

DOI: 10.32743/UniTech.2021.85.4-1.91-94

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ  
ПРИ ПОМОЩИ BIM-ТЕХНОЛОГИИ***Хохлов Александр Сергеевич**магистрант,  
Институт архитектуры и строительства Волгоградского технического университета,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [barlockhero@mail.ru](mailto:barlockhero@mail.ru)**Абрамян Сусанна Грантовна**канд. техн. наук, доц., проф. кафедры ТСП,  
Институт архитектуры и строительства Волгоградского технического университета,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [susannagrant@mail.ru](mailto:susannagrant@mail.ru)***IMPROVING THE QUALITY OF CONSTRUCTION OF BUILDINGS  
AND STRUCTURES USING BIM TECHNOLOGY***Alexandr Khokhlov**Master's Student,  
Institute of Architecture and Construction, Volgograd Technical University,  
Russia, Volgograd**Susanna Abramyana**Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Professor of the Department of TSP, Scientific Supervisor,  
Institute of Architecture and Construction of the Volgograd Technical University,  
Russia, Volgograd***АННОТАЦИЯ**

В данной статье представлены существующие методы применения информационного моделирования с целью повышения качества строительного производства на различных стадиях жизненного цикла здания. Также представлено практическое применение BIM-технологий в строительном производстве работ.

**ABSTRACT**

This article presents the existing methods of applying information modeling in order to improve the quality of construction production at various stages of the building life cycle. The practical application of BIM technologies in the construction production of works is also presented.

**Ключевые слова:** BIM, фотограмметрия, лазерное сканирование, структурный анализ, облако точек.

**Keywords:** BIM, photogrammetry, laser scanning, structural analysis, point cloud.

**BIM-обследование зданий**

Все более весомое значение приобретает информационное моделирование зданий в сфере архитектуры и строительства. Современные исследования, которые проводятся в данных областях, постепенно уходят от своей главной функции (проектирование) и на данный момент направляются все больше на мониторинг и обмен разнообразной технической информацией и данными, которые охватывают все этапы жизненного цикла проекта. Проводится интеграция BIM-модели в технологию оценки зданий и сооружений, которые являются одними из основных частей, с целью лучшей эксплуатации различных архитектурных объектов [5, с. 6].

Основное значение с целью неопасного возведения, а также эксплуатации зданий и сооружений имеет их структурный анализ. Структурный анализ представляет собой процедуру установления и расчета различных видов нагрузок и внутренних сил на любой из элементов здания или сооружения. Из этого можно сделать вывод, что необходимо внедрить BIM-модель, которая будет состоять из большого количества отдельных частей, в приложения, предназначенные для структурного разбора. Разберем конкретный пример, как именно делается процесс перехода характеристик строительных систем с программы Autodesk Revit в программу для структурного анализа.

1. В начале используется плагин C#, который извлекает характеристики компонентов систем с документа Revit и вводит их в документ формата .lxt. В таком файле могут располагаться физические характеристики материалов, габариты, месторасположение, различные геометрические параметры, формы поперечного разреза и т.п.

2. После этого специальная программа-преобразователь анализирует файл, и создает специальную модель, и сохраняет созданные данные в новом формате, который совместим с программой для структурного анализа.

3. Данная программа может прибавлять вертикальные либо горизонтальные нагрузки, а также момент к различным из узлов строительных конструкций. Структурный анализ использует метод конечных элементов. Также входными данными для приложения структурного анализа служат сеточные модели из облаков точек.

Иной подход к оценке и анализу деформаций зданий и сооружений базируется на комбинации технологий выявления и установления дальности освещения LiDAR и создания информационных моделей BIM [8, с. 1–6; 7, с. 61–66]. Сейчас для того, чтобы в цифровом варианте зафиксировать данное состояние строительного объекта, применяют съемку и также дополнительно используется наземное лазерное сканирование TLS. В итоге данной совместной съемки формируется пространственное облако точек с высокоточным разрешением, к которому ссылаются в согласовании с данной геодезической системой отчета. Дальше полученное пространственное облако точек применяется для создания объемной BIM-модели, которая отражает безупречное состояние строительного объекта. Проанализировать деформации разных элементов здания, которым требуется срочное вмешательство, допустимо через сопоставление между пространственным облаком точек и BIM-моделью. Поэтому, чтобы достигнуть данных целей, главные элементы строительного объекта в модели BIM сравнивают с соответствующими элементами объемного облака точек согласно нормальным векторам любой части, формируется специальная карта с расположением всех повреждений. В рассмотренном способе BIM-модель представляется в качестве эталонного здания или сооружения, а полученное трехмерное облако точек – настоящим состоянием частей здания или сооружения. Из сказанного выше следует, что BIM-моделирование не подойдет для оценки дефектов и повреждений, где необходима высокая точность. Для решения данной проблемы необходимо создание других инструментов, способов и методик, которые позволят создать более результативные пространственные представления, базируемые на корректной геометрической оценке созданной модели. Поэтому большую значимость приобрело применение технологий бесконтактного зондирования с целью сбора пространственных данных относительно зданий, в итоге создается объемная система сбора информации, которая автоматизирована и бесконтактна с рассматриваемым

объектом [1, с. 128–138]. Пространственное лазерное сканирование дает возможность основательно предоставить положение объекта, вплотную до самых мелких трещин в поверхностях. Его результатом представляется «облако точек» с 3D-координатами, что считается наиболее совершенной и истинной информацией касательно геометрии объекта в непосредственно данный период времени [6, с. 72–80].

Нынешнее программное обеспечение BIM не является исчерпывающим для управления огромными размерами информации, которые были собраны вследствие аналогичных исследований. Чтобы решить данные трудности, в среде Revit возможно использование плагина GreenSpider, который поможет осуществить импорт более простых облаков, т.е. точки которые гарантируют наиболее верное моделирование в ПО BIM [3, с. 835–847].

Вместе с лазерным сканированием также развивается фотограмметрия. Фотограмметрия – это процесс идентификации формы, размеров, положения в пространстве и других характеристик объектов, получаемых из их фотографий. С помощью фотограмметрии можно обрести более корректное пространственное изображение здания и сооружения, которое позволяет провести различные метрические изучения и дополнительную сегментацию для связи данных разной природы [4, с. 685–691]. Различие между лазерным сканированием и фотограмметрией заключается в том, что сканеры дают возможность собрать информацию лишь о насыщенности отраженного сигнала, что впоследствии приводит их к градациям серого. Поэтому облако точек предоставляет неполноценную картину об объекте исследования потому, что данных о цветах в полном объеме нет. Такая трудность заставила создать такую технологию, в которой итоги лазерного сканирования и цифровой фотограмметрии станут соединены. Такая общая деятельность двух технологий даст возможность обрести наиболее реальную разноцветную дискретную модель [6, с. 72–80].

#### **Способы повышения качества производства строительных работ при помощи BIM-технологий**

Первый из способов повышения качества строительного процесса – это автоматизированная интеллектуально-наблюдательная платформа, имеющая специальные интеллектуальные камеры виртуальной реальности с радиочастотными сканерами и бесконтактными датчиками и т.д. Эта система представляет собой самоорганизующуюся сеть, которая собирает и представляет данные в реальном времени. Такая технология может осуществить переход от экспертизы зданий людьми к каждодневной автоматизированной проверке состояния здания.

Данная система может иметь широкий набор возможных применений, а именно:

- определения, отчетность и документирование дефектов и ошибок при ходе строительства;
- автоматизированный мониторинг процессов при возведении здания;

- создание, управление и корректировка склада материалов строительной площадки или их менеджмент и постоянное наблюдение расположения рабочей силы [2, с. 1130–1137].

Для увеличения качества рабочих процессов имеют огромное значение не только интегрируемые современные технологии, но и экипировка рабочих. Стандартная экипировка, которая используется при производстве строительных работ, не очень эффективна, то есть неполноценно охватывает потребности рабочих, находящихся на строительных площадках. Для решения данной проблемы был создан «умный» шлем DAQRI (Smart Helmet), также этот шлем во избежание травм от падения предметов на строительной площадке накладывает дополнительную информацию сверх той информации, которую видят рабочие в физической реальности, т.е. вводит их в дополненную реальность. Данный шлем имеет четыре камеры, две из которых располагаются спереди, а две других – сзади, что позволяет создать обзор в 360°. Эти камеры снимают не только фотографии, но могут записывать и видео, что позволяет наблюдать за строительным процессом в режиме реального времени. В зависимости от цели назначения шлема его можно оснастить дополнительными функциями, например, определение неровностей в стене или возможность тепловизионной съемки для определения перегревов наблюдаемого объекта. Также шлем оборудован дополнительно лазерной трехмерной камерой в целях замера глубины, а также для получения фотографий в затрудненных обстановках.

Шлем с внедренными BIM-технологиями значительно упрощает процесс постановки задачи рабочим на строительной площадке, так как информация предоставляется в виде визуального моделирования, что позволяет лучше понять задачи, которые необходимо выполнить. Такой способ постановки задач через дополненную реальность значительно повышает эффективность и улучшает коммуникации.

Также имеют немалое значение приспособления, способ управления программным обеспечением которых осуществляется с помощью жестов рук и

пальцев пользователя (контроллер прыжкового движения (Leap Motion Controller), Muo, Nimble VR, PrioVR).

Ниже рассмотрим их подробнее.

1. Контроллер Leap Motion Controller – технология, основанная на двух камерах и трех инфракрасных светодиодах, которые могут отслеживать 200 кадров в секунду и обеспечивают поле зрения в 150°. Недостаток данного приспособления в том, что он способен отслеживать относительно малый объем интерактивного 3D-пространства примерно 8 кубических футов, вследствие чего это позволяет делать лишь небольшие жесты рукой (смахивание, захват, заземление и штамповка).

2. Muo также основана на жестах пальцев и рук, но на базе мышечной активности. Данный прибор имеет вид повязки, которая оснащена различными датчиками ЭМГ медицинского уровня. Этот прибор используется не только на строительных площадках, но и в научных лабораториях, занимающихся сферой робототехники, а также работой с цифровыми демонстрациями.

3. Nimble VR состоит их камеры, которая помещена в гарнитуру Oculus, что избавляет от применения лишних ручных приборов. Этот прибор отличается от Leap Motion Controller тем, что он использует технологию измерения глубины во время полета, т.е. базируется на инфракрасном лазере, освещающем поле зрения в 110°.

4. PrioVR – это технология, представляющая собой целый костюм для измерения движения всего тела. Принцип действия – в беспроводном способе импорта данных движения в PrioVR, далее данные отправляются в его ПО VR в реальном времени. PrioVR состоит из датчика инфракрасного излучения и камеры, что может помочь осуществлять следующие операции: возведение объекта, движение кранов, снос конструкций, а еще позволяет совершать простые действия, например, открытие дверей в виртуальной реальности. Также можно использовать несколько костюмов для расширения спектра действий [2, с. 1130–1137].

### Список литературы:

1. An integrated laser and image surveying approach in support of model-based information technology for inventory of campus historic buildings / E. Dezen-Kempton, L. Soibelman, M. Chen, A.V. Müller Filho // Proc. of the 32nd CIB W78 Conference. – 2015. – P. 128–138.
2. Asgari Z., Rahimian F.P. Advanced virtual reality applications and intelligent agents for construction process optimisation and defect prevention // Procedia Engineering. – 2017. – № 196. – P. 1130–1137.
3. Brusaporci S., Maiezza P. Re-loading BIM: between spatial and database information modeling for architectural heritage documentation // Conference: XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación. – 2016. – P. 835–847.
4. Canevese E.P., De Gottardo T. Beyond point clouds and virtual reality innovative methods and technologies for the protection and promotion of cultural heritage // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2017. – XLII-5/W1. – P. 685–691.
5. Ekba S. BIM technologies in the inspection of buildings and structures // E3SWeb of Conferences. – 2019. – № 110. – P. 1–6.
6. Melnikova O.G., Oleinikov P.P. Information modeling of buildings: experience in the reconstruction of cultural heritage monuments // Sociology of the City. – 2013. – № 4. – P. 72–80.

7. Warcho A. The concept of LIDAR data quality assessment in the context of BIM modeling // The International Archives of the Photogrammetry, Re-mote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2019. – XLII-1/W2. – P. 61–66.
8. Yaagoubi R., Miky Ye. Developing a combined light detecting and ranging (LiDAR) and building information modeling (BIM) approach for documentation and deformation assessment of historical buildings // MATEC Web of Conferences. – 2018. – № 149. – P. 1–6.