

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОБЛАКОВ ТЕПЛОВЫХ ТОЧЕК ЗДАНИЙ

И.В. Баклушина, доцент

Сибирский государственный индустриальный университет  
(Россия, г. Новокузнецк)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-5-1-40-42

**Аннотация.** Рассмотрены методики телевизионного контроля с применения BIM-технологий. Приведены аргументы в пользу тепловых облаков в моделях BIM, которые могут быть использованы как инструмент, с помощью которого можно определить уровень внутреннего комфорта зданий. Описаны некоторые технологии, позволяющие генерировать и обновлять трехмерные модели для широкого диапазона моделей зданий. Описаны способы обработки данных тепловизионного контроля и пути их совершенствования.

**Ключевые слова:** тепловизионный контроль, тепловое облако точек, BIM-технологии.

Новые методики и приемы исследования энергоэффективности зданий могут быть применены в архитектуре и строительстве с использованием трехмерных тепловых моделей [1] на основе тепловизионного контроля [2].

Тепловизионный контроль [2] уже зарекомендовал себя как один из наиболее полезных неинвазивных методов диагностики патологий в зданиях и других объектах инфраструктуры. Методы сбора и обработки данных, полученные с помощью инфракрасных камер, целью которых является получение качественных и количественных данных в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, усовершенствовались в такой же степени, как и технологии, используемые для этой цели.

Важно подчеркнуть, что наиболее эффективно используются визуализированные данные в 3D-моделях и цифровых двойниках на основе BIM [3, 4]. В этом отношении полезны облака тепловых точек зданий. Принимая во внимание наличие большого количества неэффективных зданий, которые потребуют реконструкции в будущем облака тепловых точек являются очень полезным инструментом. Потенциал тепловых облаков моделях BIM может быть использован как инструмент, с помощью которого можно определить уровень внутреннего комфорта зданий.

Облака точек – это наборы данных, представляющие объекты или пространство. Эти точки представляют собой геометрические координаты X, Y и Z одной точки на базовой поверхности образца. С их помощью возможно сопоставление большого количества отдельных пространственных измерений в набор данных, который затем может представлять собой единое целое.

Облака точек чаще всего создаются с использованием 3D-лазерных сканеров и технологий и методов LiDAR (обнаружение света и определение дальности). Здесь каждая точка представляет собой одно измерение лазерного сканирования. Затем эти сканы сшиваются вместе, создавая полный захват сцены с использованием процесса, называемого «регистрацией». И наоборот, облака точек могут быть созданы синтетическим путем из компьютерной программы.

Тепловые данные в трехмерной среде получают с помощью тепловизионных камер. Перед любой тепловизионной съемкой необходимо провести радиометрическую калибровку камер и инфракрасных датчиков. Процедуры, которые преобразуют необработанные данные (тепловизионные изображения и неструктурированные облака точек) в геометрические структуры данных с температурой, зависят как

от метода получения данных, так и от последующего применения этих данных.

В последних актуальных публикациях, касающихся использования технологий, основанных на компьютерном зрении [5], для мониторинга зданий не упоминается использование тепловизионных камер и их интеграция с другими датчиками для термической характеристики зданий в трехмерном контексте. За последнее десятилетие отсутствие точных 3D-моделей для целей моделирования энергопотребления, а также других инженерных приложений создало возможность использовать сенсорные технологии, такие как лазерное сканирование и методы фотограмметрии, для обратного проектирования геометрического моделирования искусственной среды. Процесс создания 3D-моделей из данных облака точек и их использования для целей моделирования энергопотребления состоит из трех последовательных этапов: сбор данных, моделирование и анализ. В современной практике эти шаги выполняются геодезистами и энергоаудиторами вручную. Ручное выполнение этих задач может занять много времени, дорого и часто подвержено ошибкам [6]. Сбор данных может занимать несколько дней, однако этап моделирования может занимать несколько недель или даже месяцев. Эти проблемы ограничивают применимость моделирования в первую очередь для крупных проектов. Таким образом, существует потребность в недорогих, надежных и автоматизированных методах исполнительного 3D-моделирования. Такие методы должны быстро генерировать и обновлять точные и полные семантически богатые трехмерные модели в мастер-формате, который может быть переведен в любую среду моделирования энергопотребления и может широко применяться в широком диапазоне категорий зданий.

Сегодня тепловизионный контроль широко используется для эффективного информирования домовладельцев о текущих энергетических характеристиках существующих зданий. В контексте энергетической диагностики зданий тепловизион-

ный контроль в настоящее время является доминирующим методом выявления, анализа и информирования о тепловых дефектах. Несмотря на задокументированные преимущества, текущая практика такого контроля по-прежнему основана на прямом применении 2D тепловых изображений. Ручной анализ такого большого количества тепловых изображений также может занимать много времени и сил. Поскольку эти изображения, как правило, неупорядочены, не откалиброваны и не снабжены геотегами, на этапе постанализа не просто выяснить, «откуда взяты эти изображения или какие элементы здания они представляют». Учитывая большое количество тепловизионных изображений для полной энергетической диагностики, такие исследования также могут быть дорогими.

Однако, если использовать, например, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) для сбора данных, то можно исключить некоторые сложности, возникающие при ручном сборе данных. С точки зрения экономической выгоды, целесообразности и простоты эксплуатации, использование БПЛА для сбора данных тепловизионного контроля с целью построения теплового облака точек экономически даже более выгодно, чем использование ручного труда. Данные для моделирования могут быть представлены лазерными датчиками, либо получены из изображений, обработанных специальными алгоритмами.

Несомненно, получение и использование тепловых облаков в зданиях, как правило, все еще находится в стадии разработки. На сегодняшний день определены только простые тепловые BIM-модели отдельных конструктивных элементов. Однако, можно с уверенностью сказать, что получение тепловых облаков точек является основным звеном в цепочке, которая заканчивается семантической информационной моделью здания (BIM), содержащей энергетические характеристики зданий и сооружений.

**Библиографический список**

1. Amanda Ramón Thermal point clouds of buildings: A review/ Amanda Ramón, Antonio Adán, Francisco Javier Castilla // Energy and Buildings. Elsevier, Volume 274, 2022. – ISSN 0378-7788 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112425>
2. Сухоруков, В.Ю. Современные возможности тепловизионного контроля зданий / В.Ю. Сухоруков // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 13-15 июня 2018 года. Том ЧАСТЬ II. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2018. – С. 442-445. – EDN URPETF.
3. Устинов, И.К. BIM-технологии в строительстве / И.К. Устинов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 19–21 мая 2020 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Том Выпуск 24. Часть V. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2020. – С. 135-137. – EDN KWEUOJ.
4. Баклушина, И.В. Особенности использования технологии информационного моделирования (BIM-технологии) на примере программного обеспечения Revit / И.В. Баклушина, А.В. Усова, А.В. Бойкова // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 62-5. – С. 80-83. – DOI 10.18411/lj-06-2020-103. – EDN HBEFEV.
5. 16 Applications of Computer Vision in Construction (2023 Guide). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://viso.ai/applications/computer-vision-in-construction/>.
6. Yong K. Cho, Youngjib Ham, Mani Golpavar-Fard 3D as-is building energy modeling and diagnostics: A review of the state-of-the-art // Advanced Engineering Informatics. – 2015. – Vol. 29, Iss. 2. – P. 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.03.004>.

**USE OF MODERN TECHNIQUES OF TELEVISION CONTROL  
FOR CONSTRUCTION OF CLOUDS OF THERMAL POINTS OF BUILDINGS**

**I.V. Baklushina**, *Associate Professor*  
**Siberian State Industrial University**  
**(Russia, Novokuznetsk)**

**Abstract.** *The methods of television control with the use of BIM technologies are considered. Arguments are given in favor of thermal clouds in BIM models, which can be used as a tool with which to determine the level of internal comfort of buildings. Some technologies that allow generating and updating three-dimensional models for a wide range of building models are described. Methods of processing thermal imaging control data and ways to improve them are described.*

**Keywords:** *thermal imaging control, thermal point cloud, BIM technologies.*