

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 624.016

doi:10.18720/SPBPU/2/id25-414

Ли Синьюй,

студент предмагистратуры

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТА «МОРСКОЙ ВОСТОК» НА ОСНОВЕ РКПМ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЗЕЛЕНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Китай, Далянь, Даляньский национальный университет,
Россия, Санкт-Петербург,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
effiliot@gmail.com

Аннотация. Автор статьи на примере проекта «Морской Восток» с использованием программного обеспечения РКПМ для зеленого строительства проводит анализ энергоэффективности отдельного здания и расчет естественного освещения помещений на основе трехмерной цифровой модели здания. На основании отчетов анализа автор предлагает оптимизационные стратегии для решения выявленных проблем проекта.

Ключевые слова: зеленое строительство, энергоэффективный анализ, анализ естественного освещения.

Xinyu Li,

Pre-master student

RESEARCH ON THE APPLICATION OF PERFORMANCE ANALYSIS TECHNOLOGY OF OFFSHORE ORIENTAL PROJECT BASED ON PKPM GREEN BUILDING ENERGY SAVING

Dalian Minzu University, Dalian, China, Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,
effiliot@gmail.com

Abstract. This paper takes the «Maritime Oriental» project as an example. Using the PKPM green building software suite, a single-building energy efficiency calculation analysis and a single-building indoor natural daylighting calculation analysis were conducted based on the project's 3D digital building model. Based on the analysis report, author proposes optimization strategies to address identified issues in the project.

Key words: green building, energy efficiency analysis, daylighting analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Зеленые энергосберегающие здания — это высококачественные здания, которые в течение всего жизненного цикла способны снижать загрязнение, защищать окружающую среду, экономить ресурсы, а также обеспечивать здоровый и комфортный симбиоз человека и природы [1]. Анализ производительности является распространенным методом оценки соответствия здания критериям зеленого и энергосберегающего строительства [2].

Ранее в практике управления строительством и эксплуатации зданий применение анализа производительности было ограничено [3]. Стандарты, установленные государственной политикой в области экологичного (зеленого) и энергосберегающего строительства, могли оцениваться и корректироваться только в процессе строительства или после завершения объекта, что требовало значительных временных и трудовых затрат. Кроме того, переделки приводили к образованию большого количества строительных отходов, что противоречило принципам политики зеленого строительства.

Появление новой технологии, объединяющей 3D BIM-моделирование и анализ производительности на основе цифровых технологий, позволило значительно улучшить ситуацию [4 – 8]. Применение искусственного интеллекта также приобретает особую важность в зелёном строительстве в контексте парадигмы устойчивого развития [9].

Общие сведения о проекте

Проект расположен на 39° северной широты и $121,63^{\circ}$ восточной долготы, на высоте 42 метра над уровнем моря, на пересечении улиц Циньшилу и Цытенцзе в районе Циньчжоу города Далянь провинции Ляонин, Китай. Проектная документация соответствует китайскому стандарту «Стандарт градостроительного чертежа» и одобрена для жилищного строительства.

Жилые здания выполнены по каркасно-монолитной схеме с несущими стенами. Количество надземных этажей – 7, расстояние между зданиями – 25 м. Ориентация зданий – север-юг, угол наклона крыши – 30° . Подстилающий слой фундамента выполнен из бетона марки С15, несущий слой основания – из суглинка с включениями щебня. Применена плитная фундаментная конструкция. Сейсмическая устойчивость соответствует 4-й категории, система молниезащиты – 3-го класса.

Для анализа и оптимизации производительности был выбран жилой дом европейского типа в составе комплекса «Хайшан Дун-фун» с площадью квартиры 93 м^2 , высотой здания 22,28 м, общей площадью застройки $4097,58 \text{ м}^2$ и строительным объемом $12349,20 \text{ м}^3$.

Климатические особенности

Город Далянь расположен на южной оконечности Ляодунского полуострова, с трех сторон окружен морем, что оказывает значительное регулирующее влияние на климат. Климат относится к умеренно-теплому континентальному муссонному с выраженным морскими чертами. Далянь является самой теплой местностью на северо-востоке Китая и одним из самых ветреных городов региона. Климатическая зона – холодная (категория А).

Весной в Даляне наблюдается сухая малооблачная погода с достаточным количеством солнечных дней. Характерны частые смены ветров северного и южного направлений, при этом

преобладают сильные южные ветры. Летом значительны суточные перепады температур при высокой влажности. Благодаря влиянию моря ночные осадки преобладают над дневными. Осенью происходит резкое понижение температуры и сокращение количества осадков, усиливаются северные муссоны. Зима характеризуется малым количеством снега и дождя. Из-за частой активности холодных воздушных масс значительно увеличивается количество дней с сильными северными ветрами, которые приносят морозную погоду. Однако, ослабление ветрового режима приводит к быстрому повышению температуры.

Анализ производительности здания

Анализ энергоэффективности отдельного здания. Программное обеспечение для анализа энергоэффективности зданий РКРМ является ключевым модулем серии программ для экологичного (зеленого) строительства. Оно проводит экспертизу теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и показателей проектных решений путем сравнения с требованиями выбранных стандартов энергосберегающего проектирования.

Выбран стандарт «Нормы энергосберегающего проектирования жилых зданий в суровых и холодных регионах» (JGJ26-2018). На основании данных о местоположении объекта в районе Цзиньчжоу города Далянь провинции Ляонин программное обеспечение автоматически определило холодную климатическую зону (категория А). Нормативный уровень энергосбережения составляет 75%.

Критерии оценки проекта включают:

- «Нормы энергосберегающего проектирования жилых зданий в суровых и холодных регионах» (JGJ26-2018);
- «Нормы теплотехнического проектирования гражданских зданий» (GB50176-2016);
- «Методы испытаний воздухо-, водонепроницаемости и ветровой устойчивости окон и дверей» (GB/T 7106-2019);
- «Общие технические условия для строительных фасадных систем и окон» (GB/T 31433-2015).

На основании проектных данных в программу последовательно внесены характеристики материалов для следующих конструктивных элементов (сверху вниз): крыша, наружные стены, внутренние стены, окна/двери, межэтажные перекрытия. Конкретные параметры строительных материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры строительных материалов

Конструкция кровли (сверху вниз)	35 мм мелкозернистый бетон (с армированием); 150 мм экструдированный пенополистирол (XPS); Паро-гидроизоляционная мембрана; 15 мм цементно-песчаный раствор; 120 мм железобетон.
Тип наружных стен (снаружи внутрь)	4 мм цементно-песчаный раствор; 100 мм пенополистирол (EPS); Клеевой состав; 10 мм цементно-песчаный раствор; 200 мм блоки из легкого бетона; 15 мм цементно-песчаный раствор.
Тип перегородки между отапливаемыми и неотапливаемыми помещениями	4 мм известково-цементно-песчаный раствор; 100 мм пенополистирол (EPS); Клеевой состав; 10 мм цементно-песчаный раствор; 200 мм железобетон; 15 мм цементно-песчаный раствор.
Тип оконных конструкций	рама из ПВХ (30%) и стеклопакет 5+12A+5 Low-E
Тип перекрытия между отапливаемыми и неотапливаемыми зонами	20 мм цементно-песчаный раствор; 30 мм экструдированный пенополистирол (XPS); 20 мм цементно-песчаный раствор; 100 мм железобетон.
Тип перегородки при разнице температур более 5 К	4 мм известково-цементно-песчаный раствор; 100 мм пенополистирол (EPS, белый); Клеевой состав; 10 мм цементно-песчаный раствор; 200 мм железобетон; 15 мм цементно-песчаный раствор.

Анализ энергоэффективности здания на основе нормативных показателей показал, что следующие три параметра не соответствуют стандартам, что делает невозможным проведение расчетов теплового баланса ограждающих конструкций:

- коэффициент остекления северного фасада $K = 0,31$;
- коэффициент теплопередачи окна с прозрачным фасадом $K = 2,2$;
- коэффициент теплопередачи перекрытия между отапливаемыми и неотапливаемыми помещениями $K = 3,22$.

На основании отчета об энергоанализе проекта предложены следующие изменения в проекте:

– Коэффициент остекления: Автоматический анализ 3D-модели здания позволил выявить помещения, где коэффициент остекления не соответствовал нормативным значениям. Размеры окон в этих помещениях были скорректированы.

– Коэффициент теплопередачи окон: Выбрана система остекления с соответствующими требованиями – пятикамерный пластиковый профиль (серия 70 с теплой кромкой) и стеклопакет 5+12A+5+12A+5 с высокопрозрачным Low-E-стеклом (коэффициент затенения 0,60).

– Межэтажные перекрытия: Применена система утепления перекрытий XPS, состоящая из 20 мм цементно-песчаного раствора, 30 мм экструдированного пенополистирола, 20 мм цементно-песчаного раствора, 120 мм железобетона.

После оптимизации проекта повторный расчет подтвердил соответствие всех показателей нормам.

Анализ естественного освещения в помещениях. Критерии оценки выбраны согласно:

- Стандарту оценки зеленых зданий (GB/T 50378-2019);
- Стандарту проектирования естественного освещения (GB 50033-2013).

Проект относится к III светоклиматической зоне с коэффициентом $K = 1,00$ и расчетной освещенностью $E_s = 15000$ лк.

Расчеты выполнялись формульным и имитационным методами, а статистический анализ результатов проводился с использованием национального стандарта, поточечного и «зеленого» методов. Модель неба автоматически установлена как «полная облачность» без возможности изменения.

Динамический расчет освещения показал следующие результаты:

- По точечному и «зеленому» методам проект не соответствует стандартам зеленого строительства.

- По национальному стандартному методу – соответствует.

Рекомендации по оптимизации:

- Увеличение площади окон.

- Оптимизация планировки для сокращения внутренних зон.

- Использование отделочных материалов с высоким коэффициентом отражения.

- Применение стекла с высокой светопропускаемостью.

- Добавление световодов, отражающих панелей и других оптимизирующих элементов.

Выводы

На примере жилого комплекса «Хайшан Дунфан» в Даляне проведен детальный анализ энергоэффективности с использованием специализированного ПО. Результаты показали, что проект соответствует общим требованиям для жилых зданий провинции Ляонин, но не отвечает некоторым критериям зеленого строительства. На основе выявленных проблем (недостаточная энергоэффективность и естественное освещение) предложены конкретные меры оптимизации.

Исследование подтверждает эффективность цифрового анализа в практике зеленого строительства. Полученные результаты могут служить ориентиром для архитекторов и специалистов, способствуя устойчивому развитию отрасли и внедрению принципов зеленого проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wang Peng, Wang Junjie. The Application of Green Energy-saving Technology in the Electrical Design of Building Engineering // Academic Journal of Science and Technology, 2023. 5 (1). 22 – 24. DOI: 10.54097/ajst.v5i1.5279.
2. Xuemei Jiang, Jiaqi Chi. Research on the Application of Green Building Design Concepts in Architectural Design. In: Zhao G., Me, G. et al. (eds) // Proceedings of the 2024 6th International Conference on Civil Architecture and Urban Engineering (ICCAUE 2024), 15-17 November 2024, Guiyang, China. Advances in Engineering Research. Vol. 262. 430 – 439. Atlantis Press. DOI: 10.2991/978-94-6463-688-8_44.
3. Грахов В.П., Мохнатчев С.А., Манохин П.Е., Иштряков А.Х. Совершенствование организации проектных работ путем внедрения технологий информационного моделирования зданий // Современные проблемы науки и образования, 2015. 1 (1). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18202>
4. Bolsunovskaya M.V., Shirokova S.V., Dudarenko T.M., Loginova, A.V. Building Information Modeling Technology in Construction Companies // Knowledge in the Information Society. PCSF CSIS 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, 2021. Vol. 184. 430 – 445. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-65857-1_36
5. Khattra S., Jain R. Building Information Modeling: A Comprehensive Overview of Concepts and Applications // Advances in Research, 2024. 25 (5). 140 – 149. DOI: 10.9734/air/2024/v25i51145.
6. Imoni S., Tiza M.T., Ogunleye E., Jayi V., Onuzulike C., Sesugh T. The Impact of Building Information Modelling (BIM) in the Construction Industry // Brilliant Engineering, 2024. 1. 4841. DOI: 10.36937/ben.2024.4841.
7. Waqar A., Othman I., Saad N., Azab M., Khan A.M. BIM in green building: Enhancing sustainability in the small construction project // Cleaner Environmental Systems, 2023. 11. 100149. DOI: 10.1016/j.cesys.2023.100149.
8. Strelets K., Zaborova D., Kokaya D., Petrochenko M., Melekhin E. Building Information Modeling (BIM)-Based Building Life Cycle Assessment (LCA) Using Industry Foundation Classes (IFC) File Format // Sustainability, 2025. 17 (7). 2848. DOI: 10.3390/su17072848
9. Петроченко М.В., Недвига П.Н., Кукина А.А., Шерстюк В.В. Классификация строительной информации в BIM с использованием алгоритмов искусственного интеллекта // Вестник МГСУ, 2022. 17 (11). 1537 – 1550. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.11.1537-1550.