

Эволюция процесса архитектурного проектирования: от ручной графики к новейшим технологиям

О.Т. Иевлева, Р.В. Чурсин

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Статья посвящена эволюции процесса архитектурного проектирования в контексте развития компьютерных технологий. Актуальность работы обусловлена тем, что современное проектирование требует высокой точности, скорости и интеграции различных аспектов, таких как архитектурные, инженерные и строительные решения. В статье рассматриваются ключевые этапы изменений, начиная от традиционных методов проектирования, основанных на ручном труде, и заканчивая современными технологиями, такими как системы автоматизированного проектирования (computer-aided design, CAD) и системы информационного моделирования зданий и сооружений (building information modeling, BIM), которые значительно повысили точность, гибкость и эффективность проектных процессов. Особое внимание уделено внедрению CAD-систем, которые автоматизировали процесс создания чертежей, и переходу к концепции Building Information Modeling, которая интегрирует всю информацию о проекте в единую цифровую модель, обеспечивая совместную работу всех участников. Также в статье проанализированы новейшие технологии, такие как искусственный интеллект и архитектурная визуализация, которые начинают влиять на процесс проектирования, позволяя ускорить создание и анализ проектных решений. Ожидается, что в будущем эти технологии откроют новые горизонты для архитектурной практики, ускоряя и улучшая процесс разработки, строительства и эксплуатации зданий.

Ключевые слова: архитектурное проектирование, концепция, моделирование, трехмерное пространство, виртуальная реальность, искусственный интеллект, нейросети, чертеж, эволюция, технологии, системы информационного моделирования.

Введение

Процесс архитектурного проектирования всегда был неотъемлемой частью человеческой деятельности, направленной на создание нового и улучшение существующего. В течение многих веков проектирование в таких областях, как архитектура, инженерия и строительство, осуществлялось исключительно вручную, что накладывало определённые ограничения на точность, скорость и возможность учёта всех факторов, необходимых для успешного завершения проектов. В этом контексте проектировщики сталкивались с проблемами, связанными с необходимостью многократных переработок, трудоёмкими расчётами и ограниченной возможностью визуализации конечного результата.

С развитием науки и технологий в XX и XXI веках процесс проектирования претерпел кардинальные изменения. Появление первых компьютерных технологий открыло новые горизонты для проектировщиков, позволяя значительно повысить скорость и точность проектирования. Одним из первых значимых шагов в этой эволюции стало внедрение систем автоматизированного проектирования (computer-aided design, CAD), которые заменили традиционные ручные инструменты, такие как карандаши и чертёжные доски. Это дало возможность создавать чертежи и планы с высокой точностью, а также легко редактировать их без необходимости полного изменения проектной документации. Однако это было лишь началом.

На следующем этапе развития технологии проектирования произошло внедрение концепции информационного моделирования зданий (building information modeling, BIM), которая изменила саму сущность проектирования. BIM-системы не только предоставили новые возможности для моделирования объектов в трёхмерном пространстве, но и интегрировали все аспекты проектной информации, от архитектурных и инженерных решений до логистики и стоимости. Этот шаг позволил проектировщикам работать с более полными и точными данными, минимизируя ошибки и повышая эффективность взаимодействия между различными участниками проекта.

С развитием цифровых технологий, таких как виртуальная и дополненная реальность, искусственный интеллект, а также методов автоматизации, процесс проектирования продолжает изменяться. Виртуальная реальность предоставляет возможность «погружаться» в проект до начала его реализации, а искусственный интеллект способствует оптимизации проектных решений, предсказывая возможные проблемы и предлагая пути их решения. Роботизация и 3D-печать начинают входить в процессы строительства, открывая новые перспективы для реализации проектов, которые ранее казались невозможными.

Традиционные методы проектирования

Традиционные методы проектирования, существовавшие до появления первых компьютерных технологий, были неотъемлемой частью архитектурного и инженерного процесса на протяжении веков. Этот подход основывался на ручном труде, когда проектировщики использовали исключительно физические инструменты, такие как карандаши, линейки, циркули и чертёжные доски. Ручное проектирование было как искусством, так и наукой, требующими от специалистов высокой квалификации, точности и терпения, а также значительных временных затрат. Каждый чертёж, каждая линия на бумаге требовали от проектировщика внимательности и сосредоточенности, что ограничивало скорость и эффективность работы.

Основные этапы традиционного проектирования начинались с концептуальных набросков, созданных вручную. Архитекторы и инженеры, опираясь на свои знания и представления, начинали рисовать общие формы будущего здания или объекта. Эти начальные эскизы могли быть достаточно абстрактными, служа основой для последующего детализированного проектирования. После того как общая концепция была определена, проектировщики переходили к созданию более точных и подробных чертежей, включая планы этажей, разрезы, фасады и детали конструкций. Чертёжные доски с линейками, угольниками и циркулями позволяли проектировщикам наносить все необходимые измерения и линии на бумагу с высокой точностью, но процесс был долгим и требовал большого внимания к деталям [1].

Один из ключевых элементов традиционного проектирования — это ручная коррекция и переработка чертежей. Из-за трудоёмкости процесса внесение изменений в уже готовые проекты было крайне сложным и отнимало много времени. При необходимости переноса или изменения масштаба проекта, либо корректировки ошибок, проектировщик должен был

переписывать значительные части работы или полностью переделывать чертёж. Иногда даже незначительные изменения в проекте требовали создания нового набора чертежей, что увеличивало временные и материальные затраты на проект. Этот процесс был не только трудоёмким, но и подверженным человеческим ошибкам, поскольку пересмотр чертежей вручную зачастую приводил к потерянным деталям или неверным пропорциям.

Кроме того, важным аспектом традиционного проектирования была ограниченность взаимодействия между участниками процесса. Архитекторы, инженеры, конструкторы и другие специалисты, работающие над проектом, часто использовали различные методики и подходы в разработке своих частей документации. Чертежи создавались независимо друг от друга, что влекло за собой проблемы интеграции различных частей проекта и их согласования. Например, архитектор мог разрабатывать архитектурную часть проекта, используя один стандарт, а инженер-конструктор — другой. Это приводило к сложностям в учёте всех факторов, таких как конструктивная устойчивость здания или правильность инженерных коммуникаций, что, в свою очередь, требовало дополнительных усилий по координации и интеграции всех элементов проекта.

Процесс проектирования также был ограничен физическими возможностями чертёжных инструментов. Чертёжные доски и инструменты ограничивали возможности проектировщика в создании сложных геометрических форм или выполнении сложных расчётов. Например, для моделирования сложных изогнутых форм или сложных многогранных конструкций требовалось большое количество времени и усилий, а точность таких работ зачастую страдала. Появление сложных деталей и нестандартных конструкций увеличивало время на их проектирование и повышало вероятность ошибок.

Традиционные методы проектирования имели и свои сильные стороны. Они развивали у специалистов навыки точности, умения работать с инструментами и внимание к деталям. Архитекторы и инженеры, работая вручную, осознавали весь процесс создания проекта, что позволяло им лучше понимать взаимосвязь различных частей и компонентов будущего объекта. Это стимулировало творческий подход, развитие инженерной интуиции и глубокое понимание сути проектируемого объекта. В ряде случаев именно использование ручных методов позволяло проектировщикам добиться тех решений, которые не всегда можно было бы представить в рамках более ограниченных компьютерных технологий на более поздних этапах.

Однако, несмотря на все преимущества и достижения, традиционное проектирование имело свои ограничения. Ограниченная скорость и высокая вероятность ошибок, недостаточная гибкость при внесении изменений и отсутствие удобных методов взаимодействия между различными специалистами привели к необходимости внедрения новых инструментов и технологий. Эти проблемы стали очевидными с развитием научных и инженерных знаний, а также с увеличением сложности и масштабности проектов.

Таким образом, традиционные методы проектирования сыграли важную роль в истории архитектуры и инженерии, но их ограничения стали основным стимулом для поиска новых, более эффективных и точных методов. Переход к использованию компьютерных технологий и автоматизированных систем проектирования стал логичным шагом в эволюции проектного процесса, открыв новые возможности для повышения точности, скорости и качества проектирования [1].

Переход к компьютерным технологиям. Появление САД-систем

Вторая половина XX века стала временем интенсивного технологического прогресса, который затронул все сферы человеческой

деятельности, включая проектирование. Переход от традиционных методов к компьютерным технологиям в проектировании был обусловлен рядом факторов, таких как необходимость ускорения процессов, повышения точности и оптимизации работы, а также стремление к созданию более сложных и детализированных проектов. Одним из важнейших этапов в эволюции проектирования стало внедрение компьютерных технологий, в частности, появление и массовое распространение систем автоматизированного проектирования — CAD (Computer-aided Design).

Системы CAD появились в начале 1960-х годов [2], но их широкое использование в проектировании стало возможным только в 1980-х годах, когда компьютерные технологии и программное обеспечение значительно улучшились. В отличие от традиционных методов, при которых проектировщик создавал чертежи вручную, CAD-системы позволили полностью автоматизировать этот процесс. Основной особенностью CAD была способность создавать точные и детализированные чертежи с помощью компьютера, что значительно сокращало время работы, а также улучшало точность и уменьшало вероятность ошибок.

Одним из первых значительных шагов на пути к внедрению CAD стало использование графических терминалов и специализированных компьютеров, предназначенных для проектирования. Эти устройства позволяли проектировщикам работать с чертежами в цифровом виде, облегчая процесс внесения изменений и улучшая визуализацию. В то время как традиционное проектирование требовало постоянного использования карандаша и бумаги, CAD-системы позволяли работать с проектами в электронном виде, что ускоряло процесс разработки и облегчало обмен информацией между участниками проекта [3].

С появлением первых коммерческих CAD-систем, таких как AutoCAD (1982), архитекторы и инженеры получили инструменты, которые позволяли

значительно улучшить качество проектирования. Процесс проектирования с помощью AutoCAD представлен на рис.1. В отличие от чертежных досок, CAD-системы предоставляли возможность легко вносить изменения в проект, не начиная работу с нуля. Увеличение точности и скорости создания чертежей позволило проектировщикам создавать более сложные и детализированные проекты, а также упрощало работу с масштабами и пропорциями.

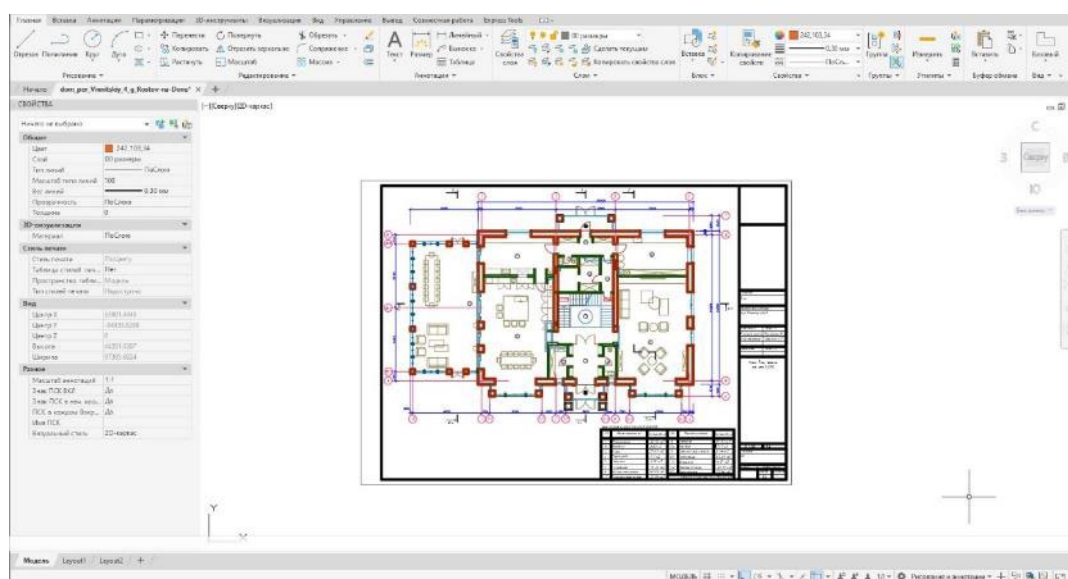


Рис. 1. – Процесс проектирования с использованием AutoCAD

Особое значение для внедрения CAD-систем имело увеличение вычислительных мощностей и появление новых методов обработки графической информации. В 1980-1990-е годы компьютерная графика стремительно развивалась, и стала возможной работа с трехмерными моделями, что позволило улучшить визуализацию проектируемых объектов. Процесс проектирования теперь включал не только двухмерные чертежи, но и трёхмерные модели, что значительно повышало понимание конечного результата.

Одним из важнейших преимуществ CAD-систем была возможность быстрого внесения изменений в проект. Если в традиционном проектировании ошибка на одном чертеже могла потребовать переписывания всего комплекта документов, то с CAD достаточно было внести изменения в одну модель, и все

остальные части проекта автоматически подстраивались под новые данные. Это обеспечивало более высокую гибкость и ускоряло процесс работы. Например, если архитектор изменял размеры здания или конфигурацию помещений, САД-система мгновенно пересчитывала все размеры и элементы, связанные с этим, и обновляла чертежи.

Тем не менее, несмотря на все преимущества, первые версии САД-систем имели свои ограничения. В начале 1980-х годов компьютерные мощности и графические интерфейсы были относительно слабы, что ограничивало возможности программного обеспечения. Внесение изменений в трехмерные модели было сложным и требовало значительных вычислительных ресурсов. Более того, многие ранние системы были сложными в использовании и требовали от проектировщиков весомых усилий для освоения.

Со временем САД-системы развивались, и на рынке появились более мощные, универсальные и удобные программы. Программное обеспечение, такое как AutoCAD, ArchiCAD, MicroStation, AllPlan и CADdy предоставляло проектировщикам гораздо более широкий спектр инструментов для создания чертежей, моделей, расчётов и визуализаций. В то время как в 1980-х годах САД-системы были в основном инструментами для создания чертежей, к 2000-м годам они начали включать в себя функционал для создания сложных 3D-моделей, а также информацию о материалах и их свойствах. САД-системы принуждали архитектора при создании проекта мыслить не только образами, но и для изготовления чертежей необходимо было представлять эти образы в виде геометрических фигур, поскольку все системы были основаны на использовании геометрических примитивов [2].

С развитием интернета и сетевых технологий появился новый уровень взаимодействия между участниками проектирования. САД-системы стали поддерживать возможности для совместной работы в реальном времени, что

ещё больше повысило эффективность и сокращение временных затрат. Важно отметить, что с каждым новым поколением программного обеспечения для проектирования повышалась точность, возможность интеграции с другими системами (например, для расчётов) и удобство использования.

Переход к САД-системам стал поворотным моментом в истории проектирования, поскольку открыл новые возможности для работы с проектами, увеличил точность и скорость, а также способствовал более эффективному сотрудничеству между специалистами. Несмотря на то, что использование САД-систем стало неотъемлемой частью проектного процесса, они продолжали развиваться и вскоре уступили место следующим технологиям, среди которых Building Information Modeling (BIM) будет одним из самых значимых [1-3].

Технологическое развитие: проектирование с помощью BIM

После того как системы САД преобразовали процесс проектирования, появление концепции Building Information Modeling (далее BIM) стало следующим этапом революции в проектировании, который значительно расширил возможности для создания и управления проектами. BIM представляет собой не просто новый инструмент для создания чертежей или моделей, а комплексный подход к проектированию, который охватывает весь жизненный цикл объекта — от начальной концепции до эксплуатации и сноса. В отличие от САД, который сосредоточен на создании двумерных или трёхмерных чертежей, BIM интегрирует всю информацию, связанную с проектом, в единую модель и обеспечивает тесное взаимодействие между всеми участниками проекта.

Система BIM представляет собой многомерный подход, в рамках которого создаётся не только визуальная 3D-модель здания или объекта, но и вся необходимая информация, связанная с его проектированием, строительством и эксплуатацией. Каждый отдельный элемент модели — будь

то стена, окно, дверь, трубопровод или вентиляция — имеет привязку к определённой информации: размерам, материалам, стоимости, срокам службы, характеристикам и даже информации о процессе монтажа. Это позволяет создавать точные и полные цифровые двойники объектов, которые можно использовать на разных стадиях их жизненного цикла [4].

Ключевой особенностью BIM является способность поддерживать интеграцию и взаимодействие между различными участниками проекта: архитекторами, инженерами, строителями, заказчиками и эксплуатационными службами. В BIM-системах все специалисты работают с единой моделью, где изменения, внесённые одним участником, автоматически обновляют модель для других, обеспечивая точность и актуальность всей информации. Процесс проектирования с помощью одной из BIM-систем – ArchiCAD – представлен на рис.2.

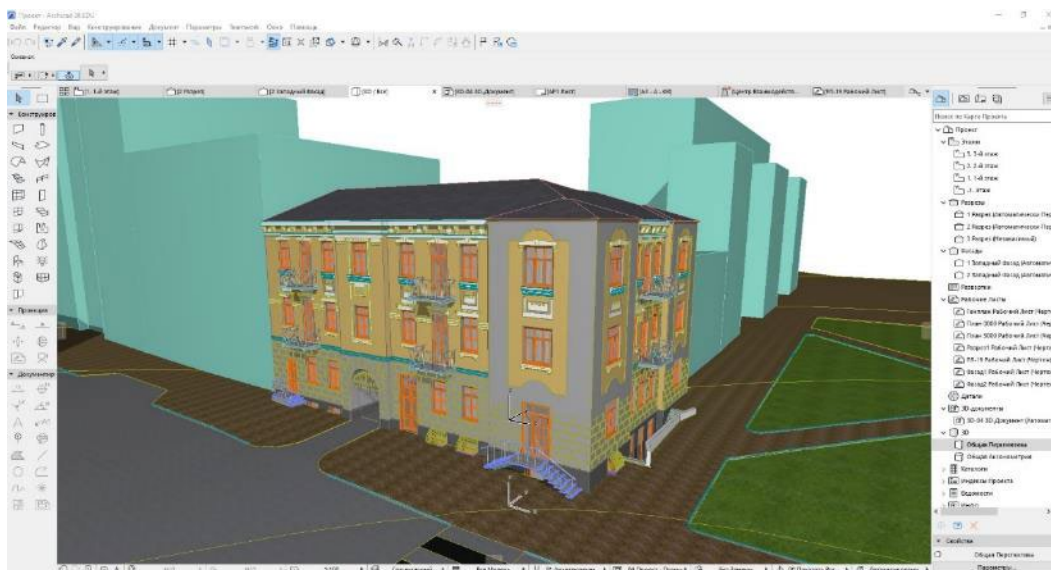


Рис. 2. – Процесс проектирования объекта с помощью ArchiCAD

Одним из основных принципов BIM является принцип «информационной» модели, где данные о проектируемом объекте собираются и хранятся в единой базе данных, связанной с его геометрической моделью. Это позволяет не только визуализировать проект, но и управлять данными на протяжении всего жизненного цикла объекта. Модели, созданные с

использованием BIM, становятся виртуальными копиями реальных объектов, что дает возможность прогнозировать поведение конструкции, а также анализировать её эксплуатационные характеристики [4].

Преимущества BIM-систем очевидны на всех этапах проектирования и строительства. С помощью BIM можно проводить симуляции и анализы на самых ранних стадиях, выявлять потенциальные проблемы и конфликты до начала строительства. Например, с помощью встроенных инструментов можно провести анализ энергоэффективности здания, проверить сейсмическую устойчивость, оценить стоимость материалов и труда, а также рассчитать срок службы различных конструкций. Внедрение таких инструментов позволяет минимизировать риски и значительно снизить количество ошибок, которые могут быть обнаружены только на этапе строительства.

Применение BIM-систем значительно улучшает не только проектирование, но и управление строительством. Встроенные инструменты для планирования и моделирования позволяют точнее оценивать время и ресурсы, необходимые для выполнения тех или иных этапов. Это способствует более точному составлению графиков строительства и сокращению времени на выполнение работ. Например, с помощью BIM можно оценить продолжительность монтажа каждой детали, а также предусмотреть возможные задержки, связанные с поставками материалов или погодными условиями.

BIM активно используется для оптимизации стоимости проекта. Внедрение этой технологии позволяет более точно рассчитывать затраты на материалы, труд и оборудование, а также выявлять потенциальные пути сокращения расходов без ущерба для качества и безопасности. Точные данные о стоимости и расходах, собранные в процессе проектирования, позволяют

заказчику и строителям более эффективно управлять бюджетом, минимизировать перерасходы и избегать непредвиденных затрат.

С использованием BIM значительно повышается качество эксплуатации зданий и сооружений. Модели, созданные на этапе проектирования, могут быть использованы в процессе эксплуатации для мониторинга состояния объекта, проведения ремонтных и профилактических работ. Например, точная информация о системе отопления, вентиляции и кондиционирования позволяет быстро находить и устранять неисправности, а также планировать работы по обслуживанию с учётом реального состояния системы.

С момента своего появления BIM-системы значительно эволюционировали. В начале своего развития BIM был ориентирован в основном на архитектурные и инженерные задачи, но с течением времени его возможности расширились и на другие сферы, такие как управление строительством, управление жизненным циклом здания и даже анализ экологических факторов. На сегодняшний день BIM включает в себя не только проектирование, но и процессы строительства, эксплуатации и даже сноса объекта.

Современные BIM-системы активно интегрируются с другими цифровыми технологиями, такими как геоинформационные системы (ГИС), системы управления проектами, а также с инструментами для моделирования и симуляции. Это позволяет создать ещё более точные и комплексные цифровые двойники зданий, которые могут использоваться для различных целей на протяжении всего их жизненного цикла.

Основной проблемой использования BIM в архитектурном проектировании является отсутствие стандартизации его применения. Множество программных решений, различие в подходе к работе у специалистов, различие в законодательстве стран и регионов проектирования

приводят к снижению эффективности применения данного метода проектирования [5].

С развитием технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, будущее BIM обещает стать ещё более интеллектуальным. Например, системы смогут автоматически анализировать проектные данные и предсказывать возможные проблемы или оптимальные решения в реальном времени. В ближайшем будущем BIM может стать основой для полной автоматизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации объектов, что приведёт к ещё большему сокращению затрат и времени на их реализацию [4-6].

Новейшие технологии: анализ возможностей применения

На сегодняшний день наиболее перспективным направлением в развитии технологий является внедрение в рабочие процессы систем, основанных на искусственном интеллекте. Применение подобных систем в задачах, стоящих перед проектировщиками, позволяет достигать результата значительно быстрее без потерь в качестве. Системы, основанные на искусственном интеллекте (нейросети), могут применяться на различных этапах процесса проектирования, позволяя, например, производить сложные расчеты со значительно меньшими затратами во времени, ускорять процессы визуализации проектируемых объектов и многое другое. Также сегодняшний уровень развития технологий позволяет разрабатывать фотореалистические изображения или виртуальные пространства, позволяющие в полной мере оценить проектируемые объекты, создавая целое направление в проектировании – архитектурную визуализацию [6-7].

Благодаря развитию технологий, уже сегодня можно рассматривать новые возможности совершенствования процесса проектирования. Например, внедрение архитектурной визуализации на начальном этапе проектирования, разрабатывая с ее помощью концептуальные предложения, позволяющие

точно оценить предлагаемые архитектурные решения в виртуальной среде, максимально приближенной к реальности. Пример создания проектных предложений с помощью средств архитектурной визуализации представлен на рис.3.



Рис. 3. – Варианты проектного предложения, выполненные с помощью инструментов архитектурной визуализации

На сегодняшний день системы искусственного интеллекта находятся в начале своего технологического развития. Исходя из значимости архитектурной науки как одной из важнейших в современном мире, область применения нейросетей на данный момент мало изучена. Применение систем искусственного интеллекта сегодня сосредоточено на анализе большого объема данных, генерации изобразительного материала, а также математических расчетов. Однако уже сегодня внедрение нейросетей начинает менять мыслительный процесс архитектора, позволяя на начальном этапе проектирования создавать архитектурные концепции в неограниченном количестве вариантов с минимальными затратами человеческих ресурсов.

В эпоху распространения искусственного интеллекта архитектор играет ключевую роль в обеспечении его ответственного и этичного внедрения в архитектурную практику, что позволит максимально раскрыть возможности искусственного интеллекта для решения различных проблем и задач. Будущие

исследования могут быть направлены на оптимизацию использования нейросетей в архитектурной практике и обновление текущих программных решений, а также создание новых с использованием систем искусственного интеллекта [8-10].

Литература

1. Артюхов А. И., Павлова А. А. Гармония языка традиционной ручной графики с приемами новых электронных технологий // Преподаватель XXI век. 2012. №3. URL: cyberleninka.ru/article/n/garmoniya-yazyka-traditsionnoy-ruchnoy-grafiki-s-priemami-novyh-elektronnyh-tehnologiy/viewer (дата обращения: 19.11.2024).

2. Ильевская М. М. Технологии проектирования как комплексный фактор развития архитектуры постсоветского периода // Architecture and Modern Information Technologies. 2022. №3(60). Сс. 65–73 с. URL: https://marhi.ru/AMIT/2022/2kvart22/PDF/04_ilyevskaya.pdf. DOI: 10.24412/1998–4839-2022-3-65-73.

3. Каган П. Б., Гудков П. К. Информационное моделирование зданий и традиционное проектирование с применением сапр // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2017. №9. URL: dspace.bstu.ru/jspui/handle/123456789/3157.

4. Шеина С. Г., Мищенко В. Я., Сергеев Ю. Д., Сергеева А. Ю., Мясичев Р. Ю. Анализ объективности применения BIM-технологий в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2024. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9136.

5. Петров К. С., Кузьмина В. А., Федорова К. В. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологии) // Инженерный вестник Дона. 2017. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4057.

6. Сапрыкина Н. А., Сапрыкин И. А. «Безбумажная» архитектура в контексте виртуальной реальности // Architecture and Modern Information Technologies. 2012. Спецвыпуск. URL: marhi.ru/AMIT/2012/special_12/saprykina/saprykina1.pdf.

7. Тимохин М. Ю., Шаранин В. Ю. Искусственный интеллект и теория принятия решений: современные тенденции // Инженерный вестник Дона. 2023. №10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8746.

8. Власова Е. Л., Власова М. Л., Боровикова Н. В., Карелин Д. В. Искусственный интеллект в архитектурно градостроительном проектировании // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. №4(65). Сс. 311–324 с. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/4kvart23/PDF/20_vlasova.pdf DOI: 10.24412/1998–4839-2023-4-311-324.

9. Gueorguiev, V. and D. Georgieva, 2008. Architectural Visualization: Understandings and Misunderstandings. International Scientific Conference in Computer Science. URL: www.researchgate.net/publication/268441478_Architectural_Visualization_Understandings_and_Misunderstandings.

10. Smith, B.L., 2012. 3ds Max Design Architectural Visualization: For Intermediate Users. CRC Press.

References

1. Artyukhov A. I., Pavlova A. A. Prepodavatel' XXI vek. 2012. №3. Available at: cyberleninka.ru/article/n/garmoniya-yazyka-traditsionnoy-ruchnoy-grafiki-s-priemami-novyh-elektronnyh-tehnologiy/viewer.

2. Il'evskaya M. M. Architecture and Modern Information Technologies. 2022. №3(60). Pp. 65–73 p. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2022/2kvart22/PDF/04_ilyevskaya.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2022-3- 65-73.



3. Kagan P. B., Gudkov P. K. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova. 2017. №9. Available at: dspace.bstu.ru/jspui/handle/123456789/3157.
4. Sheina S. G., Mishchenko V. Ya., Sergeev Yu. D., Sergeeva A. Yu., Myasishchev R. Yu. Inzhenernyy vestnik Dona. 2024. №4. Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2024/9136.
5. Petrov K. S., Kuz'mina V. A., Fedorova K. V. Inzhenernyy vestnik Dona. 2017. №2. Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4057.
6. Saprykina N. A., Saprykin I. A. Architecture and Modern Information Technologies. 2012. Spetsvypusk. Available at: marhi.ru/AMIT/2012/special_12/saprykina/saprykina1.pdf.
7. Timokhin M. Yu., Sharanin V. Yu. Inzhenernyy vestnik Dona. 2023. №10. Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2023/8746.
8. Vlasova E. L., Vlasova M. L., Borovikova N. V., Karelin D. V. Architecture and Modern Information Technologies. 2023. №4(65). Pp. 311–324 p. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2023/4kvart23/PDF/20_vlasova.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-4-311-324.
9. Gueorguiev, V., D. Georgieva. 2008. International Scientific Conference in Computer Science. Available at: www.researchgate.net/publication/268441478_Architectural_Visualization_Understandings_and_Misunderstandings.
10. Smith, B.L., 2012. 3ds Max Design Architectural Visualization: For Intermediate Users. CRC Press.

Дата поступления: 20.12.2024

Дата публикации: 3.02.2025