

ЦИФРОВАЯ ТЕМПОРАЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА «КРАСНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК»: МЕТОДИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Туляков Сергей Германович

магистрант, Санкт-Петербургская академия художеств, РФ, г. Санкт-Петербург

Гришин Сергей Фёдорович

научный руководитель, канд. архитектуры, доцент, Санкт-Петербургская академия художеств, РФ, г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе представлена оригинальная методика цифровой темпоральной реконструкции исторического промышленного комплекса «Красный треугольник». Разработанный подход позволяет визуализировать пространственно-временную эволюцию архитектурного ансамбля, что создает основу для формирования концепции приспособления исторического комплекса.

Abstract. The article presents an original method of digital temporal reconstruction of the historical industrial complex "Red Triangle". The developed approach allows for a clear visualization of the spatio-temporal evolution of the architectural ensemble, which creates the basis for the formation of a concept for the adaptation of the historical complex.

Ключевые слова: цифровая темпоральная реконструкция; промышленное наследие; параметрическое моделирование; историческая архитектура; реставрация; HBIM.

Keywords: digital temporal reconstruction; industrial heritage; parametric modeling; historical architecture; restoration; HBIM.

Введение

Комплекс зданий Товарищества Российско-Американской резиновой мануфактуры «Треугольник» в Санкт-Петербурге является ценным образцом промышленной архитектуры, включающим более 200 построек различных периодов с 1860-х по 1917 год [1, с.4]. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью разработки эффективных цифровых инструментов для комплексного анализа исторической промышленной архитектуры.

Степень изученности цифровых методов в области архитектурного наследия демонстрирует определенный прогресс, однако темпоральный аспект часто остается за рамками исследований [2, с.15]. Зарубежные авторы активно развивают направление HBIM (Heritage Building Information Modeling), но преимущественно фокусируются на фиксации существующего состояния объектов без анализа их исторической эволюции [3, с.91].

Цель исследования состоит в разработке и апробации методики цифровой темпоральной реконструкции комплекса «Красный треугольник» для выявления закономерностей его пространственно-временной эволюции.

Этапы

Методологические основы цифровой темпоральной реконструкции

Разработанная методика цифровой темпоральной реконструкции основана на интеграции трех программных платформ: Airtable (база данных), Grasshopper (алгоритмическое моделирование) и Revit (информационное моделирование).

Первым этапом процесса является создание структурированной базы данных в Airtable с информацией о каждом здании комплекса, полученной из архивных материалов ЦГИА СПб. База данных организована по хронологическому принципу с детальной атрибуцией каждого объекта по времени создания, конструктивным особенностям и функциональному назначению. Особое внимание уделяется верификации данных и указанию степени достоверности информации, что критически важно при работе с фрагментарными архивными источниками.

Второй этап включает разработку специализированного скрипта в среде Grasshopper, который взаимодействует с API Airtable для автоматического извлечения данных и их преобразования в параметрическую модель. Алгоритм обеспечивает динамическую связь между базой данных и геометрической моделью, позволяя мгновенно отражать изменения в данных на трехмерном представлении комплекса. Параметрическая модель построена таким образом, что позволяет визуализировать различные временные срезы развития комплекса.

Третий этап предполагает интеграцию разработанной модели в Revit через плагин Rhino Inside для создания полноценной информационной модели с хронологическими параметрами. Данный подход позволяет сочетать преимущества алгоритмического моделирования Grasshopper с возможностями BIM-технологий Revit, создавая основу для дальнейшего проектирования. Информационная модель включает не только геометрические характеристики зданий, но и их семантические свойства, связанные с историческими периодами.

Заключительный этап представляет собой анализ полученной модели с выделением ключевых типологических элементов и узлов комплекса. Анализ проводится с использованием инструментов пространственного анализа, позволяющих выявить закономерности развития комплекса и определить наиболее значимые элементы для дальнейшей ревитализации.

Структура временной базы данных

База данных включает детализированную информацию о 156 объектах комплекса, систематизированную по специально разработанной структуре. Хронологические данные зафиксированы с точностью до года в диапазоне от 1860 до 1917 года, что позволяет проследить весь период активного формирования комплекса. Каждая запись содержит точную датировку строительства, реконструкций и возможных утрат, основанную на архивных документах и проектных чертежах.

Архитектурно-типологические характеристики включают подробное описание планировочных и объемных решений зданий. Особое внимание уделено выявлению типологических групп: линейных производственных корпусов, башенных сооружений, вспомогательных построек и переходов между зданиями. Данная классификация позволяет анализировать эволюцию типологических решений на протяжении всего периода развития комплекса.

Конструктивные системы и материалы документированы с указанием особенностей несущих конструкций, материалов стен и перекрытий. Прослеживается эволюция от традиционных кирпичных конструкций к металлическому каркасу и железобетонным системам, что отражает общие тенденции развития промышленной архитектуры конца XIX - начала XX века.

Функциональные назначения зданий фиксируются с указанием первоначального назначения и последующих изменений функций. Эта информация критически важна для понимания логики пространственного развития комплекса и взаимосвязей между различными производственными процессами.

Авторство архитекторов и подрядчиков документируется на основе архивных данных, что позволяет проследить вклад различных специалистов в формирование архитектурного облика комплекса. Особое внимание уделено творчеству таких архитекторов, как Р.Р. Генрихсен, Э.Г. Юргенс, Р.А. Гедике, работавших на различных этапах развития комплекса.

Источники информации указываются с детальным описанием степени достоверности данных. Каждый элемент комплекса получает временную атрибуцию, позволяющую отслеживать его появление, модификации и возможную утрату в хронологической последовательности.

Алгоритм параметрического моделирования

В среде Grasshopper создается параметрическая модель, использующая данные из Airtable через API-интеграцию. Алгоритм построен по модульному принципу, что обеспечивает гибкость системы и возможность ее адаптации для других объектов исследования.

Автоматический импорт и обновление временных данных осуществляется через специально разработанные компоненты, которые устанавливают прямую связь с базой данных Airtable. Система обеспечивает динамическое обновление модели при внесении изменений в базу данных, что критически важно в процессе исследования, когда постоянно уточняются и дополняются исторические сведения.

Генерация трехмерной геометрии зданий происходит на основе архивных планов и исторических описаний через систему параметрических правил. Алгоритм интерпретирует двумерные архивные чертежи и преобразует их в объемные модели с учетом типологических особенностей промышленной архитектуры рассматриваемого периода. Особое внимание уделяется корректному воспроизведению пропорций и масштабных соотношений исторических зданий.

Визуализация процессов трансформации реализована через систему временных слайдеров, позволяющих осуществлять пошаговый просмотр эволюции комплекса. Пользователь может выбрать любой год в диапазоне 1860-1917 и увидеть состояние комплекса на этот момент, включая все существовавшие здания и их конструктивные особенности. Данная функция особенно ценна для понимания логики пространственного развития и выявления ключевых этапов формирования ансамбля.

Анализ пространственных связей между объектами в различные периоды осуществляется через специальные аналитические компоненты, которые вычисляют расстояния, взаимную видимость, функциональные связи между зданиями. Это позволяет выявить закономерности в размещении новых корпусов и понять принципы планировочной организации комплекса на различных этапах его развития.

Результаты апробации методики

Применение разработанной методики к комплексу «Красный треугольник» позволило получить системные знания об эволюции этого уникального промышленного ансамбля.

Выявлены три основных этапа пространственного развития комплекса, каждый из которых характеризуется специфическими архитектурно-планировочными решениями.

Ранний период (1860-1870-е гг.) отмечен формированием первичной структуры комплекса вокруг компактного производственного ядра с характерной замкнутой планировочной организацией. В этот период были заложены основные принципы пространственной организации, включая систему внутренних дворов и основные композиционные оси.

Средний период (1880-1900-е гг.) характеризуется активным расширением производства и существенным увеличением масштаба застройки. Анализ темпоральной модели показал, что расширение происходило по четко выраженным направлениям, с сохранением функциональных связей между различными производственными зонами. В этот период формируется характерная линейная структура комплекса вдоль Обводного канала.

Поздний период (1900-1917 гг.) связан с технологическим прорывом и завершением формирования целостного архитектурного ансамбля. Цифровая реконструкция позволила проследить, как внедрение новых конструктивных технологий влияло на пространственную организацию комплекса и приводило к созданию более крупных и сложных архитектурных форм.

Анализ эволюции конструктивных систем выявил закономерный переход от традиционных кирпичных несущих стен к металлическому каркасу, а затем к железобетонным конструкциям. Темпоральная модель наглядно демонстрирует, как технологические инновации постепенно внедрялись в структуру комплекса, начиная с наиболее ответственных и крупных зданий. Особый интерес представляет анализ развития системы внутренних коммуникаций, включая переходы между корпусами и галереи, которые формировали единую функциональную систему.

Определены четыре ключевых типологических узла комплекса, каждый из которых обладает специфическими характеристиками и потенциалом для ревитализации. Производственные корпуса с внутренними дворами представляют наибольший объем застройки и демонстрируют характерную эволюцию от замкнутых каре к более сложным планировочным структурам. Система переходов между корпусами образует уникальную трехмерную коммуникационную сеть, не имеющую аналогов в промышленной архитектуре Санкт-Петербурга. Водонапорные башни выполняют роль композиционных доминант и важных вертикальных ориентиров в структуре комплекса.

Преимущества цифрового подхода

Сравнительный анализ с традиционными методами исследования показал существенные преимущества разработанной методики цифровой темпоральной реконструкции. Возможность работы с неполными и фрагментарными данными представляет особую ценность при исследовании исторических объектов, где архивные материалы часто сохраняются не в полном объеме. Разработанная система позволяет интегрировать информацию различной степени достоверности и наглядно показывать области неопределенности. Параметрическая модель может функционировать даже при отсутствии части данных, используя типологические аналогии и интерполяцию для восполнения пробелов.

Визуализация гипотетических реконструкций исторических состояний открывает новые возможности для научного анализа и верификации исторических гипотез. Исследователь может создавать и сравнивать различные варианты реконструкции, основанные на альтернативных интерпретациях архивных данных. Это особенно важно для случаев, когда документальные свидетельства противоречивы или допускают множественную трактовку.

Выявление скрытых пространственных закономерностей развития становится возможным благодаря инструментам пространственного анализа, интегрированным в цифровую модель. Система способна автоматически выявлять паттерны в размещении зданий, их ориентации, функциональных связях, которые могли остаться незамеченными при традиционном анализе. Количественные методы анализа позволяют обнаружить математические закономерности в развитии комплекса.

Создание основы для научно обоснованных проектных решений по ревитализации обеспечивается интеграцией исторического анализа с современными инструментами архитектурного проектирования. Темпоральная модель может служить отправной точкой для разработки концепций приспособления исторических зданий, позволяя учесть все этапы их эволюции и выявить наиболее ценные элементы для сохранения.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке методики, позволяющей анализировать временные аспекты архитектурного наследия [4, с.290]. Данный подход расширяет традиционные представления о методах исследования исторической архитектуры, интегрируя в них достижения современных цифровых технологий. Практическая ценность состоит в возможности применения результатов для формирования научно обоснованных подходов к ревитализации комплекса «Красный треугольник», а также других объектов промышленного наследия.

Заключение

Разработанная методика цифровой темпоральной реконструкции представляет собой инновационный подход к исследованию архитектурного наследия, позволяющий анализировать его пространственно-временную эволюцию с беспрецедентным уровнем детализации. Интеграция исторических данных в параметрическую модель через связку Airtable – Grasshopper – Rhino Inside Revit создает мощный инструментарий для комплексного изучения сложных многослойных объектов.

Применение данной методики к комплексу «Красный треугольник» не только позволило выявить ключевые типологические узлы для дальнейшей ревитализации, но и продемонстрировало возможности цифрового подхода для решения фундаментальных исследовательских задач в области архитектурного наследия. Полученные результаты существенно дополняют традиционные методы историко-архитектурного анализа, предоставляя новые инструменты для работы с темпоральными аспектами архитектуры.

Научная новизна разработанной методики заключается в создании интегрированной системы, которая объединяет возможности современных цифровых технологий для создания четырехмерной модели архитектурного комплекса. Такой подход позволяет не только документировать существующее состояние объектов, но и визуализировать их эволюцию во времени, что открывает новые горизонты для понимания закономерностей развития исторической архитектуры.

Практическая значимость исследования подтверждается возможностью использования полученных результатов в реальных проектах ревитализации промышленного наследия. Темпоральная модель комплекса «Красный треугольник» может служить научной основой для принятия обоснованных решений о сохранении, реставрации и приспособлении исторических зданий.

Перспективы дальнейших исследований связаны с совершенствованием алгоритмов параметрического моделирования и внедрением технологий машинного обучения для автоматизации процессов анализа архивных данных. Расширение применения разработанной методики на другие объекты промышленного наследия позволит создать типологическую базу знаний об эволюции промышленной архитектуры. Представленный подход может стать основой для развития новых междисциплинарных методов исследования и проектирования в области архитектурного наследия, объединяющих достижения цифровых технологий, истории архитектуры и реставрационной науки.

Список литературы:

1. Кашеварова, Г.Г. Информационное моделирование зданий и классификация архитектурных элементов для объектов культурного наследия / Г.Г. Кашеварова, А.Е. Семина // Academia. Архитектура и строительство. — 2022. — С. 4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-modelirovanie-zdaniy-i-klassifikatsiya-arhitekturnyh-elementov-dlya-obektov-kulturnogo-naslediya> (дата обращения: 22.04.2025).
2. Бенжор, Т. Моделирование информации о наследии зданий (HBIM) для сохранения наследия: структура проблем, пробелов и существующих ограничений HBIM / Т. Бенжор, С. Ганихашеми, Г. Хаджирасули, М. Голзад // Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. — 2024. — Т. 35. — DOI: 10.1016/j.daach.2024.e00366, P.1-15.
3. Murphy M., McGovern E., Pavia S. Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2013. Vol. 76. P. 89-102.
4. Стефани Ф., Де Лука Т., Верон Г., Флоренцано М. Рассуждения о пространственно-временных изменениях: подход к моделированию временного измерения в архитектурном наследии // IADIS International Conference Computer Graphics and Visualization. 2008. С.

287-292.

5. Штиглиц, М.С. Промышленная архитектура Петербурга / М.С. Штиглиц. — СПб.: Коло, 2005. — 416 с.

6. Семенов, С.В. Этапы формирования пространственной среды Санкт-Петербурга / С.В. Семенов // Вестник гражданских инженеров. — 2006. — № 4(9). — С. 15-20.