

УДК 004.057.2

DOI: 10.25559/SITITO.15.201903.767-774

Решение проблемы интероперабельности в проектах «Умного города»

А. А. Башлыкова^{1,2*}, Т. А. Гаджикулиев^{3,4}, А. Я. Олейников²

¹ МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия
119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78

² Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук,
г. Москва, Россия

125009, Россия, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7

* bashlykova_a_a_mirea@mail.ru

³ Российский новый университет, г. Москва, Россия

105005, Россия, г. Москва, ул. Радио, д. 22

⁴ Государственное бюджетное учреждение города Москвы «Единый информационно-расчетный
центр города Москвы», г. Москва, Россия

109044, Россия, г. Москва, Воронцовский переулок, д. 2, стр. 1

Аннотация

Отмечается, что в основе обеспечения интероперабельности лежит использование стандартов информационно-коммуникационных технологий. Приведены основные понятия из области интероперабельности, показано, что обеспечение интероперабельности - сложная научно-техническая и организационно-методическая проблема, не решенная до конца во всем мире. Актуальность решения проблемы интероперабельности постоянно возрастает с появлением новых областей применения, таких как когнитивно-конвергентные технологии. Подчеркивается, что проблему интероперабельности обязательно следует решать совместно с проблемой информационной безопасности. Описано состояние проблемы интероперабельности в области «Умный город». Описан единый подход к обеспечению интероперабельности, предложенный авторами в 2012 г. и зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012, описан опыт применения данного подхода и использование при этом возможностей технического подкомитета «Интероперабельность» ПК206/ТК22 Росстандарта. Одной из ближайших задач авторы видят в применении подхода к проектам «Умного города».

Ключевые слова: интероперабельность, ИКТ-стандарт, IoT, конвергентные технологии, концепция интероперабельности, «Умный город».

Для цитирования: Башлыкова А. А., Гаджикулиев Т. А., Олейников А. Я. Решение проблемы интероперабельности в проектах «Умного города» // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 3. С. 767-774. DOI: 10.25559/SITITO.15.201903.767-774

© Башлыкова А. А., Гаджикулиев Т. А., Олейников А. Я., 2019



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Solution of Interoperability Problems in Smart City Projects

A. A. Bashlykova^{1,2*}, T. A. Gadzhikuliev^{3,4}, A. Ya. Oleynikov²

¹ MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia
78 Vernadsky Prospekt, Moscow 119454, Russia

² Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

11/7 Mohovaya Str., Moscow 125009, Russia

* bashlykova_a_a_mirea@mail.ru

³ Russian New University, Moscow, Russia

22 Radio Str., Moscow 105005, Russia

⁴ The State Budgetary Institution of the City of Moscow "The Uniform Information and Settlement Center of the City of Moscow", Moscow, Russia

2/1 Voroncovskij per., Moscow 109044, Russia

Abstract

It is noted that the basis for ensuring interoperability is the use of information and communication technology standards. The basic concepts from the field of interoperability are given. It is shown that ensuring interoperability is a complex scientific, technical, organizational and methodological problem that has not been completely solved all over the world. The relevance of solving the problem of interoperability is constantly increasing with the advent of new fields of application, such as cognitive convergent technologies. It is emphasized that the problem of interoperability must be addressed in conjunction with the problem of information security. The state of the problem of interoperability in the field of "Smart City" is described. The unified approach to ensuring interoperability, proposed by the authors in 2012 and recorded in GOST R 55062-2012, is described, the experience of using this approach and the use of the capabilities of the technical standard "Interoperability" PK206 / TK22 of Rosstandart are described. The authors see one of the immediate tasks in applying the approach to the «Smart City» projects.

Keywords: Interoperability, ICT-standard, IoT, Convergent Technologies, the Concept of Interoperability, «Smart City».

For citation: Bashlykova A.A., Gadzhikuliev T.A., Oleynikov A.Ya. Solution of Interoperability Problems in Smart City Projects. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2019; 15(3):767-774. DOI: 10.25559/SITITO.15.201903.767-774



Введение

Анализируя многочисленные материалы по концепции и проектам «Умного города», легко убедиться, что необходимым условием реализации «Умного города» служит обеспечение интероперабельности. Согласно общепринятому определению «Интероперабельность – способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена» [1]. В основе обеспечения интероперабельности лежит использование профилей - наборов стандартов информационно-коммуникационных технологий (ИКТ-стандартов). Использование ИКТ-стандартов – необходимое, но недостаточное условие обеспечения интероперабельности, их использование обеспечивает лишь нижний, т.н. технический уровень, полная интероперабельность может быть достигнута лишь при обеспечении интероперабельности на семантическом и организационном уровнях.

Обеспечение интероперабельности – сложная научно-техническая и организационно-методическая проблема, имеющая как фундаментальные, так и прикладные аспекты, не решенная до конца во всем мире. При этом актуальность решения проблемы постоянно увеличивается, благодаря «цифровизации» всех областей нашей жизни, увеличению количества информационных систем различного назначения и масштаба и их неизбежному взаимодействию между собой. Об этом свидетельствует большое количество публикаций, в том числе и в области «Умного города». В нашей стране фундаментальные аспекты решаются в рамках программы «Программа фундаментальных исследований государственных академий наук» на 2013-2020 гг. (п. 34), а также в рамках проектов РФФИ (рубрика 07-246). К сожалению, прикладные аспекты лишь обозначены на декларативном уровне в государственной программе «Цифровая экономика»¹. В докладе описано состояние работ по интероперабельности в области «Умного города» за рубежом и в нашей стране. Авторами в 2012 г. на основе анализа и большого количества материалов и собственного значительного опыта предложен единый подход к обеспечению интероперабельности для информационных систем самого широкого класса, включая системы различного назначения и масштаба (от нано-систем до сверхбольших систем). Этот подход был оформлен в виде государственного стандарта ГОСТ Р 55062-2012 и признан специалистами. За истекший период получен опыт применения данного подхода к системам отдельных классов. Для решения проблемы интероперабельности на базе Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова в рамках технического комитета Росстандарта ТК22 «Информационные технологии» создан подкомитет ПК206/ТК22 «Интероперабельность».

Цель исследования

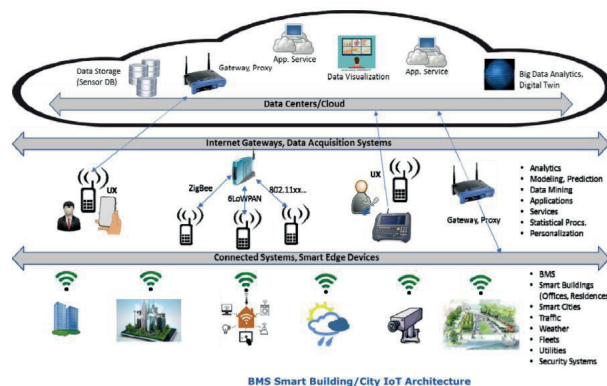
На основе имеющегося опыта авторы считают целесообразным применить предложенный ими подход к реализации концепции и проектов «Умного города». При этом обязательно необходимо решать проблему интероперабельности совместно с проблемой информационной безопасности, что должно

проявиться в составе стандартов, входящих в профиль. Необходимо также отметить, что решение проблемы интероперабельности актуально для реализации всех составляющих конвергентно-когнитивных технологий и «Индустрии 4».

Теоретический анализ. Состояние работ за рубежом

Как известно, под «Умным городом» – понимается концепция интеграции нескольких информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и Интернета вещей (IoT решения) для управления городским имуществом [2]. Как правило, подсистемы «Умного города» разрабатываются изолированно, разными поставщиками а, следовательно, могут реализовываться на различающихся программно-аппаратных платформах и оказаться несовместимыми. Другими словами, требуя решения проблемы интероперабельности на основе использования ИКТ-стандартов. Роли интероперабельности и ИКТ-стандартов в реализации «Умного города» посвящено достаточно большое количество публикаций [3, 4, 5, 6, 10, 18, 19].

В [7] подчеркивается критическая роль интероперабельности в реализации «Умного дома», перечисляются международные, региональные и национальные организации, занимающиеся разработкой стандартов «Умного дома» и перечисляются эти стандарты. К этим стандартам относятся стандарты связи, обмена данными, кибербезопасности и процессов, многие из которых ещё предстоит разработать. На рис.1. приведена гетерогенная среда взаимодействия в «Умном городе».



Р и с. 1. Гетерогенная среда взаимодействия в «Умном городе» [8]

Fig. 1. Heterogeneous interaction environment in the Smart City [8]

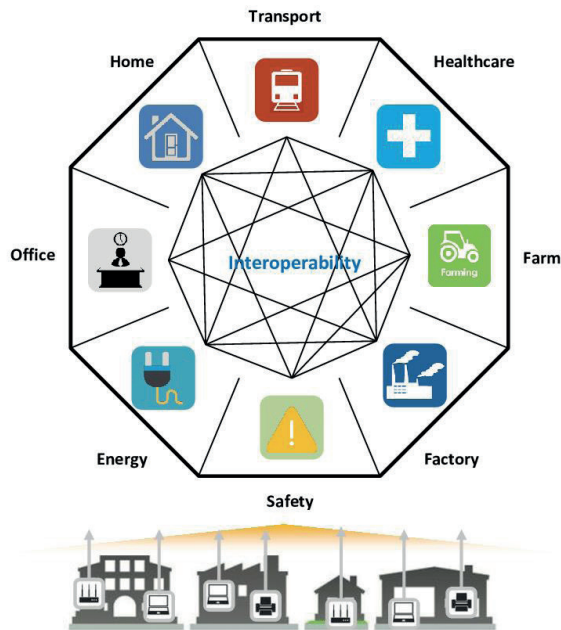
Первоочередная задача состоит в том, чтобы инвентаризировать / идентифицировать те стандарты, которые можно непосредственно использовать, при этом выявляя недостающие стандарты, которые необходимо разработать в дальнейшем в качестве решения второй задачи.

В настоящее время определение стандартов для обеспечения интероперабельности для «Умных городов» находится на начальном этапе. Существует множество организаций по

¹ Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 № 1632-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB7915v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 23.08.2019).



разработке стандартов – Standards Developing Organizations которые сосредоточены на этой проблеме².



Р и с. 2. Необходимость в интероперабельности [9, С. 2138]
F i g. 2. The need for interoperability [9, P. 2138]

Из рисунка видно, что обеспечение интероперабельности – обязательное условие реализации «Умного города».

В 2017 г. Национальный институт стандартов и технологий США – NIST создал международную рабочую группу для разработки Концепции умных городов на базе Интернета вещей (Internet of Things – Enabled Smart Cities Framework (IES-City - IES-City)). Задачей рабочей группы была поставлена оценка различных подходов к стандартам «Умного города» и выработка единого подхода.

Теоретический анализ. Состояние работ в РФ

«Умный город» входит в состав двух национальных проектов — «Цифровая экономика» и «Жилье и городская среда»³, однако специальных работ по обеспечению интероперабельности пока не проводилось.

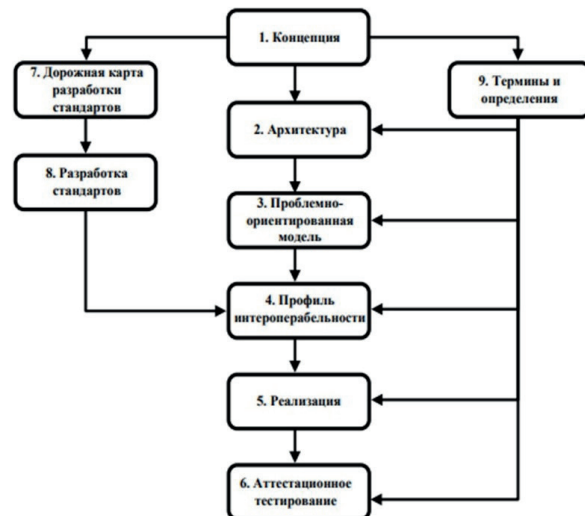
В более широком плане работы по интероперабельности начались в 2007 г. под руководством академика Ю.В. Гуляева. Был поставлен вопрос о необходимости решения проблемы интероперабельности, была организована и проведена первая научно-техническая конференция «Интероперабельность и ИТ-стандартизация». Проблема интероперабельности имеет фундаментальные и прикладные аспекты. В нашей стране фундаментальные аспекты решаются в рамках программы «Программа фундаментальных исследований государствен-

ных академий наук» на 2013-2020 гг. (п. 34) а также в рамках проектов РФФИ (рубрика 07-246). К сожалению, прикладные аспекты лишь обозначены на декларативном уровне, в государственной программе «Цифровая экономика».

Методика эксперимента

Наиболее систематизированные работы по решению проблемы интероперабельности ведутся в Институте радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН. Специалистами Института в 2012 г. на основе анализа и большого количества материалов и собственного значительного опыта предложен единый подход к обеспечению интероперабельности для информационных систем самого широкого класса, включая системы различного назначения и масштаба (от нано-систем до сверхбольших систем) [11]. Этот подход был оформлен в виде государственного стандарта ГОСТ Р 55062-2012 [1] и признан научной общественностью [12, С. 74].

Существо предложенного единого подхода заключается в необходимости выполнения ряда основных и вспомогательных этапов (см. рис. 3).



Р и с. 3. Блок- схема единого подхода к достижению интероперабельности для ИС широкого класса [1]

F i g. 3. Block diagram of a unified approach to achieving interoperability for a broad class of IS [1]

Впоследствии предложенный нами единый подход был применен к ИС различных классов [13-16]. Следует отметить, что при достижении интероперабельности встречаются барьеры. Подробно о барьерах интероперабельности сказано в ГОСТ Р ИСО 11354-1-2012 [17], в котором, в частности, выделены три категории барьеров: концептуальные, технологические и организационные. Полученный опыт даёт основания для применения единого подхода к реализации проектов «Умного города».

² How standards help Washington, D.C. accelerate smart cities efforts // Smart Cities Council, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://smartcitiescouncil.com/article/how-standards-help-washington-dc-accelerate-smart-cities-efforts> (дата обращения: 23.08.2019).

³ «Умный город» по стандарту от Минстроя // TelecomTimes. 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://telecomtimes.ru/2018/12/umny-gorod-po-standartu/> (дата обращения: 22.308.2019).



Организации по разработке стандартов в РФ

Поскольку обеспечение интероперабельности основано на использовании ИКТ-стандартов, и это обстоятельство является основным сдерживающим фактором в решении проблемы. Согласно ФЗ «О стандартизации» на территории РФ в первую очередь должны применяться национальные стандарты (ГОСТ Р). Они, как правило, разрабатываются на основе международных стандартов усилиями технических комитетов Росстандарта. Основным техническим комитетом по разработке ИКТ-стандартов выступает Технический комитет ТК22 «Информационные технологии»⁴, который служит «зеркалом» соединённого технического комитета JTC1 ISO/IEC⁵.

Для продвижения проблемы интероперабельности приказом Росстандарта от 22 апреля 2016 года № 463 О техническом комитете по стандартизации «Информационные технологии» определены структура ТК22 и перечень входящих организаций, в ТК22 входили 23 подкомитета. В том числе ПК206 «Интероперабельность», ведение которого возложено на Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН.



Р и с. 4. Включение ПК 206 в структуру ТК22 [20, С. 117]

F i g. 4. Inclusion of PC 206 into the structure of the CT [20, P. 117]

Впоследствии в состав ТК22 введен ещё подкомитет ПК207 «Информационные технологии в Интернете вещей». Вопросы интероперабельности в Интернете вещей и тем самым «Умного города» решаются и в рамках другого технического комитета ТК194, Технический комитет 194 «Кибер-физические системы»⁶. Планируется, что комитет выработает следующие национальные стандарты на основе международных, как непосредственно касающиеся «Умного города»: ГОСТ Р «Умный город. Эталонная структура ИКТ. Часть 1. Структура бизнес-процессов Умного города» (гармонизация с ИСО/МЭК 30145-1); ГОСТ Р «Умный город. Эталонная структура ИКТ. Часть 2. Структура управления знаниями Умного города» (гармонизация с ИСО/МЭК 30145-2); ГОСТ Р «Умный город. Эталонная структура ИКТ. Часть 3. Инженерные системы Умного города» (гармонизация с ИСО/МЭК 30145-3); ГОСТ Р «Умный

город. Показатели ИКТ» (гармонизация с ИСО/МЭК 30146. Так и касающиеся Интернета вещей: ГОСТ Р «Интернет вещей. Эталонная архитектура» (гармонизация с ИСО/МЭК 30141); ГОСТ Р «Интернет вещей. Термины и определения» (гармонизация с ИСО/МЭК 20924); ГОСТ Р «Интернет вещей. Интероперабельность систем «Интернета вещей». Часть 1. Структура» (гармонизация с ИСО/МЭК 21823-1); ГОСТ Р «Интернет вещей. Интероперабельность систем «Интернета вещей». Часть X. Семантическая интероперабельность» (гармонизация с ИСО/МЭК 21823-X); ГОСТ Р «Большие данные. Эталонная архитектура» (гармонизация с ИСО/МЭК 20547); ГОСТ Р «Большие данные. Термины и определения» (гармонизация с ИСО/МЭК 20546).

Совместное решение проблем интероперабельности и информационной безопасности

Во многих материалах по «Умному городу» не только говорится о необходимости обеспечения интероперабельности, но и о необходимости обеспечения информационной безопасности. Однако, эти проблемы рассматриваются независимо. В работе [16] опубликованной в 2016 г подчеркивалось, что эти проблемы должны решаться совместно. Это означает, что в состав профилей интероперабельности должны входить и стандарты информационной безопасности. При этом к этим стандартам относятся как стандарты, разработанные на базе международных, так и отечественные стандарты, разрабатываемые Федеральной службой по техническому и экспертному контролю (ФСТЭК).

Полученные результаты

К настоящему времени авторами разработан и апробирован признанный научным сообществом подход к обеспечению интероперабельности для информационных систем самого широкого класса, зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012, не имеющим прямых зарубежных аналогов. Этот подход целесообразно применить к реализации проектов «Умного города». Важный опыт в применении подхода был получен авторами применительно к обеспечению интероперабельности электронных библиотек, которые являются одним из фрагментов «Умного города» [15].

Заключение

На основании изложенного можно сделать следующее заключение:

- реализовать концепцию и проекты «Умного города» невозможно без обеспечения интероперабельности, в основе которой лежит использование ИКТ-стандартов;
- обеспечение интероперабельности сложная научно-техническая и организационно методическая

⁴ Национальный и межгосударственный технический комитет по стандартизации ТК-МТК-22 «Информационные технологии» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cksit-rspp.ru/company/koordiniruemye-organizatsii/tk-mtk-22-informatsionnye-tekhnologii/> (дата обращения: 23.08.2019).

⁵ Technical Committee of the ISO/IEC JTC 1 - Information Technology [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/isoiec-jtc-1.html> (дата обращения: 23.08.2019).

⁶ Технический комитет 194 «Кибер-физические системы» (ТК 194) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rvc.ru/eco/expertise/standardization/> (дата обращения: 23.08.2019).



проблема, нерешенная до конца во всем мире, поскольку использование ИКТ-стандартов обеспечивается лишь нижний, т.н. «технический уровень»;

- для обеспечения интероперабельности при реализации «Умного города» предлагается использовать апробированный подход, разработанный авторами ранее и зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012 [1].

Список использованных источников

- [1] ГОСТ Р 55062-2012 Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. Техэксперт, Консорциум Кодекс, 2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200102958> (дата обращения: 23.08.2019).
- [2] *Musa S.* Smart Cities - A Roadmap for Development // *Journal of Telecommunications System & Management*. 2016. Vol. 5, Issue 3. Pp. 1000144. DOI: 10.4172/2167-0919.1000144
- [3] *Morris E., Levine L., Meyers C., Place P., Plakosh D.* System of Systems Interoperability (SOSI): Final Report. CMU/SEI-2004-TR-004. ESC-TR-2004004. Carnegie Mellon University, 2004. 67 p.
- [4] United Nations Development Programme, E-Government Interoperability: Guide, 2007.
- [5] *Gyrard A., Serrano M.* Connected Smart Cities: Interoperability with SEG 3.0 for the Internet of Things // 2016 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), Crans-Montana, 2016. Pp. 796-802. DOI: 10.1109/WAINA.2016.151
- [6] *Shaik Mazhar Hussain, Kamaludin Mohamad Yusuf, Shaik Ashfaq Hussain, Eberchukwu N. Paulson.* A Review of Interoperability issues in Internet of Vehicles (IoV) // *International Journal of Computing and Digital Systems*. 2019. Vol. 8, No. 1. Pp. 73-83. DOI: 10.12785/ijcds/080108
- [7] *Шнепс-Шнеппе М. А., Селезнев С. П., Намиот Д. Е., Куприяновский В. П.* О кибербезопасности критической инфраструктуры государства // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4, № 7. С. 22-31. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26252116> (дата обращения: 23.08.2019).
- [8] Smart Cities. Technology Research For Smart Cities Buildings Infrastructure Arc Advisory Termurah, 2018. URL: <https://www.arcweb.com/ja/node/61811> (дата обращения: 23.08.2019).
- [9] *Minwoo Ryu, Jaeho Kim, Jaeseok Yun* Integrated Semantics Service Platform for the Internet of Things: A Case Study of a Smart Office // *Sensors*. 2015. Vol. 15, Issue 1. Pp. 2137-2160. DOI: 10.3390/s150102137
- [10] *Shaik Mazhar Hussain, Kamaludin Mohamad Yusuf, Shaik Ashfaq Hussain, Eberchukwu N. Paulson.* A Review of Interoperability issues in Internet of Vehicles (IoV) // *International Journal of Computing and Digital Systems*. 2019. Vol. 8, No. 1. Pp. 73-83. DOI: 10.12785/ijcds/080108
- [11] *Гуляев Ю. В., Журавлев Е. Е., Олейников А. Я.* Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор // *Журнал Радиоэлектроники*. 2012. № 3. С. 12. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17723764> (дата обращения: 23.08.2019).
- [12] *Акаткин Ю. М., Ясиновская Е. Д.* Цифровая трансформация государственного управления: Датацентричность и семантическая интероперабельность. М.: ЛЕНАНД, 2019. 724 с.
- [13] *Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я.* Обеспечение интероперабельности как средства бесшовной интеграции функциональных подсистем в составе перспективных автоматизированных систем военного назначения // *Журнал радиоэлектроники*. 2018. № 9. С. 18. DOI: 10.30898/1684-1719.2018.9.11
- [14] *Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Чусов И. И., Широкова Т. Д.* Проблема интероперабельности в информационных системах военного назначения // *Журнал радиоэлектроники*. 2016. № 11. С. 16. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28432132> (дата обращения: 23.08.2019).
- [15] *Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я., Широкова Т. Д., Чусов И. И.* Проблема интероперабельности в электронных библиотеках // *Журнал радиоэлектроники*. 2017. № 12. С. 13. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32380050> (дата обращения: 23.08.2019).
- [16] *Башлыкова А. А., Олейников А. Я.* Интероперабельность и информационное противоборство в военной сфере // *Журнал радиоэлектроники*. 2016. № 12. С. 14. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28787003> (дата обращения: 23.08.2019).
- [17] ГОСТ Р ИСО 11354-1-2012 Усовершенствованные автоматизированные технологии и их применение. Требования к установлению интероперабельности процессов промышленных предприятий. Часть 1. Основа интероперабельности предприятий. М.: Стандартинформ, 2014. 40 с.
- [18] *Ganzha M., Paprzycki M., Pawlowski W., Szmeja P., Wasielewska K.* Identifier Management in Semantic Interoperability Solutions for IoT // 2018 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops). Kansas City, MO, 2018. Pp. 1-6. DOI: 10.1109/ICCW.2018.8403752
- [19] *Hamaguchi K., Ma Y., Takada M., Nishijima T., Shimura T.* Telecommunication Systems in Smart Cities // *Hitachi Review*. 2012. Vol. 61, No. 3. Pp. 152-158. URL: https://www.hitachi.com/rev/pdf/2012/r2012_03_107.pdf (дата обращения: 23.08.2019).
- [20] *Башлыкова А. А., Каменщиков А. А., Олейников А. Я.* О подходах к разработке профилей интероперабельности в военной области // *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2017. № 4. С. 112-121. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30772695> (дата обращения: 23.08.2019).
- [21] *Peoples C.* A Standardizable Network Architecture Supporting Interoperability in the Smart City Internet of Things // *Interoperability, Safety and Security in IoT. InterIoT 2017, SaSeIoT 2017. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering / G. Fortino et al. (eds)*. Vol. 242. Springer, Cham, 2018. Pp. 38-45. DOI: 10.1007/978-3-319-93797-7_5

Поступила 23.08.2019; принята к публикации 05.09.2019;
опубликована онлайн 30.09.2019.



Об авторах:

Башлыкova Анна Александровна, доцент кафедры корпоративных информационных систем, руководитель Научно-учебной группы «Проектирование информационных систем», Институт информационных технологий, МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78); научный сотрудник, Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук (125009, Россия, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7), кандидат технических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2808-7841>, bashlykova_a_a_mirea@mail.ru

Гаджикулиев Тимур Артурович, аспирант института информационных систем и инженерно-компьютерных технологий, Российский новый университет (105005, Россия, г. Москва, ул. Радио, д. 22); Государственное бюджетное учреждение города Москвы «Единый информационно-расчетный центр города Москвы» (109044, Россия, г. Москва, Воронцовский переулок, д. 2, стр. 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7571-1948>, qutaraga@gmail.com

Олейников Александр Яковлевич, главный научный сотрудник, руководитель центра открытых систем, Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук (125009, Россия, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7), доктор технических наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3778-1413>, olein39@gmail.com

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] GOST R 55062-2012 Information technologies. Industrial automation systems and integration. Interoperability. Basic principles. Techexpert, Consortium Kodeks, 2013. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200102958> (accessed 23.08.2019). (In Russ.)
- [2] Musa S. Smart Cities - A Roadmap for Development. *Journal of Telecommunications System & Management*. 2016; 5(3):1000144. (In Eng.) DOI: 10.4172/2167-0919.1000144
- [3] Morris E., Levine L., Meyers C., Place P., Plakosh D. System of Systems Interoperability (SOSI): Final Report. CMU/SEI-2004-TR-004. ESC-TR-2004004. Carnegie Mellon University, 2004. 67 p. (In Eng.)
- [4] United Nations Development Programme, E-Government Interoperability: Guide, 2007. (In Eng.)
- [5] Gyrard A., Serrano M. Connected Smart Cities: Interoperability with SEG 3.0 for the Internet of Things. In: *2016 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, Crans-Montana, 2016, pp. 796-802. (In Eng.) DOI: 10.1109/WAINA.2016.151
- [6] Shaik Mazhar Hussain, Kamaludin Mohamad Yusuf, Shaik Ashfaq Hussain, Eberechukwu N. Paulson. A Review of Interoperability issues in Internet of Vehicles (IoV). *International Journal of Computing and Digital Systems*. 2019; 8(1):73-83. (In Eng.) DOI: 10.12785/ijcds/080108
- [7] Sneps-Sneppé M.A., Seleznev S.P., Namiot D.E., Kupriyanovsky V.P. About the status of cybersecurity of critical infrastructure of the state. *International Journal of Open Information Technologies*. 2016; 4(7):22-31. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26252116> (accessed 23.08.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [8] Smart Cities. Technology Research For Smart Cities Buildings Infrastructure Arc Advisory Termurah, 2018. Available at: <https://www.arcweb.com/ja/node/61811> (accessed 23.08.2019). (In Eng.)
- [9] Minwoo Ryu, Jaeho Kim, Jaeseok Yun Integrated Semantics Service Platform for the Internet of Things: A Case Study of a Smart Office. *Sensors*. 2015; 15(1):2137-2160. (In Eng.) DOI: 10.3390/s150102137
- [10] Shaik Mazhar Hussain, Kamaludin Mohamad Yusuf, Shaik Ashfaq Hussain, Eberechukwu N. Paulson. A Review of Interoperability issues in Internet of Vehicles (IoV). *International Journal of Computing and Digital Systems*. 2019; 8(1):73-83. (In Eng.) DOI: 10.12785/ijcds/080108
- [11] Gulyaev Yu.V., Zhuravlev E.E., Oleynikov A.Ya. Methodology standardization for the interoperability of information systems of wide class. Analytical review. *Zhurnal Radioelektroniki = Journal of Radio Electronics*. 2012; (3):12. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17723764> (accessed 23.08.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [12] Akatkin Y.M., Yasinovskaya E.D. *Cifrovaya transformatsiya gosudarstvennogo upravleniya: Datacentrichnost' i semanticheskaya interoperabel'nost'* [Digital transformation of public administration. DataContract and semantic interoperability]. LENAND, Moscow, 2019. (In Russ.)
- [13] Bashlykova A.A., Kamenshikov A.A., Oleynikov, A.Ya. Interoperability as a means of seamless integration of functional subsystems as part of advanced automated military systems. *Zhurnal Radioelektroniki = Journal of Radio Electronics*. 2018; 9:18. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.30898/1684-1719.2018.9.11
- [14] Kamenshikov A.A., Oleynikov A.I., Chusov I.I., Shirobokova D. The Problem of interoperability in information systems for military purposes. *Zhurnal Radioelektroniki = Journal of Radio Electronics*. 2016; (11):16. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28432132> (дата обращения: 23.08.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [15] Bashlykova A.A., Kamenshikov A.A., Oleinikov A.Ya., Shirobokova T.D., Chusov I.I. Interoperability problem in digital libraries. *Zhurnal Radioelektroniki = Journal of Radio Electronics*. 2017; (12):13. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32380050> (accessed 23.08.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [16] Bashlykova A.A., Oleynikov A.Ya. Interoperability and information warfare in the military sphere. *Zhurnal Radioelektroniki = Journal of Radio Electronics*. 2016; (12):14. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28787003> (accessed 23.08.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [17] ISO 11354-1-2012 Advanced automation technologies and their applications. Requirements for establishing manufacturing enterprise process interoperability. Part 1. Framework for enterprise interoperability. Standartinform, 2014. (In Russ.)
- [18] Ganzha M., Paprzycki M., Pawlowski W., Szmeja P., Wasielewska K. Identifier Management in Semantic Interoperability Solutions for IoT. In: *2018 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, Kansas City, MO, 2018, pp. 1-6. (In Eng.) DOI: 10.1109/ICCW.2018.8403752
- [19] Hamaguchi K., Ma Y., Takada M., Nishijima T., Shimura T. Tele-



communication Systems in Smart Cities. *Hitachi Review*. 2012; 61(3):152-158. Available at: https://www.hitachi.com/rev/pdf/2012/r2012_03_107.pdf (accessed 23.08.2019). (In Eng.)

- [20] Bashlykova A.A., Kamenshnikov A.A., Oleynikov A.Ya. On approaches to the development of interoperability profiles in the military field. *Informacionnye tekhnologii I I vichslitel'nye sistemy* = Journal of Information Technologies and Computing Systems. 2017; (4):112-121. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30772695> (accessed 23.08.2019). (In Russ., abstract in Eng.)
- [21] Peoples C. A Standardizable Network Architecture Supporting Interoperability in the Smart City Internet of Things. In: Fortino G. et al. (eds) *Interoperability, Safety and Security in IoT. InterIoT 2017, SaSeIoT 2017. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol. 242. Springer, Cham, 2018, pp. 38-45. (In Eng.) DOI: 10.1007/978-3-319-93797-7_5

*Submitted 23.08.2019; revised 05.09.2019;
published online 30.09.2019.*

About the authors:

Anna A. Bashlykova, Associate Professor of the Department "Corporate Information Systems", Head of the Research and Development Group "Designing Information Systems", Institute of Information Technology, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Prospekt, Moscow 119454, Russia); Researcher, Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences (11/7 Mohovaya Str., Moscow 125009, Russia), Ph.D. (Engineering), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2808-7841>, bashlykova_a_a_mirea@mail.ru

Timur A. Gadzhikuliev, Postgraduate Student of the Institute of Information Systems Engineering and Computer Technology, Russian New University (22 Radio Str., Moscow 105005, Russia), The State Budgetary Institution of the City of Moscow "The Uniform Information and Settlement Center of the City of Moscow" (2/1 Voroncovskij per., Moscow 109044, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7571-1948>, qutaraga@gmail.com

Alexander Ya. Oleynikov, Chief Researcher, Head of the Center for Open Systems, Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences (11/7 Mohovaya Str., Moscow 125009, Russia), Dr.Sci. (Engineering), Professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3778-1413>, olein39@gmail.com

All authors have read and approved the final manuscript.

