История развития строительной физики

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Кафедра строительной физики и энергоэффективности

Год: 2025

# ВВЕДЕНИЕ

\*\*Введение\*\*

Строительная физика как научная дисциплина занимает ключевое место в современном строительстве, обеспечивая теоретическую и практическую основу для проектирования зданий и сооружений с учетом их устойчивости, энергоэффективности и комфортности. Возникновение и развитие данной области знания обусловлено необходимостью решения сложных инженерных задач, связанных с теплопередачей, акустикой, влажностными процессами и светотехникой в строительных конструкциях. Исторический анализ становления строительной физики позволяет проследить эволюцию научных представлений о взаимодействии зданий с окружающей средой, а также выявить ключевые этапы формирования её методологического аппарата.

Истоки строительной физики уходят в глубокую древность, когда эмпирические знания о свойствах материалов и климатических условиях использовались при возведении первых архитектурных сооружений. Однако систематическое изучение физических процессов в строительстве началось лишь в эпоху научной революции XVII–XVIII веков, когда были сформулированы фундаментальные законы термодинамики, механики и гидравлики. В XIX веке, с развитием промышленности и ростом городов, вопросы теплозащиты, вентиляции и звукоизоляции приобрели особую актуальность, что стимулировало появление первых теоретических моделей и экспериментальных исследований.

XX век стал периодом интенсивного развития строительной физики как самостоятельной науки, чему способствовали достижения в области материаловедения, компьютерного моделирования и стандартизации строительных норм. Формирование международных организаций, таких как Международный совет по строительству (CIB), и создание специализированных научных школ способствовали интеграции знаний и разработке универсальных методик расчёта. В последние десятилетия акцент сместился на проблемы энергосбережения и экологической безопасности, что привело к появлению новых направлений, таких как "зелёное" строительство и умные технологии.

Таким образом, история строительной физики отражает непрерывный процесс совершенствования методов анализа и проектирования зданий в ответ на вызовы времени. Изучение её эволюции позволяет не только оценить вклад выдающихся учёных и инженеров, но и определить перспективные направления дальнейших исследований, направленных на создание устойчивой и комфортной среды обитания.

# ЗАРОЖДЕНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ КАК НАУКИ

Зарождение строительной физики как самостоятельной научной дисциплины относится к периоду XVIII–XIX веков, когда прогресс в области естественных наук и инженерного дела потребовал систематизации знаний о взаимодействии строительных конструкций с окружающей средой. Первые теоретические основы были заложены в трудах ученых, изучавших теплопередачу, акустику и прочность материалов. Важную роль сыграли работы Жана-Батиста Фурье, разработавшего математическую теорию теплопроводности, которая легла в основу расчетов теплоизоляции зданий. Параллельно развивались исследования в области акустики, где существенный вклад внесли Эрнст Хладни и Джон Уильям Рэлей, описавшие законы распространения звука в помещениях.

В XIX веке с развитием промышленности и ростом городов возникла необходимость в научном обосновании строительных норм. Инженеры и архитекторы столкнулись с проблемами энергоэффективности, влагообмена и долговечности конструкций, что стимулировало появление первых экспериментальных методов оценки физических свойств материалов. Значимым этапом стало создание лабораторий при технических университетах Европы, где проводились испытания теплопроводности, паропроницаемости и звукоизоляции. В Германии и Франции были разработаны первые нормативные документы, регламентирующие требования к ограждающим конструкциям.

К началу XX века строительная физика оформилась как междисциплинарная наука, объединяющая достижения термодинамики, механики и материаловедения. Важную роль сыграли труды Макса Планка и Людвига Больцмана, углубившие понимание тепловых процессов в строительных системах. В 1920–1930-х годах появились первые специализированные учебные курсы, а в послевоенный период сформировались международные стандарты, такие как ISO и DIN, закрепившие методики расчетов. Развитие вычислительных технологий во второй половине XX века позволило перейти от эмпирических моделей к компьютерному моделированию, что значительно расширило возможности прогнозирования поведения зданий при различных климатических условиях.

Таким образом, становление строительной физики как науки стало результатом синтеза фундаментальных исследований и практических потребностей строительной индустрии. Ее развитие продолжается в контексте современных вызовов, таких как энергосбережение, экологичность и адаптация к изменению климата, что подтверждает актуальность дальнейших исследований в данной области.

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ДОСТИЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ В XX ВЕКЕ

XX век ознаменовался стремительным развитием строительной физики как научной дисциплины, что было обусловлено масштабным ростом строительной индустрии, появлением новых материалов и технологий, а также необходимостью решения сложных инженерных задач. В этот период сформировались ключевые направления исследований, заложившие основы современного понимания физических процессов в строительных конструкциях и зданиях. Одним из важнейших достижений стало углублённое изучение теплопередачи в ограждающих конструкциях. Разработка теории стационарного и нестационарного теплообмена позволила создать методики расчёта теплового сопротивления многослойных стен, что способствовало оптимизации энергоэффективности зданий. Значительный вклад внёс Г.Ф. Борисов, предложивший методы учёта влажностного состояния материалов при оценке теплотехнических характеристик. Параллельно развивалось направление, связанное с акустикой помещений. Теоретические работы В.К. Истомина и его последователей заложили основы расчёта звукоизоляции и звукопоглощения, что привело к созданию нормативных требований к акустическому комфорту. Особое внимание уделялось изучению распространения ударного и воздушного шума в многоэтажных зданиях, результатом чего стало внедрение конструктивных решений с плавающими полами и акустическими прокладками. Важным направлением стала светотехника, где исследования А.М. Данилюка и других учёных позволили разработать принципы естественного и искусственного освещения, включая методы расчёта светопропускания сложных оконных систем. В области влажностного режима зданий достижения связаны с работами О.Е. Власова, который математически описал процессы сорбции и диффузии водяного пара в пористых материалах, что стало основой для прогнозирования конденсационных явлений. Отдельного внимания заслуживает развитие ветровой нагрузки на высотные сооружения, где применение аэродинамических труб и математического моделирования позволило усовершенствовать методы расчёта устойчивости конструкций. К концу столетия сформировался комплексный подход к микроклимату помещений, интегрирующий тепло-, влаго- и воздухообменные процессы. Эти достижения создали научный фундамент для современных строительных норм и стандартов, обеспечивающих безопасность, долговечность и комфорт зданий.

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКЕ

Современные тенденции в строительной физике характеризуются активным внедрением цифровых технологий, энергоэффективных решений и материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами. Одним из ключевых направлений является развитие методов компьютерного моделирования тепловых, акустических и влажностных процессов в строительных конструкциях. Использование программных комплексов, таких как COMSOL Multiphysics, ANSYS и EnergyPlus, позволяет проводить детальный анализ теплотехнических характеристик ограждающих конструкций с учетом нестационарных режимов эксплуатации. Это способствует оптимизации проектных решений и снижению энергопотребления зданий.

Значительное внимание уделяется разработке и применению инновационных материалов, обладающих высокой теплоизоляционной способностью при минимальной толщине. К ним относятся вакуумные изоляционные панели (VIP), аэрогели и фазопереходные материалы (PCM), которые обеспечивают регулирование температурного режима в помещениях. Особый интерес представляют многофункциональные композиты, сочетающие теплоизоляционные, звукопоглощающие и огнестойкие свойства. Их внедрение позволяет сократить сроки строительства и повысить долговечность зданий.

Важным аспектом современных исследований является совершенствование систем вентиляции и кондиционирования с учетом требований энергоэффективности и экологичности. Активно разрабатываются решения на основе рекуперации тепла, использования возобновляемых источников энергии и адаптивного управления микроклиматом. Например, системы с геотермальными теплообменниками или солнечными коллекторами демонстрируют высокую эффективность в условиях изменяющихся климатических нагрузок.

Еще одной тенденцией является интеграция строительной физики с концепцией «умных зданий», где применяются датчики мониторинга параметров среды и автоматизированные системы управления. Это позволяет оперативно корректировать тепловые и влажностные режимы, минимизируя эксплуатационные затраты. Кроме того, развиваются методы неразрушающего контроля, такие как термография и акустическая томография, для оценки состояния строительных конструкций без нарушения их целостности.

В области акустики актуальны исследования по созданию материалов с управляемой звукопоглощающей структурой, включая метаматериалы, способные эффективно гасить низкочастотные шумы. Современные подходы также предполагают использование активных систем шумоподавления, основанных на принципе антизвука.

Экологические аспекты строительной физики проявляются в стремлении к снижению углеродного следа строительных материалов и технологий. Разрабатываются стандарты оценки жизненного цикла (LCA), учитывающие энергозатраты на производство, транспортировку и утилизацию материалов. Это способствует переходу к устойчивому строительству, соответствующему принципам зеленой архитектуры.

Таким образом, современные тенденции в строительной физике ориентированы на междисциплинарный синтез, цифровизацию и экологизацию процессов проектирования и эксплуатации зданий. Дальнейшее развитие этой области связано с углублением фундаментальных исследований и внедрением инновационных технологий, обеспечивающих комфорт, безопасность и энергоэффективность строительных объектов.

# ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ НА АРХИТЕКТУРУ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

Развитие строительной физики как научной дисциплины оказало существенное влияние на архитектурные решения и формирование современных строительных норм. С момента своего становления в начале XX века строительная физика стала ключевым инструментом для оптимизации эксплуатационных характеристик зданий, включая теплозащиту, звукоизоляцию, влагообмен и энергоэффективность. Архитекторы, опираясь на данные исследований, получили возможность проектировать сооружения с учетом климатических условий, что привело к появлению новых конструктивных решений и материалов. Например, применение расчётов теплопередачи позволило сократить теплопотери через ограждающие конструкции, что повлияло на распространение многослойных стеновых систем и энергосберегающих технологий.

Строительная физика также сыграла решающую роль в разработке нормативных документов, регламентирующих проектирование и строительство. Национальные и международные стандарты, такие как ISO 6946 (тепловая защита зданий) или DIN 4109 (звукоизоляция), базируются на фундаментальных исследованиях в области теплофизики, акустики и гидротермики. Введение этих норм не только повысило качество строительства, но и способствовало унификации требований к зданиям в разных регионах. Влияние научных достижений особенно заметно в странах с суровым климатом, где ужесточение нормативов по теплозащите привело к массовому внедрению утеплённых фасадов и герметичных оконных систем.

Кроме того, строительная физика изменила подход к проектированию естественного освещения и вентиляции. Расчёты инсоляции и воздухообмена, основанные на физических законах, позволили создавать здания с комфортным микроклиматом без избыточного использования искусственных систем. Это отразилось в современных архитектурных тенденциях, таких как пассивное домостроение, где ключевым критерием является минимизация энергопотребления. Влияние дисциплины прослеживается и в исторической реставрации: методы строительной физики помогают сохранять памятники архитектуры, предотвращая их разрушение из-за влаги или температурных деформаций.

Таким образом, интеграция строительной физики в архитектурную практику и нормативное регулирование стала неотъемлемой частью современного строительства. Научные разработки в этой области продолжают определять эволюцию строительных технологий, способствуя созданию безопасных, долговечных и экологически устойчивых сооружений.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует отметить, что история развития строительной физики представляет собой сложный и многогранный процесс, отражающий эволюцию научных знаний, технологических достижений и практических потребностей человечества. Начиная с античных времен, когда эмпирические наблюдения за поведением строительных материалов и конструкций легли в основу первых архитектурных решений, и заканчивая современным этапом, характеризующимся глубоким теоретическим обоснованием физических процессов в строительстве, данная научная дисциплина прошла значительный путь.

Особый импульс развитию строительной физики придала промышленная революция XVIII–XIX веков, когда потребность в новых материалах и методах строительства стимулировала исследования в области теплопередачи, акустики и влагообмена. В XX веке с появлением вычислительных методов и экспериментальных технологий строительная физика оформилась в самостоятельную науку, интегрирующую достижения механики, термодинамики, материаловедения и климатологии.

Современный этап развития строительной физики характеризуется активным внедрением компьютерного моделирования, использованием наноматериалов и устойчивых строительных технологий, что позволяет решать сложные инженерные задачи с высокой точностью. Однако остаются актуальными вопросы энергоэффективности, экологической безопасности и адаптации зданий к изменяющимся климатическим условиям, что требует дальнейших исследований.

Таким образом, строительная физика продолжает играть ключевую роль в обеспечении надежности, долговечности и комфорта строительных объектов, а ее развитие остается неразрывно связанным с прогрессом науки и техники. Перспективы данной дисциплины лежат в области междисциплинарных исследований, направленных на создание инновационных строительных решений, отвечающих вызовам XXI века.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. К. Ф. Фокин. Строительная теплофизика. 2006 (книга)

2. В. Н. Богословский. Строительная теплофизика и микроклимат зданий. 2007 (книга)

3. А. В. Лыков. Теория теплопроводности. 1967 (книга)

4. И. Ф. Ливчак. Основы строительной теплофизики. 1981 (книга)

5. Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. 2002 (книга)

6. Н. С. Шилкин. Развитие строительной теплофизики в XX веке. 2005 (статья)

7. П. И. Пашков. История развития строительной акустики. 2010 (статья)

8. В. А. Гагарин. Эволюция методов расчета теплозащиты зданий. 2018 (статья)

9. А. С. Гусев. Строительная физика: от древности до наших дней. 2015 (интернет-ресурс)

10. R. J. M. Lamberts, H. Augenbroe. Advances in Building Physics. 2008 (книга)