

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ/ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES. CREATIVE CONCEPTS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.3>

ПРИМЕНЕНИЕ И РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ

Научная статья

Ли Х.^{1,*}, Соловьева А.В.²^{1,2} Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (1032229205[at]pfur.ru)

Аннотация

В этой статье мы подробно рассмотрим применение и развитие параметрического проектирования в деревянном строительстве, проанализируем его технические характеристики, методы проектирования, типичные примеры и будущие тенденции развития. С быстрым развитием цифровых технологий параметрический дизайн, как инновационный метод, находит широкое применение в области проектирования и строительства зданий. В области деревянного строительства параметрическое проектирование не только сохраняет суть традиционного деревянного зодчества, но и дает ему новые возможности в архитектуре и эффективности строительства с помощью цифровых средств. В то же время применение параметризованного проектирования в деревянных зданиях также способствует устойчивому развитию строительной отрасли.

Ключевые слова: деревянные здания, параметрическое проектирование, цифровое моделирование, алгоритмы оптимизации, инновационный дизайн.

APPLICATION AND DEVELOPMENT OF PARAMETRIC DESIGN OF WOODEN BUILDINGS

Research article

Li H.^{1,*}, Solovyova A.V.²^{1,2} Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (1032229205[at]pfur.ru)

Abstract

In this article, we will take a detailed look at the application and development of parametric design in timber construction, analyze its technical characteristics, design methods, typical examples and future development trends. With the rapid development of digital technology, parametric design, as an innovative design method, is widely applied in the field of building design and construction. In the field of timber construction, parametric design not only preserves the essence of traditional timber construction, but also brings new design capabilities and construction efficiency through digital means. At the same time, the application of parameterized design in wooden buildings also contributes to the sustainable development of the construction industry.

Keywords: wooden buildings, parametric design, digital modeling, optimization algorithms, innovative design.

Введение

Как объем здания с длительной историей и множеством характеристик, деревянный каркас по-прежнему демонстрирует неповторимое очарование и потенциал применения в современной строительной сфере. С быстрым развитием науки и техники, непрерывным обновлением различных архитектурных концепций — параметрика, как передовой метод, постепенно меняет процесс и режим проектирования деревянных каркасных зданий.

В данной статье на основе всестороннего анализа состояния международных исследований, теоретических основ, примеров применения и других аспектов, параметрическое проектирование первоначально изучается в повышении эффективности, точности и инновационности проектирования деревянных каркасных зданий. В результате исследования выяснилось, что параметрическое проектирование с помощью цифрового моделирования, алгоритмов оптимизации и автоматизированных методов строительства может не только эффективно создавать сложные и разнообразные формы деревянных зданий, но и эффективно оптимизировать характеристики здания, снижать затраты и удовлетворять конкретные требования к дизайну. Все это способствует развитию инноваций в проектировании современных деревянных зданий и интегрирует их в современную строительную систему, способствуя устойчивому развитию строительной отрасли.

Основная часть. Проблемы и современное состояние

1.1. Характеристики параметрического проектирования

Параметрическое проектирование — это инновационный метод, основанный на параметрических моделях, который делает процесс проектирования более гибким и регулируемым за счет параметризации формы, размера, материала и других атрибутов здания. Основная идея параметрического проектирования заключается в том, чтобы превратить процесс проектирования в вычислительный процесс вариаций параметров и корреляций, чтобы генерировать разнообразные проектные решения [1].

Параметрическое проектирование обладает следующими характеристиками:

Гибкость: регулируя параметры, можно быстро генерировать различные проектные решения для повышения эффективности проектирования.

Точность: параметрическое проектирование позволяет достичь высокой точности управления проектированием и уменьшить количество человеческих ошибок.

Повторяемость: процесс проектирования может быть записан и повторен, что облегчает оптимизацию проектирования и контроль версий.

Совместная работа: команды могут работать вместе, а разные команды могут одновременно работать над одним и тем же проектом.

Адаптивность: параметрическое проектирование может быть адаптировано к различным потребностям и условиям и обладает высокой степенью адаптивности.

1.2. Характеристики деревянных каркасных зданий и необходимость параметрического проектирования

Деревянные здания — это здания, построенные с использованием дерева в качестве основного строительного материала и с применением определенных конструктивных форм и соединений. Деревянные конструкции можно разделить на древние деревянные конструкции и современные деревянные конструкции [2], традиционные деревянные конструкции в основном полагаются на ручную работу и накопление опыта, проектирование и строительство процесс более сложный, и большинство бревен или пиломатериалов в качестве основного материала, размер компонента является большим, материал больше зависит от природных лесных ресурсов, трудно реализовать крупномасштабное производство.

Современное деревянное каркасное строительство, однако, благодаря индустриализации производства и технологическим инновациям, не только повышает эффективность производства и контроль качества, но и сохраняет преимущества традиционного деревянного каркасного строительства, которое может быть хорошо адаптировано к потребностям развития современного общества, поэтому оно становится все более и более популярным.

Формы современных деревянных каркасных зданий можно разделить на тяжелые деревянные каркасы, легкие деревянные каркасы и смешанные деревянные каркасы. Они обладают следующими характеристиками:

Экологичность: будучи природным возобновляемым ресурсом, дерево является признанным во всем мире углеродно-отрицательным строительным материалом, 1 м³ древесины может зафиксировать 900 кг углекислого газа, мало того, благодаря низкой теплопроводности самой древесины и научному энергосберегающему дизайну стен, энергосберегающий эффект деревянной конструкции может быть увеличен на 50–70% по сравнению со стальной и бетонной конструкцией [3].

Легкость: благодаря меньшей плотности древесины снижается собственный вес здания и уменьшается нагрузка на фундамент и основание.

Сейсмостойкость: деревянные каркасные здания обладают хорошими сейсмическими характеристиками и могут эффективно противостоять стихийным бедствиям, таким как землетрясения. В Японии, где землетрясения происходят часто, 95% новых зданий — это деревянно-каркасные здания.

Огнестойкость: тяжелые деревянные конструкции во время пожара образуют на поверхности карбонизированный слой, сохраняя основную конструкцию с высокой несущей способностью, что значительно повышает огнестойкость здания. Современные деревянные каркасные здания могут повысить свою огнестойкость за счет огнезащитной обработки.

Эстетичность: дерево имеет естественную текстуру и цвет, теплую фактуру и сильную пластичность, что может придать зданию уникальную эстетику.

1.3. Применение параметрического проектирования в деревянных конструкциях

Параметрическое проектирование в основном применяется в деревянных конструкциях зданий в следующих аспектах: параметрическое моделирование и оптимизация проектирования, генерация и проверка проектной схемы, использование банка памяти, логика, ориентированная на мысли, синергия и выражение схемы, а также тестирование и моделирование проектной схемы [4].

Среди них параметрическое моделирование является основой параметрического проектирования, которое позволяет быстро генерировать и изменять проектные решения путем создания параметрических моделей зданий. В деревянных каркасных зданиях параметрическое моделирование может применяться для создания структурных форм, проектирования компонентов и оптимизации энергопотребления, помогая дизайнерам изучить разнообразие форм деревянных конструкций и быстро сгенерировать различные формы конструкций крыш, планировки фасадов и другие решения для удовлетворения различных пространственных потребностей и эстетических требований. Кроме того, параметрическое моделирование может оптимизировать конструкцию деревянных элементов, например, при проектировании соединений балки с колонной можно параметрически выстроить методы соединения, углы и соединительные материалы для достижения лучших конструктивных характеристик [1].

1.4. Технические маршруты параметрического проектирования в деревянном строительстве

При параметрическом проектировании зданий из деревянных конструкций в основном используются следующие технические маршруты:

Параметрическое проектирование на основе технологии BIM: используя технологию информационного моделирования зданий (BIM), параметрическая информация объединяется со зданием для достижения информационной интеграции проектирования, строительства, эксплуатации, последующего обслуживания и сноса строительного объекта [5].

Параметрическое проектирование на основе Revit: Revit, как интегрированное программное обеспечение для реализации концепции BIM-технологии, обладает свойством «что видишь, то и получаешь», а само программное обеспечение предоставляет фоновые API-команды для исследователей, что закладывает хорошую основу для развития генерации параметрических моделей и других функций [6].

Параметрическое проектирование на основе Grasshopper: Grasshopper — это среда визуального программирования, которая позволяет дизайнерам создавать алгоритмы для генерации сложных архитектурных форм через графический интерфейс.

Методология применения параметрического проектирования деревянных зданий

2.1. Деревянная конструкция крыши на основе цифрового и параметрического проектирования

Проект сельского строительства «Чжули» (см. рис. 1, а, б) в городе Даомин, Чунчжоу, Сычуань, Китай, является классическим примером деревянного здания на основе цифрового и параметрического проектирования. Форма здания разработана с помощью цифровых технологий и органично вписана в сельскую местность, окружающую деревню и природные экологические ресурсы.

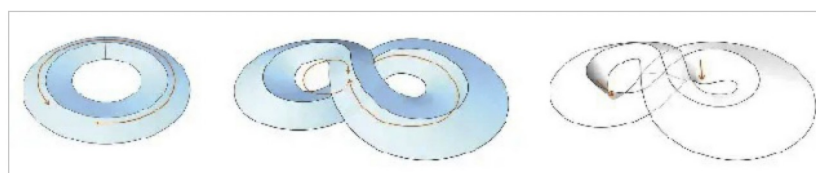


Рисунок 1 - Проект «Чжули», город Даомин, Чунчжоу, Сычуань
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.3.1>

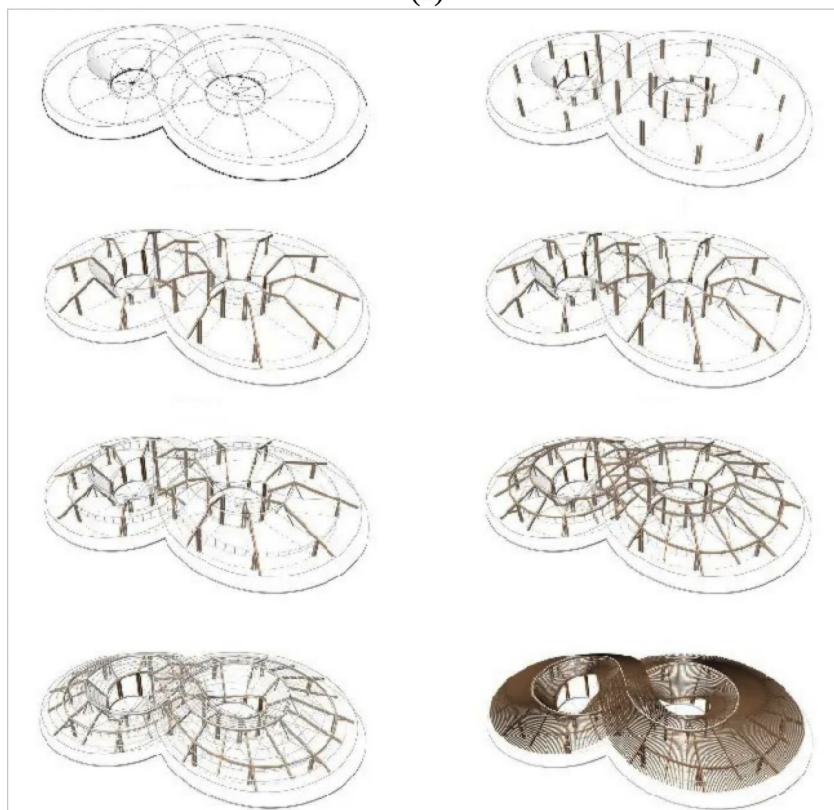
Примечание: URL: https://www.gooood.cn/in-bamboo-china-by-archi-union-architects.htm?lang=en_US

Участок под строительство состоит из двух соседних квадратных домов, которые соединены двумя смежными круговыми геометриями, чтобы максимально сохранить бамбуковый лес и деревья вокруг участка. Топологическая трансформация круговой геометрии используется для реализации дизайна «бесконечной (∞) формы» крыши.

Топологическая трансформация геометрического прототипа является морфологической операцией и сама по себе не имеет параметрической логики проектирования. Проект создает параметрическую систему преобразования геометрических форм в строительную систему путем поиска логических связей между геометрическими формами, конструктивными системами и материалами. Параметрическая система деревянного каркаса использует такие элементы, как геометрические прототипы, свойства материалов и масштабы компонентов в качестве необходимых входных параметров, а также использует методы анализа и оптимизации конструктивных характеристик для создания рациональной конструктивной системы, которая реализуется посредством параметрического моделирования. В данном проекте параметрическая система деревянных конструкций состоит из конструктивных колонн, конструктивных балок, диагональных связей, кольцевых балок, прогонов, стропил и других компонентов (см. рис. 2, а, б). В параметрической модели можно точно настроить размеры материалов для производства всех компонентов и требования к узлам обработки, что позволяет создать индивидуальную строительную систему [7].



(a)



(б)

Рисунок 2 - Топологическая морфология и параметризованная система структуры древесины проекта «Чжули»
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.3.2>

Примечание: URL: <http://www.landscape.cn/architecture/9771.html>

2.2. Целесообразность применения параметрического плетения древесины в сетчатой оболочке конструкция стадиона

Компания SOM Architects недавно выпустила концептуальный проект стадиона MLB «Квинс Брейд» в Нью-Йорке, который демонстрирует инженерную целесообразность использования древесины в большепролетных пространственных конструкциях с помощью параметрического плетения древесины и модульной системы сборки, создавая новую парадигму для устойчивого строительства больших стадионов (см.рис. 3, а, б). Эта программа продемонстрировала инженерную целесообразность использования древесины в большепролетных пространственных конструкциях с помощью технологии параметрического плетения древесины и модульной системы сборки, создав новую парадигму для устойчивого строительства больших спортивных стадионов (см.рис. 3, а, б).

В проекте применен инновационный процесс сборки «заводская сборка + плетение на месте», при котором деревянные компоненты топологически оптимизируются интеллектуальным обрабатывающим центром с ЧПУ и пятиосевым прецизионным раскроем с ЧПУ, чтобы их можно было предварительно изготовить и обработать в цеху для обеспечения допусков на уровне миллиметров при сборке. Модульный ткацкий узел можно быстро собрать в стиле «Лего» с помощью стандартных соединителей (см. рис. 4, а, б), а уникальная реверсивная и простая конструкция узлов обеспечивает зданию полный жизненный цикл компонентов, которые можно разбирать и заменять в циклическом режиме [8].



Рисунок 3 - SOM Architects, концептуальный план дизайна стадионов MLB
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.3.3>

Примечание: URL: <https://www.som.com/research/the-queens-braid/>

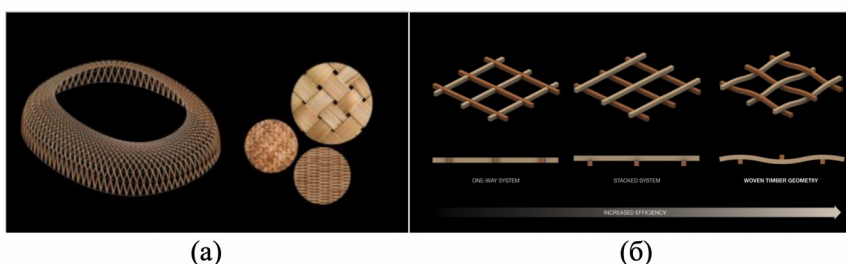


Рисунок 4 - SOM Architects, схема структуры плетеной деревянной сетчатой оболочки стадиона MLB
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.3.4>

Примечание: URL: <https://www.som.com/research/the-queens-braid/>

Выводы и обсуждения

3.1. Преимущества и проблемы параметрического проектирования в деревянных зданиях

• Повышение эффективности проектирования:

Параметрическое проектирование значительно повышает эффективность проектирования в деревянном строительстве:

Автоматизированное моделирование: Параметрическое моделирование позволяет автоматически создавать сложные элементы деревянного каркаса, сокращая время ручной обработки.

Быстрая итерация: параметрическое проектирование позволяет проектировщикам быстро итерировать проектное решение, изменяя параметры, без необходимости начинать проектирование с нуля.

Сочетание стандартизации и индивидуальности: параметрическое проектирование позволяет адаптировать конструкцию к потребностям различных проектов, сохраняя при этом стандартизацию.

• Оптимизация эксплуатационных характеристик зданий

Параметрическое проектирование позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики деревянных зданий благодаря алгоритмам оптимизации:

Структурная оптимизация: с помощью параметрического анализа можно оптимизировать напряженные характеристики деревянных конструкций для повышения их безопасности и экономичности.

Морфологическая оптимизация: алгоритм генерирует и оптимизирует форму здания, достигая единства функции и формы.

Адаптация к окружающей среде: с помощью параметрического проектирования можно учесть взаимосвязь между зданием и окружающей средой, чтобы оптимизировать энергетические характеристики здания и адаптацию к окружающей среде.

• Повышение устойчивости

Применение параметрического проектирования в деревянных каркасных зданиях помогает повысить устойчивость здания:

Оптимизация материалов: параметрическое проектирование позволяет оптимизировать материалы, используемые в деревянном строительстве, и сократить количество отходов материалов.

Сборка и монтаж: параметрическое проектирование в сочетании со сборкой и монтажом позволяет сократить строительные отходы на объекте и повысить эффективность строительства.

Управление жизненным циклом: с помощью технологии BIM можно реализовать информационное управление всем жизненным циклом деревянных конструкций и повысить устойчивость здания.

В то же время параметрическое проектирование в деревянном строительстве сталкивается с некоторыми проблемами, такими как технические проблемы, проблемы реализации и т.д. Параметрическое проектирование в деревянном строительстве все еще находится на начальной стадии развития, и для его широкого применения необходимо преодолеть эти проблемы, используя при этом преимущества. Среди них стандартизация и нормализация параметрического проектирования является ключом к его широкому применению.

3.2. Будущие тенденции в параметрическом проектировании деревянных зданий

• Интеграция технологий

Сочетание искусственного интеллекта и параметрического проектирования: сочетание технологии искусственного интеллекта и параметрического проектирования позволит повысить эффективность проектирования и инновации.

Виртуальная реальность и параметрическое проектирование: сочетание технологии виртуальной реальности и параметрического проектирования обеспечит более интуитивный опыт проектирования и средства оценки [9].

Роботизированное строительство: сочетание параметрического проектирования и роботизированной строительной технологии позволит создавать более сложные и точные деревянно-каркасные здания.

• Устойчивость

Низкоуглеродное проектирование: параметрическое проектирование будет в большей степени учитывать углеродный след здания и способствовать развитию низкоуглеродного проектирования.

Циркулярная экономика: параметрическое проектирование будет учитывать весь жизненный цикл здания, способствуя переходу строительной отрасли на модель циркулярной экономики.

Адаптивное повторное использование: параметрическое проектирование будет больше применяться для адаптивного повторного использования существующих зданий, чтобы продлить срок их службы.

• Образование и исследования

Междисциплинарное образование: в процессе обучения параметрическому проектированию будет уделяться больше внимания взаимообогащению различных дисциплин, таких как архитектурное проектирование, информатика и строительная инженерия. Кроме того, исследования в области параметрического проектирования будут уделять больше внимания практическому применению и решению практических проблем [10].

Заключение

Параметрическое проектирование, как инновационный метод проектирования, имеет большое значение для применения в деревянном строительстве. С помощью параметрического проектирования можно повысить эффективность проектирования, оптимизировать эксплуатационные характеристики здания и повысить его устойчивость.

С непрерывным развитием цифровых технологий применение параметрического проектирования в деревянном строительстве будет более обширным и фундаментальным. Интеграция технологий, устойчивое развитие, образование и исследования станут основными тенденциями параметрического дизайна в будущем, не заменяя традиционные методы проектирования, а предоставляет проектировщикам все больше инструментов и возможностей. При проектировании деревянных каркасных зданий сочетание параметрического проектирования и традиционных методов проектирования позволит получить более богатые и инновационные результаты проектирования и будет играть более важную роль в защите, наследовании и инновациях деревянных каркасных зданий, способствуя устойчивому развитию деревянных каркасных зданий.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.3.5>

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.61.3.5>

Список литературы / References

1. 李杰。木结构建筑的参数化设计与建造协同的原理与实践 / 李杰 // 建筑与文化。— 2024。— № 5。— 页 34–36。
2. 姜万里。木结构建筑的特征及在我国的发展前景 / 姜万里、任海清 // 木材工业。— 2015。— № 5 (29)。— 页 20–23。
3. 中林木结构 | 中林木结构科普 — 1 分钟带你了解木结构多样的建筑形式。— 2024。— URL: <https://mp.weixin.qq.com/s/Pv5y1ynxVsRR3R5r7C1bkg> (访问时间: 24.05.2025)。
4. 尚澎。参数化胶合木结构建筑设计实践与分析 / 尚澎 // 美与时代(城市)。— 2018。— № 11。— 页 12–13。
5. Naamane A. A Brief Introduction to Building Information Modeling (BIM) and its interoperability with TRNSYS / A. Naamane, A. Boukaraa // Renewable Energy and Sustainable Development. — 2015. — № 1 (1). — P. 126–130.
6. 王子茹。基于 Revit 的木屋顶参数化设计与开发 / 王子茹、于超 // 土木建筑工程信息技术。— 2023。— № 3。— 页 46–52。

7. 袁烽。基于建筑机器人的木结构建筑小批量定制化生产模式探索 / 袁烽、柴华、张啸 // 建筑结构。— 2018。— № 48 (10)。— 页 39–43。
8. 中林木结构 | 纽约新地标“皇后区发辫” — 编织木网壳结构创新。— 2025。— URL: https://mp.weixin.qq.com/s/n2-tSsgHD8U_wEB2GwWPNA (访问时间: 25.05.2025)。
9. 张跃。虚拟现实技术在建筑工程装饰装修设计中的应用研究 / 张跃 // 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术。— 2025。— № 3。— 页 09–13。
10. 姜雪。数字化技术在建筑设计中的应用与前景 / 姜雪 // 建筑与装饰。— 2024。— № 1。— 22–24。

Список литературы на английском языке / References in English

1. Li Jie. Mù jiégòu jiànzhú de cānshù huà shèjì yǔ jiànzhào xiétóng de yuánlǐ yǔ shíjiàn [Principles and Practice of Parametric Design and Construction Synergy of Wood Structure Buildings] / Li Jie // Jiànzhù yǔ Wénhuà [Architecture and Culture]. — 2024. — № 5. — P. 34–36. [in Chinese]
2. Lou Wanli. Mù jiégòu jiànzhú de tèzhēng jí zài wǒguó de fāzhǎn qiánjǐng [Characteristics of Wood Structure Buildings and Their Development Prospects in my country] / Lou Wanli, Ren Haiqing // Mùcái Gōngyè [Wood Industry]. — 2015. — № 5 (29). — P. 20–23. [in Chinese]
3. Zhōnglín Mù Jiégòu | Zhōnglín Mù Jiégòu Kēpǔ—1 fēnzhōng dài nǐ liǎojiě mù jiégòu duōyàng de jiànzhú xíngshì [Zhonglin Wood Structure | Zhonglin Wood Structure Science Popularization—1 minute to understand the diverse architectural forms of wood structure]. — 2024. — URL: <https://mp.weixin.qq.com/s/Pv5y1ynxVsRR3R5r7C1bkg> (accessed: 24.05.2025). [in Chinese]
4. Shang Peng. Cānshù huà jiāohé mù jiégòu jiànzhú shèjì shíjiàn yǔ fēnxī [Design Practice and Analysis of Parametric Glulam Wood Structure Buildings] / Shang Peng // Měi yǔ Shídài (Chéngshì) [Beauty and Times (City)]. — 2018. — № 11. — P. 12–13. [in Chinese]
5. Naamane A. A Brief Introduction to Building Information Modeling (BIM) and its interoperability with TRNSYS / A. Naamane, A. Boukaraa // Renewable Energy and Sustainable Development. — 2015. — № 1 (1).— P. 126–130.
6. Wang Ziru. Jīyú Revit de mù wūdǐng cānshù huà shèjì yǔ kāifā [Parametric Design and Development of Wooden Roof Based on Revit] / Wang Ziru, Yu Chao // Tǔmù Jiànzhú Gōngchéng Xìnxī Jìshù [Information Technology in Civil Engineering and Architecture]. — 2023. — № 3. — P. 46–52. [in Chinese]
7. Yuan Feng. Jīyú jiànzhú jīqìrén de mù jiégòu jiànzhú xiǎo pīliàng dìngzhì huà shēngchǎn móshì tànsoù [Exploration of Small Batch Customized Production Mode of Wooden Structure Buildings Based on Construction Robot] / Yuan Feng, Chai Hua, Zhang Xiao // Jiànzhú Jiégòu [Building Structure]. — 2018. — № 48 (10). — P. 39–43. [in Chinese]
8. Zhōnglín Mù Jiégòu | Niǔyūē xīn dìbiāo "Huángòu Qū fàbiàn"—Biānzhī mù wǎng ké jiégòu chuàngxīn [Zhonglin Wood Structure | New York's New Landmark "Queens Braid"—Innovation of Braided Wood Grid Shell Structure]. — 2025. — URL: https://mp.weixin.qq.com/s/n2-tSsgHD8U_wEB2GwWPNA (accessed: 25.05.2025). [in Chinese]
9. Zhang Yue. Xūnǐ xiànshí jìshù zài jiànzhú gōngchéng zhuāngshì zhuāngxiū shèjì zhōng de yìngyòng yánjiū [Research on the application of virtual reality technology in architectural engineering decoration design] / Zhang Yue // Zhōngwén Kējì Qīkān Shùjùkù (Yǐnwén Bǎn) Gōngchéng Jìshù [Chinese Science and Technology Journal Database (Citation Edition) Engineering Technology]. — 2025. — № 3. — P. 09–13.
10. Jiang Xue. Shùzì huà jìshù zài jiànzhú shèjì zhōng de yìngyòng yǔ qiánjǐng [Application and Prospects of Digital Technology in Architectural Design] / Jiang Xue // Jiànzhú yǔ Zhuāngshì [Architecture and Decoration]. — 2024. — № 1. — P. 22–24. [in Chinese]