

## Киберфизические системы в строительной отрасли

*Е.И. Насонов, Е.В. Макиша*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** В рамках статьи вниманию читателей предлагается рассмотреть киберфизические системы и возможность их использования в строительной отрасли. Поскольку в рамках строительного процесса приходится решать задачи, традиционно относящиеся к классу плохо формализуемых, происходит накопление и передача огромных объемов чаще всего разнородной по своей структуре и назначению информации. В результате подробного анализа предпосылок создания, структуры и функций киберфизических систем, авторы устанавливают, что решением подобных задач занимаются киберфизические системы. Важность применения киберфизических систем в строительной отрасли обуславливается её значительной ролью в экономике любой страны. Авторы определяют ряд направлений применения киберфизических систем в строительстве, из которых можно выделить: мониторинг и контроль различных параметров и систем, логистика и многие другие.

**Ключевые слова:** строительство, кибернетика, киберфизическая система, кибернетика строительных систем, интернет вещей, интернет сервисов, интернет людей, единое информационное пространство, строительная система, синергия киберпространства и реального мира.

Нынешнее развитие технологий позволяет нашему обществу порой даже не задумываться, какие сложные вычислительные и ресурсоемкие задачи выполняются в тот момент, когда мы обращаемся к голосовому помощнику в нашем смартфоне или иному умному устройству, когда работаем с различными терминалами или сетями. При этом интеллектуальные устройства с каждым годом приобретают все больше новых возможностей, становятся сложнее, но при этом остаются относительно недорогими. Многие из них имеют доступ к сети интернет. Мы просто делаем свой выбор, принимаем то или иное решение, а дальше алгоритмы и техника решают поставленные задачи [1-3]. Обратите внимание, насколько в повседневной жизни стало привычным такое взаимодействие человека с техническими устройствами. Иными словами, мы наблюдаем синергию киберпространства и реального мира.

Современное общество можно представить и рассмотреть в виде широкомасштабного информационного пространства, состоящего из людей и огромного количества разнообразных умных устройств. Также неотъемлемой частью данного пространства являются различные подсети. С точки зрения концепции Интернета рассматриваемое информационное пространство образует Интернет Вещей, который состоит из умных домов, фабрик, систем снабжения энергетическими ресурсами, при этом любой объект, находящийся в Интернете вещей, имеет возможность получать информацию из окружающей среды, управлять полученными данными, передавать их другим участникам сети – Интернету людей (человеческое общество) и Интернету сервисов (Social Web и Business Web). Все эти крупномасштабные сети так или иначе пересекаются и взаимодействуют между собой.

Интернет людей и сервисов представляют собой более понятные явления: с одной стороны, выступает человеческое общество с другой – некоторый набор веб-сервисов различного назначения, которые взаимодействуют между собой посредством стека протоколов TCP/IP [4-6].

Интернет вещей – это не просто сеть для передачи пакетов данных, это куда более сложное образование. С одной стороны – это сложная динамичная распределенная среда, которая состоит из множества умных устройств, связанных между собой. При этом, как было сказано ранее, любой объект, находящийся в Интернете вещей, имеет возможность получать информацию из окружающей среды, управлять полученными данными, передавать их другим участникам сети. С другой стороны – это революционная технология, которая, как представляется, дает возможность привнести инновации в социальную среду и усовершенствовать имеющиеся бизнес-процессы, а также повышать эффективность систем.

Обобщая вышесказанное, можно дать следующее определение. Интернет вещей – это сеть физических объектов, которые имеют встроенные

---

технологии, позволяющие осуществлять взаимодействие с внешней средой, передавать сведения о своем состоянии и принимать данные из вне. То есть, по сути, это независимая сеть, объединяющая множество умных устройств, которые могут взаимодействовать между собой [4-6].

Информационное пространство, образованное на основе интернета людей, вещей и сервисов, дает основу для развития и применения киберфизических систем. Системы данного класса заслуживают детального изучения и являются приоритетным направлением развития многих стран, в том числе и России [4-6].



Рисунок 1. Структура информационного пространства

Термину киберфизическая система можно дать следующее определение: это системы, которые состоят из различных природных объектов, искусственных подсистем и управляющих контроллеров, позволяющих представить такое образование как единое целое [6]. В киберфизических системах реализована тесная связь и координация между вычислительными и физическими ресурсами. Компьютеры осуществляют мониторинг и управление физическими процессами с использованием такой петли обратной связи, где происходящее в физических системах оказывает влияние на вычисления и наоборот [6].

Так как киберфизические системы находятся на стыке множества различных систем, может показаться, что они имеют сходство с GRID-системами, системами межмашинного взаимодействия, системами туманных и облачных вычислений, но это не так. Поскольку нельзя ограничивать свое представление о киберфизических системах только техническими средствами. Для таких сложных систем необходимо вести разработку новых кибернетических подходов к моделированию, так как именно модели являются центральным моментом в науке и инженерии. В тоже время киберфизические системы благодаря своей концепции имеют возможность для создания большого количества различных интеграций с другими системами.

Обобщая выше сказанное, можно отметить самое главное достоинство киберфизических систем, а именно интеграцию вычислительных ресурсов в физические процессы, объединение всех взаимодействующих элементов в единое информационное пространство, с дальнейшим анализом поступающих данных в реальном времени для прогнозирования, самонастройки и адаптации к возникающим изменениям [6]. Создание киберфизических систем в будущем может привести к кардинальным изменениям во взаимодействии с физическим миром, к которым в свое время привело появление Всемирной паутины.

В виду своей особенности киберфизические системы могут использоваться в различных областях человеческой деятельности, включая промышленные, транспортные, энергетические, экономические, военные системы, системы жизнеобеспечения, умные сооружения и города.

Как представляется, киберфизические системы могут найти свое применение в том числе и в инвестиционно-строительной сфере. В современном мире строительная отрасль занимает одно из важнейших мест в экономике страны. Она является своего рода катализатором для развития и

---

привлечения инвестиций в смежные отрасли, так как их экономическая эффективность и производительность во многом обеспечивается благодаря интенсивному развитию строительства [7].

Получение максимальной прибыли – это главная цель строительной организации. Одновременно немаловажным является осуществление поддержки строительного объекта на всех этапах его жизненного цикла [8-11]. Достигнуть этого возможно только при эффективном управлении совместной деятельностью предприятия с использованием информационных технологий [12].

В строительной деятельности и в самом процессе строительства обычно задействовано множество связанных между собой элементов, составляющих. В процессе работы происходит накопление и передача огромных объемов чаще всего разнородной по своей структуре и назначению информации. Поэтому, как представляется, чтобы справляться с поступающими задачами и уметь реагировать на изменения во внешней среде, необходимо своевременно обрабатывать информацию, анализировать ее и принимать управляющие решения.

Соответственно, чтобы повысить эффективность деятельности строительной организации и отрасли в целом, иными словами вывести их на качественно новый уровень, требуется разработка принципиально новых систем. Поскольку Интернет вещей и киберфизические системы призваны поддерживать приложения, способные обрабатывать в режиме реального времени огромные объемы разнородных данных, поступающих из окружающей среды, а также иных смежных систем, стоит рассмотреть именно их применение в строительной отрасли.

Применение киберфизических систем, как представляется, позволит ускорить реализацию концепции «разумных городов», что даст возможность использовать информационные технологии для эффективного и

---

результативного управления ресурсами и строительными объектами, позволит сократить энергопотребление, повысить безопасность и защищенность, создать комфортные условия и так далее. Например, киберфизические системы могут производить мониторинг использования энергетических ресурсов, выполнять контроль качества воды, управлять канализацией, самостоятельно определять и контролировать степень ущерба для объекта в случае возникновения непредвиденных событий. Уже в настоящее время киберфизические системы находят свое применение в области логистики. Это дает возможность использовать их в процессе управления цепочками поставок для строительных объектов, что в свою очередь позволит сократить затраты не только на перевозках и хранении, но и на складских запасах. Вся информация о грузах, складах, транспорте в режиме реального времени поступает в систему. Груз отслеживается на всех этапах доставки, а система в зависимости от имеющихся ресурсов принимает решения о необходимых действиях. При возникновении нештатного сценария система адаптируется к изменениям и ищет выход из сложившейся ситуации [6].

Уже некоторое время такие страны как США, Германия, Китай, Корея ведут разработки в области киберфизических систем. Они занимаются формированием подходов к созданию систем такого класса, а также инициируют попытки внедрения в различных отраслях. В России же киберфизические системы только начинают свое развитие. Системы данного класса, а также методика их построения, являются актуальным и малоизученным направлением. Начало российским исследованиям положила Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р. Кроме того, активно функционирует технический комитет «Киберфизические системы».

---

На основании выше сказанного можно сделать выводы о том, что киберфизические системы действительно являются актуальными для изучения как в целом, так и с точки зрения использования их в строительной отрасли, поскольку могут принести неоценимый вклад в данное направление, позволить создать новые киберфизические строительные системы и вывести строительную отрасль на новый уровень развития.

### Литература

1. Пахомов Е.В. Цифровизация умного города // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4507](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4507)
2. Пахомов Е.В. Технологическая основа умного города // Инженерный вестник Дона, 2017, № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4366](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4366)
3. Насонов Е.И., Петрова С.Н. Облачные технологии и возможность их применения в строительстве // Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве сборник научных трудов кафедры ИСТАС НИУ МГСУ / под ред. Н.А. Гаряева; М-во образования и науки Росс. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Электрон. дан. и прогр. (4,92 Мб). – Москва : НИУ МГСУ, 2015. – URL: [mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa](http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa). – Загл. с титул. экрана., с. 128-133.
4. Волков А.А. Кибернетика строительных систем. Киберфизические строительные системы // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. с. 4-7.
5. Волков А.А. Умный город: конвергентный социо-киберфизический комплекс // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9. С. 4-11.
6. Волков А.А., Насонов Е.И. Киберфизические системы: зарубежный и отечественный опыт // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы сборник материалов семинара, проводимого в рамках

VI Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» (г. Москва, 14–16 ноября 2018 г.) / М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (7 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2018. — URL: [mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/](http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/). — Загл. с титул. экрана., с. 184-188.

7. Волков А.А., Петрова С.Н., Гинзбург А.В., Иванов Н.А., Клашанов Ф.К., Конилов А.И., Никитина С.В., Постнов К.В. Информационные системы и технологии в строительстве // Министерство образования и науки Российской Федерации, Московский государственный строительный университет. Москва, 2015. Сер. Строительство. с. 5-13.

8. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №9. с. 61-65.

9. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта. Информационные ресурсы России. 2016. № 5 (153). С. 28-31.

10. Galkina E., Kuzina O. Building information model verification at the lifecycle stage of construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. V. 365, 062031.

11. Volkov A., Kuzina O. Complementary assets in the methodology of implementation unified information model of the city environment project life cycle // Procedia engineering. 2016. V. 153. pp. 838-843.

12. Насонов Е.И., Петрова С.Н. Актуальные вопросы внедрения информационной поддержки строительных объектов в отечественном строительстве // Научное обозрение. 2017. № 7. С. 115-119.

---

## References

1. Pakhomov E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4507](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4507)
  2. Pakhomov E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, № 3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4366](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4366)
  3. Nasonov E.I., Petrova S.N. Informatsionnye sistemy, tekhnologii i avtomatizatsiya v stroitel'stve: sbornik nauchnykh trudov kafedry ISTAS NIU MGSU. Moskva: NIU MGSU, 2015. URL: [mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa](http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa). pp. 128-133.
  4. Volkov A.A. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2017. № 9. pp. 4-7.
  5. Volkov A.A. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2018. № 9. S. 4-11.
  6. Volkov A.A., Nasonov E.I. Sistemotekhnika stroitel'stva. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy: sbornik materialov seminar, provodimogo v ramkakh VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noy nauke i obrazovanii» (g. Moskva, 14–16 noyabrya 2018 g.) Moskva : Izdatel'stvo MISI – MGSU, 2018. URL: [mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/](http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/). pp. 184-188.
  7. Volkov A.A., Petrova S.N., Ginzburg A.V., Ivanov N.A., Klashanov F.K., Konikov A.I., Nikitina S.V., Postnov K.V. Informatsionnye sistemy i tekhnologii v stroitel'stve. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Moskovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet. Moskva, 2015. Ser. Stroitel'stvo. pp. 5-13.
  8. Ginzburg A.V. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2016. №9. pp. 61-65.
  9. Ginzburg A.V. Informatsionnye resursy Rossii. 2016. № 5 (153). pp. 28-31.
-



10. Galkina E., Kuzina O. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. V. 365, 062031.
11. Volkov A., Kuzina O. Procedia engineering. 2016. V. 153. pp. 838-843.
12. Nasonov E.I., Petrova S.N. Nauchnoe obozrenie. 2017. № 7. pp. 115-119.