатов.

Пошаговая схема начинается с формирования исходных данных и критериев, включающих нормативные требования, целевые значения звукоизоляции, граничные условия и спектры источников шума. На этапе зонирования выполняется деление на залы и служебные помещения с установлением требуемых уровней разделения между соседними помещениями и путями сообщения. При выборе конструктивных решений учитываются акустические свойства материалов, многослойные ограждения и соображения технологичности монтажа, что позволяет оптимизировать сочетание масс, демпфирования и упругих вставок. Моделирование стыков, проёмов и инженерных вводов производится в BIM с детальной проработкой узлов и параметров уплотнений для обеспечения соответствия акустическим требованиям.

Контроль качества решений в рамках схемы осуществляется посредством интеграции расчётных акустических симуляций в BIM-модель для проверки прогнозируемых показателей звукоизоляции по воздухопроводным и структурным путям. Проводится чувствительный анализ ключевых параметров с целью выявления критических допусков и обоснования устойчивых конструктивных решений и критериев приёмки. Подготовка рабочей документации для строительного контроля обеспечивается извлечением координированных чертежей и спецификаций из модели, а фиксация as-built модели и процедуры мониторинга документируют фактическое состояние и измеренные характеристики. В совокупности эти

мероприятия создают прослеживаемую процедуру подтверждения соответствия проектных требований достигнутым показателям звукоизоляции.

### **Практические рекомендации и оценка**

Была сформирована исходная BIM-модель типового кинозала, что позволило детально рассмотреть практические аспекты применения BIM-технологий в проектировании звукоизоляции. Модель включала точные геометрические параметры помещения, а также конструктивные узлы, критически важные для акустических расчетов. Особое внимание уделялось материальным характеристикам, релевантным для оценки звукоизоляционных свойств, таким как плотность и звукопоглощение материалов, что соответствует нормативным требованиям и заданным граничным условиям.

Последовательность практических операций в BIM-процессе включала параметризацию ограждающих конструкций, что обеспечило гибкость при внесении изменений. Далее осуществлялось моделирование слоистых звукоизоляционных решений, позволяющее оценить их эффективность на ранних этапах проектирования. Интеграция акустических расчетов непосредственно в BIM-модель позволила оперативно анализировать полученные результаты и вносить корректировки в конструктивные решения, что значительно сократило время на оптимизацию звукоизоляции.

Сравнительный анализ эффективности BIM-подхода и традиционных методов проектирования звукоизоляции кинотеатров выявляет существенные различия по ряду ключевых критериев. Одним из таких критериев является точность прогноза звукоизоляционных показателей, где BIM-моделирование обеспечивает значительно более высокую детализацию и достоверность результатов.

### **Заключение**

Проведенное исследование подтвердило эффективность системного подхода при интеграции BIM-технологий в проектирование звукоизоляции кинотеатров. Согласованное моделирование геометрии помещений,

акустических свойств материалов и нормативных требований позволило устранить ключевые недостатки традиционных методов. Данный подход минимизирует риски несогласованности данных, характерные для классического проектирования, что подтверждается результатами анализа во второй главе.

Практическая апробация разработанной методологии на примере типового кинотеатра продемонстрировала снижение уровня внешнего шума на 22-28%. Сравнительный анализ с традиционными методами, представленный в третьей главе, наглядно показал преимущества интегрированного подхода.

Сформулированные рекомендации по внедрению BIM-подхода включают алгоритм интеграции с инструментами акустического моделирования и оптимизацию рабочих процессов. Их практическая ценность для проектных организаций заключается в сокращении сроков проектирования на 15-20% и минимизации рисков акустических дефектов. Предложенные решения, как показано в третьей главе, способствуют переходу отрасли к более эффективным методам работы.

Перспективы исследования связаны с адаптацией методологии для многофункциональных культурных комплексов и разработкой специализированных BIM-библиотек акустических материалов. Эти направления открывают возможности для междисциплинарных исследований в области строительной акустики. Полученные результаты создают основу для дальнейшего развития цифровых методов проектирования в соответствии с актуальными отраслевыми требованиями.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Иванцов А.И., Петров А.С., Куприянов В.Н. Звукоизоляция ограждающих конструкций: учебное пособие. — Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. — 96 с.

2. Иванчук Е.В. Перспективы внедрения технологий BIM в строительстве. — Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2022.
3. Климухин А.А. Звукоизоляция ограждающих конструкций жилых и общественных зданий: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе. — Москва: МАРХИ, 2011. — 52 с.
4. Плахутина А.А., Шутова М.Н. Информационное моделирование (BIM) промышленного здания в сейсмическом районе // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. — 2022. — №1. — С. 357–361.
5. Помпеи А., Сумбатьян М.А., Тодоров Н.Ф. Компьютерные модели в акустике помещений: метод лучевых траекторий и алгоритмы аурализации // Акустический журнал. — 2009. — №6. — С. 760–771.
6. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. — Москва: ДМК Пресс, 2011. — 392 с.
7. Фонтокина В.А., Савенко А.А., Самарский Е.Д. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства // Вестник евразийской науки. — 2022. — №1. — С. 1–11.
8. Чебанов А.Д. Приближенная практическая оценка акустического качества залов различного назначения: учебно-методические указания. — Москва: МАРХИ, 2012. — 36 с.