

УДК 699.8

## НОВЫЕ ИТ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ШИРОКИЙ СПЕКТР ПРИЛОЖЕНИЙ

**Коников Александр Ильич** Доцент, к.т.н. кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве (ИСТАС) НИУ МГСУ, Москва, Россия  
e-mail: [KonikovAI@mgsu.ru](mailto:KonikovAI@mgsu.ru), [a.konikov@gmail.com](mailto:a.konikov@gmail.com)

### **Аннотация.**

В настоящее время появилось новое поколение ИТ технологий: облачные вычисления, интеллектуальные вычисления, интернет вещей, большие данные и др. Многие решения построены на основе Интернет, более того, их внедрение потребовало разработки нового интернет протокола IPv6 - чтобы расширить адресное предыдущей версии IPv4. Часть решений относятся к современным телекоммуникациям: беспроводные каналы связи, современные версии Wi-Fi, беспроводные сенсорные сети. Список можно продолжать, он постоянно обновляется и расширяется. Ряд решений, относящихся к новым ИТ - технологиям применяются в строительной отрасли, требуется осмыслить накопившийся опыт, другие используются явно недостаточно, следует оценить возможности их внедрения. В статье проводится исследование новых ИТ-технологий с точки зрения возможности их использования в строительной отрасли.

**Ключевые слова:** строительство, интернет вещей, облачные вычисления, большие данные, машинное зрение

## NEW IT TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: A WIDE RANGE OF APPLICATIONS

Konikov Alexandr Ilich, Associate Professor, PhD, Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction (ISTAS), Moscow State University of Civil Engineering MGSU  
e-mail: [KonikovAI@mgsu.ru](mailto:KonikovAI@mgsu.ru), [a.konikov@gmail.com](mailto:a.konikov@gmail.com)

**Abstract.** Currently, a new generation of IT technologies has appeared: cloud computing, intelligent computing, the Internet of things, big data, etc. Many solutions are built on the basis of the Internet, moreover, their implementation required the development of a new Internet protocol IPv6 - to expand the address of the previous version of IPv4. Some of the solutions relate to modern telecommunications: wireless communication channels, modern versions of wi-fi, wireless sensor networks. The list goes on, it is constantly updated and expanding. A number of solutions related to new IT technologies are used in the construction industry, it is necessary to comprehend the accumulated experience, others are clearly not used enough, it is necessary to assess the possibilities of their implementation. The article conducts a study of new IT technologies from the point of view of the possibility of their use in the construction industry.

**Keywords:** construction, internet of things, cloud computing, big data, machine vision

### **1 Введение**

Прежде всего отметим, что по направлению «новые ИТ-технологии» имеются литературные источники: интернет вещей [1-3], облачные вычисления [4-6], граничные (периферийные, туманные) вычисления [7,8],

большие данные [9-12], цифровой двойник [13-14]. При рассмотрении будем их учитывать. Здесь по понятным причинам перечислены далеко не все, тем более, что список достаточно динамично обновляется.

## 2 Материалы и методы

Привлечем к рассмотрению элементы теории множеств.

Представим ИТ – технологии в виде множества  $W\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ , где элементы множества  $w_i$  – новый подход или технология ПиТ (например, цифровой двойник). Часть ПиТ не имеет непосредственного отношения к строительству (например, ПиТ используемые в интегральной микроэлектронике), они рассмотрению не подлежат, остальные ПиТ составляют подмножество  $P\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$  (см.рис.1)

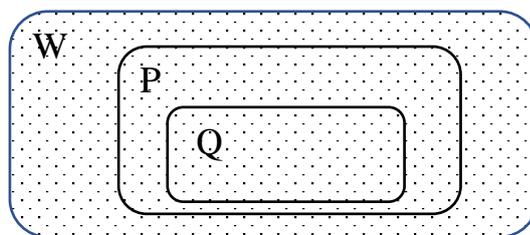


Рис. 1. Представление ИТ подходов и технологий в виде множеств

Таким образом, множество  $P\{p_1, p_2, \dots, p_k\}$  является подмножеством  $W\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ :

$$P \subseteq W \quad (1)$$

$$\forall p \in W \exists w \notin P \quad (2)$$

Итак, новые ПиТ, используемые в строительстве, составляют подмножество  $P\{ \}$ , это подмножество имеет достаточно много элементов (т.е. конкретных ПиТ), все их в рамках данной работы рассмотреть невозможно, поэтому выделим из  $P\{ \}$  подмножество  $Q\{ \}$

$$Q \subseteq P \quad (3)$$

$$\forall q \in P \exists p \notin Q \quad (4)$$

При выборе элементов подмножества  $Q\{ \}$  автор руководствовался данными из литературных и интернет-источников, мнением экспертов, собственного опыта, а также учитывал формат данной работы (статья).

Поскольку новых интересных ИТ-решений в строительстве достаточно много, то в статью вошли часть из них, остальные предполагается рассмотреть в дальнейшем.

Далее исследуются конкретные ИТ-решения и приложения в строительной отрасли, где они используются (или могут быть использованы). По методическим соображениям, решения сгруппированы по ИТ направлениям: беспроводные технологии, интернет вещей, машинное зрение т.п. Причем эти решения могут быть реализованы в сочетании с другими ИТ технологиями, чаще всего это облачные вычисления, большие данные, интеллектуальные вычисления.

Рассмотрим направление интернет вещей. Технология основана на применении средств радиочастотной связи для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением. Включает два направления: интернет вещей IoT - предполагает бытовое применение: свет, отопление, камеры наблюдения и промышленный интернет вещей IIoT. Область применения в строительстве: умный дом, системы мониторинга состояния зданий, автоматизированные системы эксплуатации здания и др. Интернет вещей предусматривает значительное количество дистанционных датчиков, эти датчики содержат большой объем разнообразной информации. Эта информация может быть эффективно обработана с помощью ИТ технологии большие данные, которая, помимо информации о состоянии самого здания, позволяет учесть данные, содержащиеся в технической документации, документах, регламентирующих условия эксплуатации зданий и т.п.

Кроме того, при реализации конкретных решений целесообразно использовать облачные вычисления (в варианте модели SAAS). Это позволит, помимо прочего, существенно снизить затраты. Наряду с облачными вычислениями, во многих случаях целесообразно воспользоваться граничными вычислениями – когда обработка данных производится на самом объекте строительства - где происходит генерации исходных данных. Это позволяет разгрузить интернет-трафик, сократить задержку между

переданными в удаленный центр обработки данными и полученными результатами.

Проиллюстрируем сказанное с помощью теории множеств (рис.2)

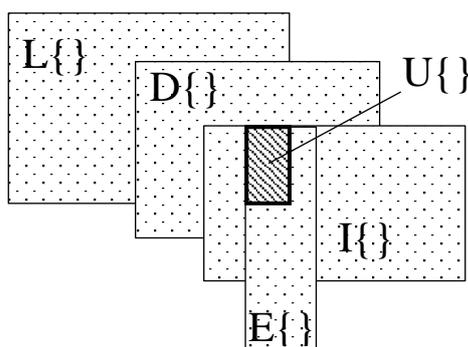


Рис. 2. Использование ИТ построенный на основе облачных решений, а также технологий большие данные, интернет вещей, граничные вычисления

ИТ, использующие все 4 ИТ-технологии, входят в множество  $U\{\}$ , являющееся пересечением множеств  $L\{\}$  (облачные вычисления),  $D\{\}$  (большие данные),  $I\{\}$  (интернет вещей) и  $E\{\}$  – граничные вычисления.

Использование комплекса новых технологий позволяет получить наилучший эффект, поскольку учитывает возможности каждой из составляющих технологий.

В строительной отрасли весьма востребованы решения на базе беспроводных технологий. Здесь прежде всего укажем спутниковые технологии: глобальные навигационные спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС являются основой систем транспортной логистики строительных компаний и входят в ряд других систем. Геостационарные спутниковые технологии известны меньше, они могут использоваться, например, в системах мониторинга удаленных объектов строительства расположенных в труднодоступных территориях со слабо развитой инфраструктурой связи.

Технология LTE входит класс беспроводных технологий, работающих на большие расстояния (является улучшенным вариантом технология WiMax). Может использоваться в системах мониторинга объектов капитального строительства, системах автоматизации крупных складов, в умном городе – в части, касающейся строительства и др.

Из всех беспроводных технологий наиболее широко используется технология Wi-Fi (имеется в виду, прежде всего, строительная отрасль).

Начнем рассмотрение с решения «структурированные кабельные сети» СКС. Это решение востребовано в строительной отрасли, поскольку позволяет объединить в виде единой системы локальные вычислительные сети, телефонные сети, системы безопасности и т.д. Все оборудование рассчитано на совместное использование и отвечает требованиям соответствующих нормативных документов. Если говорить кратко, то СКС состоит из межэтажной (вертикальной) подсистемы, которая, для обеспечения высокой пропускной способности, строится на основе оптоволоконной линии и горизонтальной подсистемы, которая в «классическом» варианте построена на основе медных витых пар. Использование Wi-Fi в горизонтальной подсистеме в прежние годы сдерживала недостаточно высокая скорость передачи и относительно низкая информационная безопасность. Появление последних версий Wi-Fi обеспечивающих высокую пропускную способность и лучшую информационную защиту (благодаря более совершенные протоколам шифрования данных WPA и WPA2) сделало применение Wi-Fi в горизонтальных подсистемах достаточно привлекательным, тем более что основное полезное свойство беспроводных систем – мобильность сотрудников никуда не делось.

Еще одно направление использования Wi-Fi в строительстве – складские помещения: там используются терминалы сбора данных со считывателями штрих кодов, ручные промышленные сканеры, мобильные принтеры и другие устройства.

Говоря об использовании беспроводных технологий в строительстве нельзя не упомянуть беспроводную сенсорную сеть, включает множество датчиков, объединённых между собой посредством радиоканала, базируются на стандарте IEEE 802.15.4. Это весьма перспективное решение для систем мониторинга состояния здания, систем эксплуатации зданий и т.п.

Рассмотрим направление: использования в строительстве технологии машинное зрение. Это направление по праву входит в число новых ИТ-технологий. Не стоит смешивать систему машинное зрение с простой камерой, передающей тем или иным способом полученную информацию. Машинное зрение – это достаточно сложная система, состоящая из системы камер, АЦП и других устройств ввода-вывода, мощного многоядерного вычислительного устройства, общего и специального программного обеспечения (рассчитанного на обработку изображений), особых устройств освещения и др.

Для удобства, сведем варианты использования машинного зрения в строительстве в таблицу<sup>1</sup>.

Таблица 1.

Области использования в строительстве машинного зрения

№	Область использования с строительной отрасли
1.	Контроль качества сварных конструкций (балки, фермы, колонны, каркасы). Обеспечивает возможность 24 часовой работы и высокое качество. Качество результатов кардинально повышается при использовании интеллектуальных вычислений и больших данных.
2.	Отбраковка материалов и комплектующих изделий непосредственно на строительной площадке (используется в сочетании с транспортером, на который укладывается изделие)
3.	Контроль за состоянием трещин здания (могут заменить или работать в сочетании с датчиками)
4.	Контроль строительной площадки (контроль прохода на территорию, предотвращение хищений строительных материалов, обеспечение безопасности персонала и др.)
5.	Умный дом (контроль помещений, освещения и т.п.)
6.	Мониторинг высоко расположенных фрагментов здания.
7.	Умный городе(в части, касающейся строительства)

В большинстве приведенных решениях, машинное зрение может использоваться в сочетании с ИТ технологиями: интеллектуальные вычисления, облачные вычисления, большие данные. Это соответствует современным трендам в ИТ области и выводит результаты на качественно более высокий уровень.

### **3. Основные результаты работы**

В настоящее время появились новые ИТ технологии: облачные вычисления, интеллектуальные вычисления, интернет вещей, большие данные и др. Часть из них применяются в строительной отрасли, другие используются явно недостаточно. Поэтому актуально исследование новых ИТ-технологий в контексте их использования в строительной отрасли.

При исследовании данного вопроса целесообразно использовать элементы теории множеств. Приведены соответствующие диаграммы и математические соотношения.

Рассмотрены конкретные ИТ-решения, по методическим соображениям, решения сгруппированы по ИТ направлениям: беспроводные технологии, интернет вещей, машинное зрение т.п. Указано, что эти решения могут быть реализованы в сочетании с другими ИТ технологиями, чаще всего это облачные вычисления, большие данные, интеллектуальные вычисления.

Исследовано первое направление: интернет вещей. Указаны области применения в строительстве: умный дом, системы мониторинга состояния зданий, автоматизированные системы эксплуатации здания и др.

Отмечено, что в строительной отрасли весьма востребованы решения на базе беспроводных технологий. Вначале рассмотрены спутниковые системы. Указано, что глобальные навигационные спутниковые системы являются основой систем транспортной логистики строительных компаний.

Констатировано, что в строительной отрасли весьма востребована технология Wi-Fi: используется в структурированных кабельных системах СКС – в горизонтальных подсистемах, где она может эффективно заменить традиционный вариант - витые медные пары. Другое важное направление Wi-Fi в строительстве – складские помещения: там используются терминалы сбора данных со считывателями штрих кодов, ручные промышленные сканеры, мобильные принтеры и т.п.

Рассмотрено направление, основанное на технологии машинное зрение. Указано 7 конкретных приложений в строительной индустрии, где это

направление может быть использовано. В большинстве этих приложений машинное зрение может быть использовано в сочетании с другими новыми ИТ-технологиями, что отвечает современным трендам в ИТ технике и способствует получению более качественных результатов.

#### Литература

1. Ghosh, A., Edwards, D.J. and Hosseini, M.R. Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. Закономерности и тенденции в исследованиях в области Интернета вещей (IoT): будущие приложения в строительной отрасли. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2021. Vol. 28 No. 2, pp. 457-481. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2020-0271>
2. Кычкин А.В., Дерябин А.И., Викентьева О.Л., Шестакова Л.В. Проектирование IoT-платформы для управления энергоресурсами интеллектуальных зданий. [Proektirovanie IoT- platformy dlja upravlenija jenergoresursami intellektual'nyh zdanij] Designing an IoT Platform for Energy Management of Smart Buildings//Прикладная информатика. 2018, Том 13 №. 4 (76), с. 29-41
3. Koohang A., Carol Springer Sargent, Jeretta Horn Nord, Joann Paliszkievicz Internet of Things (IoT): From awareness to continued use. Интернет вещей (IoT): от осведомленности к постоянному использованию. *International Journal of Information Management*. Volume 62, February 2022, 102442, DOI 10.1016/j.ijinfomgt.2021.102442
4. Максимов К.В. Эффективность использования облачных вычислений: методы и модели оценки. [Jeffektivnost' ispol'zovanija oblachnyh vychislenij: metody i modeli ocenki] The Effectiveness of Using Cloud Computing: methods and models of evaluation//Прикладная информатика. 2016, Том 11, №. 1(64), с. 106-113
5. Wang H., He W., and Wang F.K. Enterprise cloud service architectures. Архитектуры облачных служб предприятия. *Inf. Technol. Manag.*, vol. 13, no. 4, pp. 445–454, 2012.
6. Облачные вычисления (cloud computing). [Oblachnye vychisleniya] Cloud computing // Tadviser. Государство. Бизнес. Технологии. 2015, № 4-22
7. Кирсанова А.А., Радченко Г.И., Черных А.Н. Обзор технологий организации туманных вычислений [Obzor tekhnologi j organizacii tumannyh vychislenij] Overview of Edge Computing Technologies//Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2020. Т. 9, № 3. С. 35–63. DOI: 10.14529/cmse200303
8. Medeiros T.C., Soares E., Vieira Campos C.A. An Intelligent Transportation System Application using Mobile Edge Computing. Интеллектуальная транспортная система с использованием мобильных граничных вычислений. 2021 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC). 2021, V1. DOI: 10.1109/ISCC53001.2021.9631498
9. Konikov A., Konikov G. Big Data is a powerful tool for environmental improvements in the construction business [Большие данные – мощный инструмент для улучшения окружающей среды в строительном бизнесе]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 90, p. 012184.
10. Коников. А.И. Исследование ряд аспектов использования технологии Big Data в строительстве. A study of some aspects of the Big Data technology in construction // Бюллетень строительной техники, 2019, № 2, С.28-29.
11. Ivanov N., Gnevanov M. Big data: perspectives of using in urban planning and management [Большие данные: перспективы использования в городском планировании и управлении]. *MATEC Web of Conferences* 170, 01107 (2018)
12. Волюнсков В. Э. "Большие данные" (BIG DATA) в градостроительстве [Bol'shie dannye" (BIG DATA) v gradostroitel'stve] Big Data in urban planning// Academia. Архитектура и строительство. 2017. № 2. С. 29-32.

13. Боровков А.И. Цифровые двойники в условиях четвертой промышленной революции [Cifrovye dvojniki v usloviyah chetvertoj promyshlennoj revolyucii] Digital Twins in the Fourth Industrial Revolution //CONNECT. Мир информационных технологий, 2021 №01-02 с.50-53
14. Rudskoy A, Pin I, Prokhorov A. Digital Twins in the Intelligent Transport Systems. Цифровые двойники в интеллектуальных транспортных системах. Transportation Research Procedia 54 (2021) 927–935. TransSiberia 2020 Conference. DOI:10.1016/j.trpro.2021.02.152