

1. Плотникова И.А., Сорокина И.В. Проблемы развития современного жилищно-коммунального хозяйства. // Проблемы развития территории. Выпуск 6 (104). – Москва. 2019. С. 52 – 67.
2. Чаадаев В.К., Чаадаева В.В. Информационные ресурсы ЖКХ – создание, использование и эксплуатация // Факторы повышения эффективности российской экономики: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Краснодар. – 2014. С. 302 – 308.
3. Чаадаев В.К., Чаадаева В.В. Актуальные аспекты создания и развития единого информационного пространства ЖКХ // Прогрессивные технологии развития». – 2013. – № 11. С. 68–76.
4. Костиков М.Г., Миронов В.В. Автоматизация проектирования нормативов потребления коммунальных услуг / Информационные технологии / Межвузовский сборник научных трудов. – Рязань: BookJet, 2018. С. 31 – 37.
5. Костиков М. Г. Моделирование операции расчета стоимости коммунальной услуги при использовании двухкомпонентных режимов потребления // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 68. С. 90–97.
6. Миронов В.В., Новикова М.Ю. Экономико-математический анализ современного этапа развития космических ракет-носителей // Экономика и математические методы, 2015. Т.51, № 4. – С.96–110.
7. Анিকেев С. В., Костиков М. Г., Маркин А. В. Автоматизация настройки расчета за коммунальные услуги в системе «Абонент» Сборник «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем». – Рязань, РГРТУ, 2011.
8. Ларин С.Н., Ларина Т.С., Юрятина Н.Н. Учет внутренних факторов неопределенности при разработке современных технологий управления институциональными агентами сферы жилищно-коммунального хозяйства. // Актуальные вопросы современной науки, 2016. С. 199–208.
9. Анিকেев С.В., Миронов В.В. Методологические основы построения программного комплекса синтеза проектных решений в задачах внедрения информационных систем расчетов с населением за жилищно-коммунальные услуги/Современные технологии в науке и образовании /Сборник трудов III межд. науч.-техн. и науч. метод. конф. – Рязань, BookJet, 2018. Т. 4. С. 224 – 228.
10. Постановление правительства Российской Федерации о порядке предоставления коммунальных услуг гражданам от 6 мая 2011 г. №354.
11. Анিকেев Д.В., Анিকেев С.В., Костиков М.Г., Маркин А.В., Пудова А.В. Концептуальная модель биллинга коммунальных ресурсов и жилищных услуг // Наука в современном мире: приоритеты развития. Материалы V Международной научно-практической конференции. – Уфа: 2019 С. 64 – 73.
12. Анিকেев С.В., Костиков М.Г., Маркин А.В. Математическая модель определения активных услуг на основе матричной алгебры // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. № 54. С. 139–144.
13. Анিকেев С.В., Костиков М.Г. О математической модели ведения расчета за жилищно-коммунальные услуги. Сборник «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем». – Рязань, РГРТУ, 2013.
14. Государственная информационная система жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ) / Оснащенность многоквартирных домов общедомовыми приборами учета. [Электронный ресурс] <https://dom.gosuslugi.ru/#!/common-meters>, дата обращения 28.09.2020.
15. Адаптируемая модель данных на основе многомерного пространства Балдин А.В., Елисеев Д.В. - Электрон. журн. – М.: «Наука и образование: электронное научно-техническое издание», 2010 [Электронный ресурс] / <http://technomag.edu.ru/doc/161410.html>, дата обращения 28.09.2020.
16. Карпенко А.С. Развитие многозначной логики. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 444с.

© М.Г. Костиков, В.В. Миронов

Ссылка для цитирования:

М.Г. Костиков, В.В. Миронов. Принципы реализации расчета стоимости жилищно-коммунальных услуг при использовании общедомовых приборов учета в автоматизированной системе // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАOU АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 133–139.

УДК: 519.876.5, 1. 624.9

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АДАПТАЦИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

Д.А. Лысенко
НИУ МГСУ

С развитием технологий информационного моделирования становится доступным создание информационных моделей объектов строительства. С использованием данных моделей принимаются попытки создания цифровых двойников строительных объектов. В данной статье объект строительства рассматривается как объект, для которого возможно создать информационную модель с целью создания цифрового двойника. Автором предложен метод автоматизированной адаптации цифрового двойника объекта строительства, который позволяет в автоматизированном режиме актуализировать цифровой двойник физическому объекту.

Ключевые слова: цифровые двойники объектов строительства, адаптивность, автоматизированная адаптация, коэффициент адаптации, коэффициент постоянной времени.

THE METHOD OF AUTOMATED ADAPTATION OF THE DIGITAL TWIN OF THE CONSTRUCTION OBJECT

D.A. Lysenko
NUR MGSU

With the development of information modeling technologies, it becomes possible to create information models of construction objects. Using these models, attempts are made to create digital twins of construction objects. In this article, a construction object is considered as an object for which it is possible to create an information model in order to create a digital twin. The author proposes a

method for the automated adaptation of a digital twin of a construction object, which allows to automatically update a digital twin to a physical object.

Key words: digital twins of construction projects, adaptability, automated adaptation, adaptation coefficient, time constant coefficient.

Сегодня, с ростом возможностей применения информационных технологий в строительной отрасли, предоставляются ресурсы, с помощью которых можно создавать цифровые модели зданий и сооружений при проектировании, использовать наработки на этапе строительства и передавать их на этап эксплуатации объекта. На этапе эксплуатации информационные модели могут быть интегрированы с системами диспетчеризации объекта, тем самым предоставляя доступ к новым возможностям реализации самого процесса управления зданием.

При описании таких систем эксплуатации приходит понимание, что на определенном этапе формируется понятие цифрового двойника строительного объекта.

Цифровые двойники широко используются в производстве, машиностроении, космической отрасли. [1] Цифровым двойником в этих отраслях могут быть отдельные системы, процессы и точные цифровые копии объектов, производств. Для них сформированы подходы, требования и сформулированы задачи, которые должны решать цифровые двойники.

Исходя из опыта использования цифровых двойников, можно сформулировать задачи, которые они помогают решить:

- визуализация объекта;
- поддержка всех этапов жизненного цикла объекта;
- поддержка моделирования, прогнозирования, аналитики и анализа поведения двойника с учетом реальных данных, полученных от физического объекта;
- цифровая среда, обеспечивающая процессы совместной работы и единое пространство.

Современное строительство все чаще прибегает к использованию возможностей информационного ведения своих производственных и технологических процессов. Таким образом, комбинация систем, использующихся на ранних стадиях строительства и на этапе эксплуатации, с применением опыта в смежных отраслях экономики, предоставляет возможность создания цифрового двойника строительного объекта.

Итак, в основе цифрового двойника объекта лежат информационная и имитационная модели [1–4]. И основная идея цифрового двойника объекта заключается в корректировке, поддержании имитационной модели объекта по результатам данных, полученных с реального объекта в процессе эксплуатации.

Такой процесс называется адаптацией цифрового двойника.

Адаптация цифрового двойника должна происходить автоматически, для его приведения к соответствию физическому объекту. При определенном уровне синхронизации будет достижима конвергенция между физическим объектом строительства и его цифровым двойником.

Для обеспечения автоматизированной адаптации цифрового объекта был сформулирован метод, который учитывает следующие данные:

- 1) проектную имитационную модель;
- 2) параметры работы физического объекта;
- 3) информационную технологию автоматизированной адаптации цифрового двойника объекта строительства.

Логико-смысловая схема представлена на рис. 1.

Над такими возможностями в области строительства только начинают работать специалисты. Поэтому необходима разработка требований и подходов, нормативной и методологической базы для создания цифровых двойников объектов строительства.

На схеме представлены блоки физического объекта, цифрового двойника, адаптированного цифрового двойника с набором инженерных систем, которым присвоены индексы, по которым в свою очередь записывается информация.

При помощи технических средств автоматизации опрашиваются параметры работы инженерных систем физического объекта и записывается матрица B . В результате моделирования, на основе данных, полученных от имитационных моделей, формируется матрица A .

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{481} & \dots & a_{48n} \end{pmatrix}$$
 – матрица параметров цифрового объекта строительства.

При помощи разработанной информационной технологии формируется адаптированная физическому объекту A_A .

Матрица значений адаптированного цифрового двойника описывается выражением:

$$A_A(t) = A(t)K_A(t), \quad (1)$$

где $A(t)$ – значение матрицы параметров цифрового объекта строительства A в момент времени t ; $K_A(t)$ – коэффициент адаптации.

Коэффициент адаптации (K_A) – величина, которая используется для адаптации элементов системы на определенном промежутке времени (постоянная времени) [9].

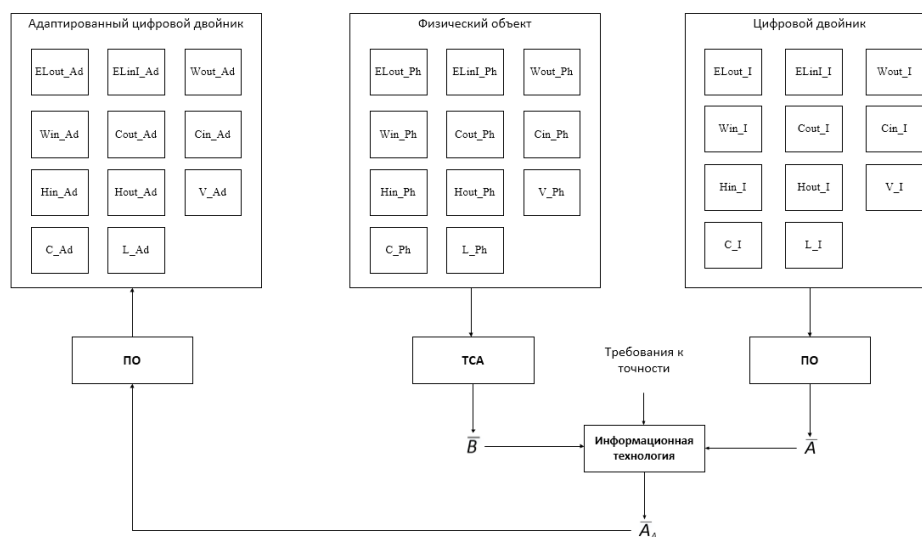


Рис. 1. Логико-смысловая схема метода автоматизированной адаптации цифрового двойника объекта строительства

Постоянная времени – это период времени, при котором цифровой двойник является адекватным. Постоянная времени равна отрезку времени, при котором разница в измерениях не превышает погрешность измерения.

Для определения времени, при котором коэффициент адаптивности действителен (постоянная времени), необходимо обновлять данные параметров физического объекта до тех пор, когда новое значение будет отличаться от предшествующего на величину большую, чем погрешность измерения.

$$K_A = K_A^0 \pm \Delta K_j, \quad (2)$$

где K_A – коэффициент адаптации; K_A^0 – коэффициент адаптации, полученный при первичном подключении; K_j – коэффициент адаптации, полученный при последующих измерениях.

Информационная технология включает в себя алгоритм применения метода автоматизированной адаптации цифрового двойника объекта строительства, формирует матрицу коэффициента адаптации и обновляет матрицу цифрового двойника для обеспечения его адекватности физическому объекту.

Список литературы

1. "Uhlemann T.H.-J., Steinhilper C.L.R., Steinhilper R. The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry [15] 4.0 // Procedia CIRP. 2017. Vol. 61. Part of special issue: The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering. Ed."
2. "Uhlemann T.H.-J., Schock C., Lehmann C., Freiburger S., Steinhilper R. The Digital Twin: Demonstrating the Potential of Real Time Data Acquisition in Production Systems // Procedia Manufacturing. 2017. Vol. 9. Pp. 113-120. DOI: 10.1016/j.promfg.2017"
3. "Boschert S., Rosen R. Digital Twin - The Simulation Aspect / P. Hehenberger, D. Bradley (Eds.) // Mechatronic Futures. Springer International Publishing, 2016. Pp. 59-74. DOI: 10.1007/978-3-319-32156-1_5"
4. "Cunbo Zhuang. Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop-floor / Cunbo Zhuang, Jianhua Liu, Hui Xiong // INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY. – 2018. -No96. – Стр"
5. Волков А. А. Кибернетика строительных систем. Киберфизические строительные системы // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 4-7.
6. Волков А.А. Основы гомеостатики зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. – 2002. № 1, С. 34–35.
7. Чельшков П.Д. Киберфизическая интеграция строительных систем // Естественные и технические науки. – 2018. № 6. С. 198–200.
8. Чельшков П.Д. Аспекты автоматизированного проектирования киберфизических строительных систем // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. № 9. С. 21–27.
9. Д.А. Лысенко. Алгоритм применения метода автоматизированной адаптации цифрового двойника объекта строительства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 4 (30). С. 124–127.

© Д.А. Лысенко

Ссылка для цитирования:

Д.А. Лысенко. Метод автоматизированной адаптации цифрового двойника объекта строительства // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 139–141.