

Строительный контроль с использованием облака точек и информационной модели здания

С.Б. Могучев

Московский государственный строительный университет

Аннотация: В статье рассматривается методика проведения строительного контроля с использованием информационной модели строительных конструкций и облака точек, полученного с применением технологии наземного лазерного сканирования. Предложенная методика позволяет повысить эффективность выявления геометрических отклонений в ходе контроля за строительством промышленных, гражданских и инфраструктурных объектов.

Ключевые слова: цифровые технологии, BIM-модель, информационная модель, облако точек, наземное лазерное сканирование, контроль за строительством.

Рассматривается практический опыт применения методики строительного контроля с использованием информационной модели здания и облака точек в реализации проекта производственно-складского комплекса площадью 11 тыс. м².

В проекте здания использовались следующие виды строительных конструкций:

- монолитный железобетонный каркас;
- металлические конструкции покрытия и внутренних площадок;
- сборные железобетонные цокольные панели.

Для подготовки проектной и рабочей документации была разработана детальная информационная модель строительных конструкций здания (Рисунок 1) совместно с моделью котлована (Рисунок 2).

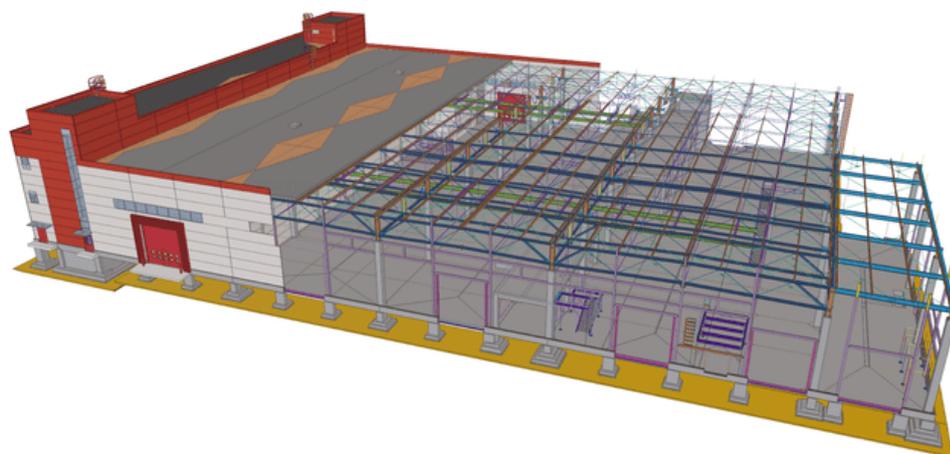


Рисунок 1. Информационная модель здания производственно-складского комплекса

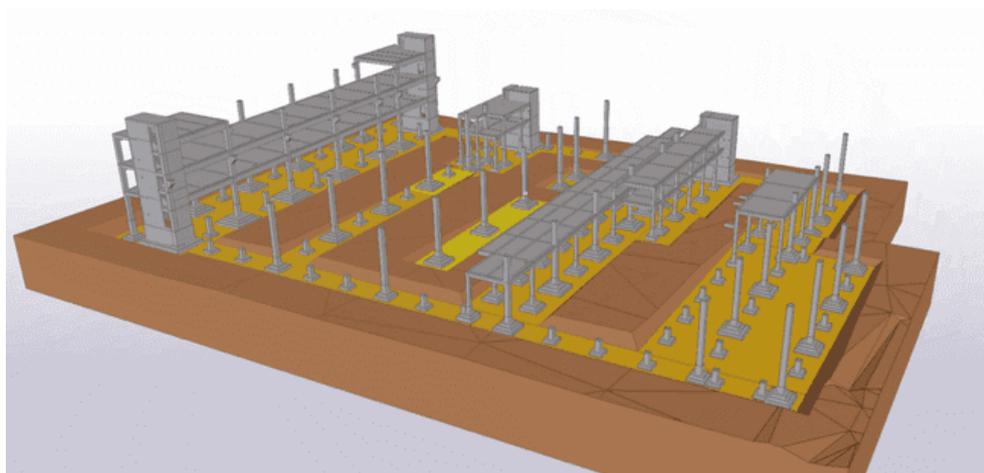


Рисунок 2. Вид модели монолитных железобетонных элементов каркаса здания с посадкой на модель котлована

Трёхмерная модель котлована позволила визуализировать посадку здания на основание и исключить ошибки в определении высотных отметок подошв фундаментов здания из-за уклона поверхности земли [1-3]. Контроль высотных отметок представлен на рисунке 3.

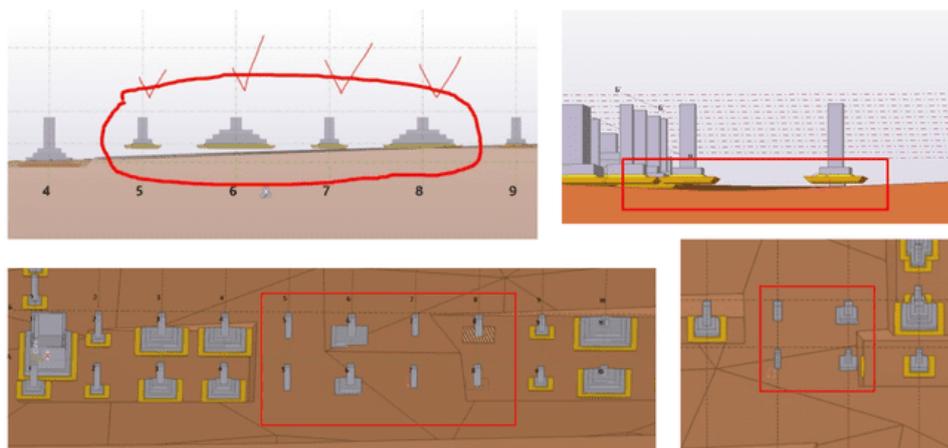


Рис. 3. Визуальный контроль высотных отметок в проекте фундаментов при посадке здания на основание

Для решения задач авторского надзора за ходом строительства, а также контроля отклонений и выполнения строительного контроля на площадке строительства применялась технология наземного лазерного сканирования [4]. На рисунке 4 представлены облака точек по результатам съёмки строительной площадки на этапе возведения фундаментов.



Рис. 4. Облака точек на этапе возведения фундаментов

Для эффективной работы с данными лазерного сканирования, облако очищается и классифицируется. На рисунке 5 представлено очищенное и классифицированное облако точек по котловану и фундаментам. Слои облака различных классов представлены соответствующими цветами.

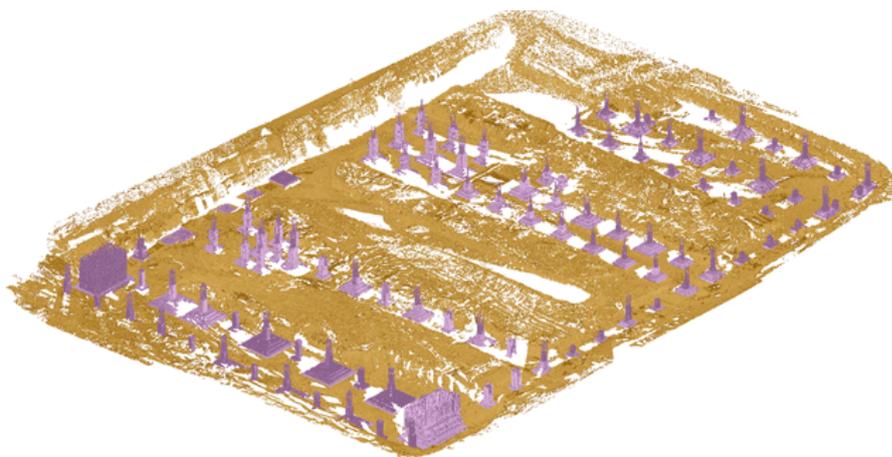


Рис. 5. Классифицированное облако точек фундамента и котлована

Представленная классификация позволяет фильтровать слои облака точек и представлять к визуализации только необходимые

Функция анализа отклонений между моделью и облаком точек в программном обеспечении Tekla Structures позволяет проанализировать, насколько фактическая геометрия элементов возводимого здания, включая геометрию котлована и положение элементов отлитых железобетонных конструкций, соответствуют твердотельной геометрии проектной информационной модели [5-7].

Данный анализ позволяет решать задачу по контролю земляных работ в камеральных условиях. Визуализация данных по допускам и отклонениям между моделью котлована и облаком точек представлена на рисунке 6.

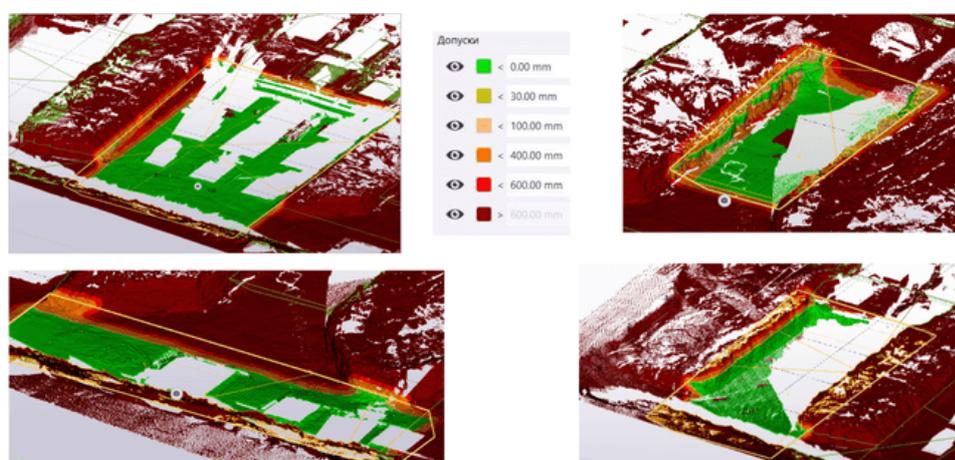


Рис. 6. Контроль земляных работ

Цветовая карта показывает предельные отклонения расстояния точек облака от выбранного объекта.

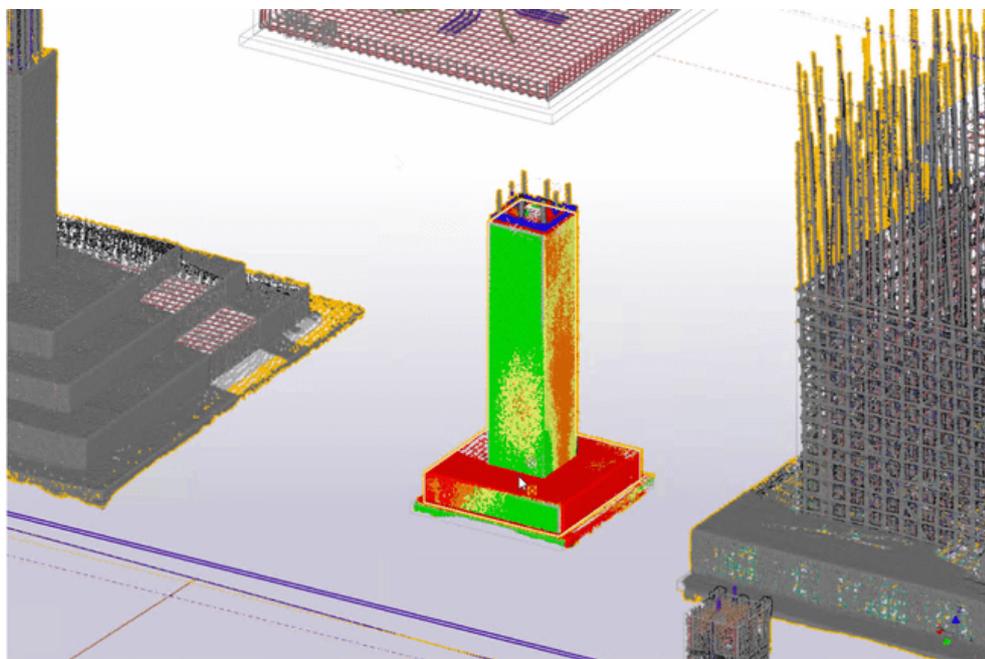


Рис. 7. Контроль отклонений отдельно стоящего фундамента

Настройки визуализации Tekla Structures позволяют представить допуски по выбранным элементам, в соответствии с Таблицей 5.12 СП70.133330. Несущие и ограждающие конструкции (Рисунок 8).

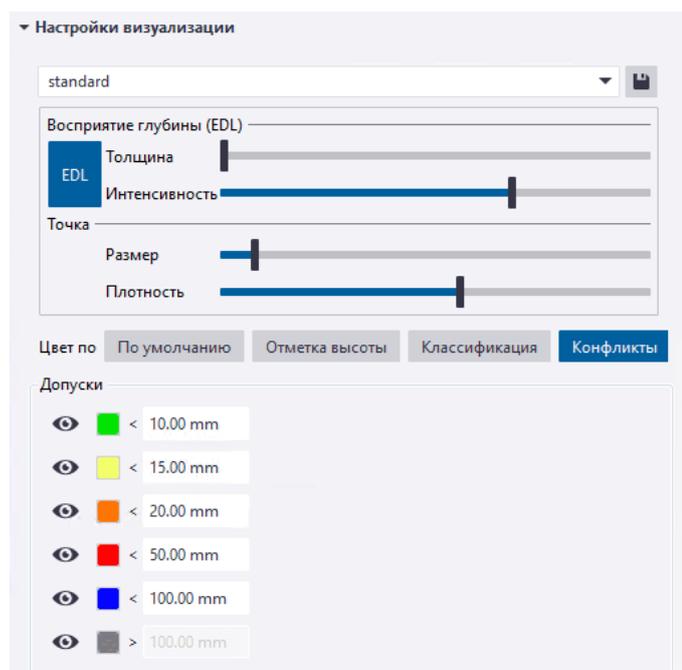


Рис. 8. Настройки визуализации в Tekla Structures

Таблица 5.12

Параметр	Предельные отклонения, мм	Контроль (метод, объем, вид регистрации)
1 Отклонение линий плоскостей пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту конструкций для:		Измерительный, каждый конструктивный элемент, журнал работ
фундаментов	20	
стен и колонн, поддерживающих монолитные покрытия и перекрытия	15	
стен и колонн, поддерживающих сборные балочные конструкции	10	
стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке, при отсутствии промежуточных перекрытий	1/500 высоты сооружения, но не более 100	
стен зданий и сооружений, возводимых в скользящей опалубке, при наличии промежуточных перекрытий	1/1000 высоты сооружения, но не более 50	

Рис. 10. Таблица 5.12 СП 70.133330. Несущие и ограждающие конструкции.

Наиболее высокий риск отклонения фактически отлитых элементов от проектной модели возникает у элементов колонн. На рисунке 8 представлен анализ отклонений по колоннам производственного корпуса. В одной из колонн были обнаружены отклонения более 50 мм по вертикали, по причине подрядчиком нарушения подрядчиком технологии монолитных работ [8-10].

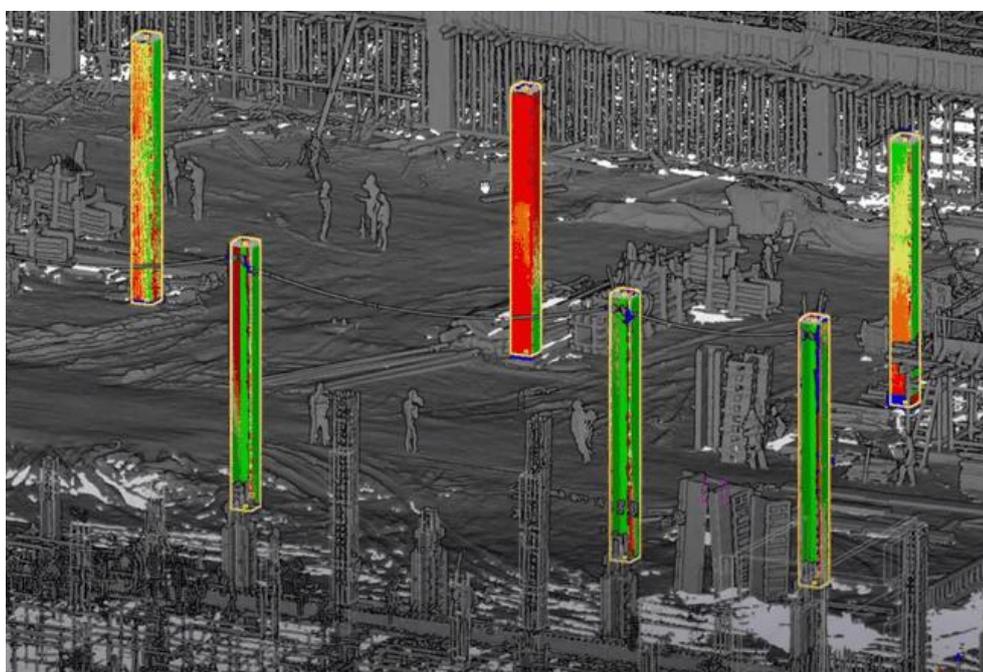


Рис. 9. Анализ отклонений по колоннам производственного корпуса.

Предложенный метод строительного контроля позволяет значительно повысить точность и скорость регистрации отклонений; в камеральных

условиях производить контроль по каждому конструктивному элементу и перенести ведение журнала работ по строительному контролю в информационную модель объекта.

Рабочие процессы на основе информационной модели позволяют свести к минимуму непредвиденные расходы и потери при строительстве, повысить эффективность проектирования, а использование облака точек позволяет повысить эффективность контроля за качеством производства строительно-монтажных работ и объединить информацию со строительной площадки и проектную модель в среде общих данных.

Литература

1. Талапов В.В. BIM и эксплуатация: не надо путать информационную модель с вечной иглой для примуса. URL:isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20900
2. Талапов В.В. Университет Минстроя НИИСФ РААСН, доклад BIM 065. BIM на этапах жизненного цикла объекта, связанных с его эксплуатацией. URL: youtu.be/1PZDPUO-p3I
3. Беляев А.В., Антипов С.С. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 1. С. 65–72.
4. Катрич А.Е. Получение и обработка данных наземного лазерного сканирования // Современные исследования основных направлений гуманитарных и естественных наук: сб. науч. тр. междунар. науч.-теор. конф. Казанский кооперативный институт (филиал) АНО ОВО ЦС РФ «Российский университет кооперации», 2017. С. 120–121.
5. Талапов В.В. Технология BIM и эксплуатация зданий. URL:isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17409



6. Манин П.А. Университет Минстроя НИИСФ РААСН, доклад BIM 140 Искусственный интеллект (AI) для решения задач строительной индустрии. URL: youtu.be/C7dBPvcebqE
7. Александрова О.А. Университет Минстроя НИИСФ РААСН, доклад BIM 068. Моделирование реальности – как 1 этап создания цифрового двойника объекта. URL: youtu.be/WZPWD8vv5Lc
8. Хайруллин М.Ф. Анализ современных методов создания эксплуатационной BIM-модели здания // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: сборник статей 77-ой всероссийской научно-технической конференции. Самара: СГТУ, 2020. С. 555–562.
9. Фураев Д. Опыт внедрения Tekla Structures в ЗАО «ПМП» с применением технологии лазерного сканирования // САПР и графика. 2017. № 3(245). С. 30–34.
10. Лапыгин А.А. Университет Минстроя НИИСФ РААСН, доклад BIM 135. ТЗ на лазерное сканирование – что учесть для оптимального результата. URL: youtu.be/TeSDQ1l2odk

References

1. Talapov V.V. BIM i ekspluatatsiya_ ne nado putat informacionnyuyu model s vechnoi igloi dlya primusa. [BIM and operation: do not confuse the information model with the eternal primus needle]. URL: isicad.ru/ru/articles.phparticle_num=20900
 2. Talapov V.V. Universitet Minstroya NIISF RAASN_ doklad BIM 065. BIM na etapah jiznennogo cikla obekta_ svyazannih s ego ekspluatatsiei. [University of the Ministry of Construction, NIISF RAASN, report BIM 065. BIM at the stages of the life cycle of the object associated with its operation]. URL: youtu.be/1PZDPUO_p3I
-

3. Belyaev A.V. Antipov S.S. Promishlennoe i grajdanskoe stroitelstvo. 2019. № 1. pp. 65–72.
 4. Katrich A.E. Poluchenie i obrabotka dannyh nazemnogo lazernogo skanirovaniya. Sovremennye issledovaniya osnovnyh napravlenij gumanitarnyh i estestvennyh nauk: sb. nauch. tr. mezhdunar. nauch.-teor. konf. Kazanskij kooperativnyj institut (filial) ANO OVO CS RF «Rossijskij universitet kooperacii». [Acquisition and processing of ground-based laser scanning data. Modern research of the main directions of the humanities and natural sciences: collection of scientific tr. international scientific-theoretical conf. Kazan Cooperative Institute (branch) of ANO OVO of the Central Committee of the Russian Federation "Russian University of Cooperation"]. 2017. pp. 120–121.
 5. Talapov V.V. Tehnologiya BIM i ekspluatatsiya zdanii. [BIM technology and building management]. URL: isicad.ru/ru/articles.phparticle_num=17409
 6. Manin P.A. Universitet Minstroya NIISF RAASN, doklad BIM 140 Iskusstvennyj intellekt (AI) dlya resheniya zadach stroitel'noj industrii. [University of the Ministry of Construction NIISF RAASN, report BIM 140 Artificial intelligence (AI) for solving the problems of the construction industry]. URL: youtu.be/C7dBpVcebqE
 7. Aleksandrova O.A. Universitet Minstroya NIISF RAASN_ doklad BIM 068. Modelirovanie realnosti – kak 1 etap sozdaniya cifrovogo dvoynika obekta. [University of the Ministry of Construction, NIISF RAASN, report BIM 068. Reality Modeling - as the 1st stage of creating a digital duplicate of the object]. URL: youtu.be/WZPWD8vv5Lc
 8. Hairullin M.F. Tradicii i innovacii v stroitelstve i arhitekture_ sbornik statei 77_oi vsrossiiskoi nauchno_tehnicheskoi konferencii. Samara. SGTU. 2020. pp. 555–562.
-



9. Furaev D. SAPR i grafika. 2017. № 3_245, pp. 30–34.
10. Lapigin A.A. Universitet Minstroya NIISF RAASN_ doklad BIM 135. TZ na lazernoe skanirovanie – chto uchest dlya optimalnogo rezultata. [University of the Ministry of Construction, NIISF RAASN, BIM 135 report. TOR for laser scanning - what to consider for optimal results]. URL: youtu.be/TeSDQ112odk