

УДК 004.9

Е. Г. Плотникова, П. А. Шиловских  
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Е. А. Бурков  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Модульный подход к созданию цифровой платформы «Умный город»

*Рассматривается способ решения задач мониторинга и управления городской инфраструктурой с помощью создания модульной информационной системы. Предлагается инновационный способ сбора информации на основе двух технологий интернета вещей LoRaWAN и NB-IoT; сформированы требования к модульной информационной системе «Умный город», позволяющей реализовать функционал «умного города» в отдельно взятом субъекте и тиражировать это решение в другие регионы. Данный подход даст возможность существенно сократить затраты на разработку и эксплуатацию информационной системы за счет как государственного, так и частного финансирования. Помимо технической стороны вопроса рассматривается существующая в Российской Федерации нормативно-правовая база по «умным городам» и предлагается развитие в направлении создания единого правового подхода с закреплением полномочий вокруг профильного федерального министерства. Приведен пример успешного опыта внедрения цифровой платформы управления городом в одном из соседних развивающихся государств.*

**Умный город, интернет-технологии, цифровая платформа, система обработки данных, аппаратно-программный комплекс, интернет вещей, информационная система, экологическая и транспортная безопасность, программное обеспечение**

В связи со значительным развитием городской инфраструктуры возникает широкий спектр задач, решение которых невозможно без применения автоматизации. Существующие технологии не позволяют своевременно и дешево собрать, передать, обработать и сохранить огромное количество данных, получаемых в результате жизненного цикла бизнес-процессов, протекающих в городской среде. К таким задачам относятся мониторинг и управление из единого центра транспортными потоками, состоянием воздуха и почв, уборкой мусора и снега, паводковой ситуацией на реках и водоемах, пожарной и физической безопасностью объектов. В большинстве городов России методы управления этими процессами остаются неизменными последние 20 лет, что затрудняет своевременное получение и анализ информации о со-

стоянии городской среды. Многие из перечисленных задач не автоматизированы, остальные не связаны друг с другом и децентрализованы.

В настоящее время в городах России для обеспечения эффективной социальной инфраструктуры и промышленного развития с возможностью создания собственной внутренней экономики органы местного самоуправления, государственной власти и бизнес вкладывают значительные средства в реконструкцию электрических и тепловых сетей, ремонт дорог, экологизацию производственных объектов, строительство и развитие жилых, коммерческих, торговых и развлекательных комплексов и т. д. [1]. Однако в целом не удается достичь принципиального изменения качества жизни людей, что связано с неприспособленностью для этого существующей городской системы, созданной на основе идеологии «люди для предприятий», «люди для города».

Пилотные проекты использования интеллектуальных сетей управления городом появились в США, Китае, части европейских стран. Следует отметить, что их основное направление – это создание и внедрение новых технологий, позволяющих рационально использовать источники энергии и минимизировать воздействие на окружающую среду. К таким технологиям относятся новые решения в сфере электроэнергетики, водоснабжения, учета энергетических ресурсов, утилизации отходов, а также создание более эффективной транспортной системы и «умных зданий» [2]. Появились «умные» инженерные инфраструктуры, которые включают в себя системы, позволяющие контролировать в реальном времени работу всех узлов сети, получать информацию о фактическом потреблении ресурсов каждым ее узлом и в конечном итоге оптимизировать потребление: равномернее распределять нагрузку во времени, разгружать «пиковые периоды» и догружать периоды с минимальной нагрузкой [3]. Следует отметить, что на текущий момент концепция по созданию модульной типовой единой информационной системы управления городом в России не создается. Существует некоторое количество решений, не имеющих технологической связи друг с другом, например проекты «Умный свет», система управления транспортными потоками, большие данные, мониторинг погодных условий внедрены и используются в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Казани и Перми. При этом нужно понимать, что тиражирование и перенос таких технологических решений на другие территории экономически нецелесообразно ввиду эксклюзивности выбранного исполнения [4]. В данной статье авторами предлагается подход к созданию единой модульной цифровой платформы «Умный город» для управления процессами жизнедеятельности городской среды с использованием узкополосных сетей передачи данных LoRaWAN и NB-IoT.

**Технология LoRaWAN.** LoRaWAN является стандартом протокола LPWAN, функционирует в нелицензируемом диапазоне частот ISM (ISM – Industrial, Scientific, Medical) 2.4 ГГц, 868/915, 433, 169 МГц и не является стандартом сетей сотовой связи. Устройства, работающие в сетях LoRaWAN, имеют низкое энергопотребление за счет асинхронной отправки данных, т. е. не требуют синхронизации с сетью, отправка сообщений на базовую станцию настраивается по расписанию или производится по мере поступления информации на устройство.

Сети LoRaWAN строятся по топологии «звезда», способной передавать данные на скоростях от 300 бит/с до 50 Кбит/с на расстояние от 10 до 15 км на базовую станцию по радиоканалу, позволяя тем самым исключить расходы на обеспечение «последней мили». К одной базовой станции может быть подключено несколько тысяч различных устройств. Стоимость базовой станции LoRaWAN составляет порядка 1500 \$, стоимость одного устройства – 10–12 \$. Для обеспечения сплошного устойчивого покрытия сетью LoRaWAN большого города с площадью 800 км<sup>2</sup> требуется всего 10–12 базовых станций. Таким образом, LoRaWAN отличается низкой стоимостью и скромными эксплуатационными расходами, незначительным энергопотреблением устройств сети [5]. При этом LoRaWAN обладает невысокой скоростью передачи данных, что делает ее оптимальной для использования в информационных системах, не требующих быстроты и большого объема передаваемых данных.

**Технология NB-IoT.** В 2016 г. консорциум 3GPP представил первую спецификацию стандарта сотовой связи для устройств с небольшими объемами передаваемых данных. Он получил название NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) и представляет собой стандарт протокола LPWAN с двусторонней связью, действующего в частотном канале шириной 200 кГц [6].

Стандарт NB-IoT может использоваться на оборудовании LTE, а также отдельно от существующих сетей связи, поскольку NB-IoT и LTE работают в одном частотном диапазоне. Таким образом, сеть NB-IoT можно развернуть в частотных диапазонах, в которых в настоящее время функционирует стандарт GSM, после их рефарминга в LTE или в «защитных» интервалах между сетями GSM и LTE. Скорость передачи данных в NB-IoT достигает 200 Кбит/с, что достаточно для устройств, периодически передающих небольшой объем однотипных данных [6]. Из сказанного понятно, что технология NB-IoT подходит для постоянной передачи большего по сравнению с LoRaWAN количества данных [5].

**Модульная цифровая платформа «Умный город».** Решение блока задач автоматизации процессов в городской среде могло бы быть весьма эффективным при использовании модульной цифровой платформы, представляющей собой информационную систему мониторинга и анализа, размещенную в центрах обработки данных регио-

нальных субъектов. Информационная система может получать информацию от устройств (датчиков), размещенных на объектах мониторинга. Данные могут передаваться как в режиме, приближенном к реальному времени, так и по мере изменения значений, а также по расписанию.

Данная информационная система, функционал которой представлен на рис. 1, посредством установленных датчиков-устройств на местах мониторинга будет способна собирать и анализировать информацию об уровне загрязнений воздуха, почвы, воды; уровне шума; уровне водоемов и рек; проводить мониторинг транспортных городских потоков и параметров погоды (снег, дождь, гроза, заморозки, засуха и пр.); выполнять регулировку освещения; контролировать физическую и пожарную безопасности объектов.

Существует три категории задач, для решения которых могут использоваться информационные системы: структурированные (формализуемые), неструктурированные (неформализуемые) и частично структурированные. Структурированная (формализуемая) задача – это задача, все элементы которой, а также взаимосвязи между ними известны. Неструктурированная (неформализуемая) задача – та, в которой невозможно однозначно выделить элементы и установить между ними четкие связи.

В структурированной задаче удастся выразить ее содержание в форме математической модели, имеющей точный алгоритм решения. Подобные задачи обычно приходится решать многократно и они носят рутинный характер. Целью использования информационной системы для решения структурированных задач служит полная автоматизация их решения, т. е. сведение роли человека к нулю.

Отметим, что в практике работы любой организации существует сравнительно немного полностью структурированных или совершенно неструктурированных задач. О большинстве задач можно сказать, что известна лишь часть их элементов и связей между ними. Такие задачи называются частично структурированными. В этих условиях можно создать информационную систему, в которой собираемая информация будет анализироваться человеком, выполняющим определяющую роль. Такие информационные системы являются автоматизированными, и в их функционировании принимает участие человек [7].

В свою очередь, информационные системы для решения частично структурированных задач можно разделить на две категории: системы, генерирующие управленческие отчеты, и системы, предлагающие альтернативные решения. Последние можно разделить на модельные и экспертные информационные системы.

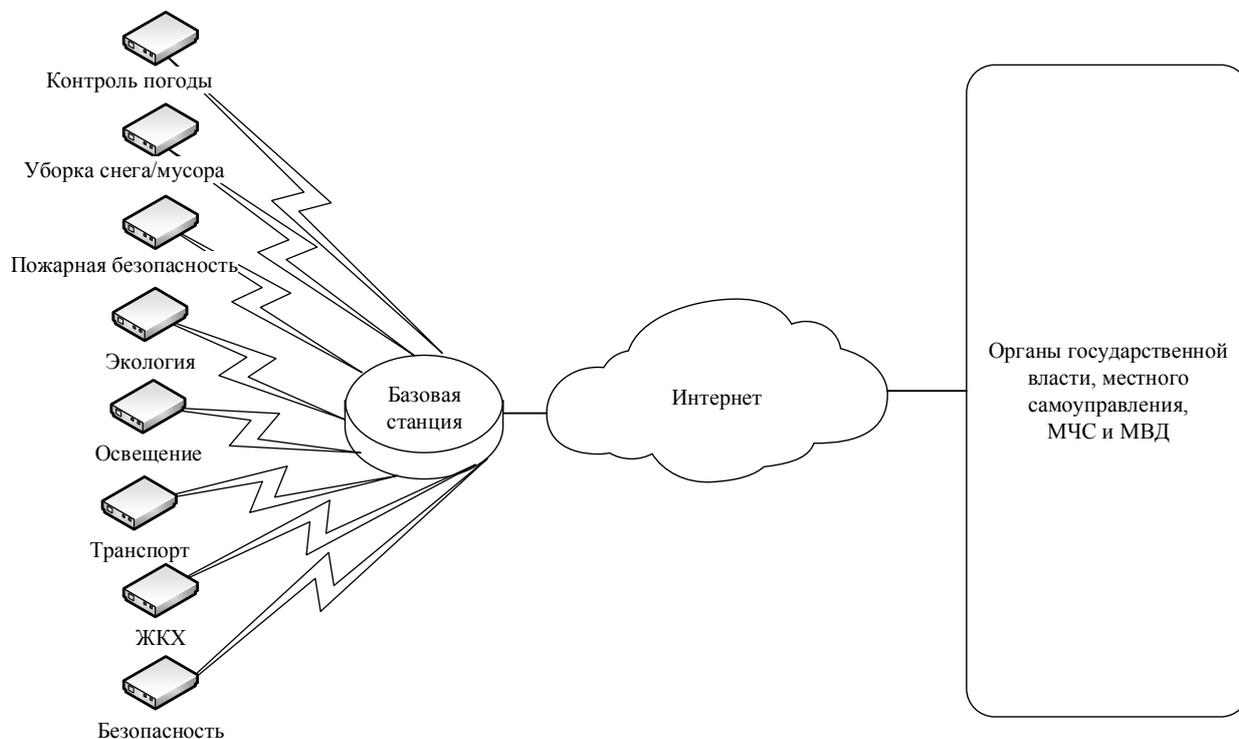


Рис. 1

Модельные информационные системы предоставляют пользователю математические, статистические, финансовые и другие модели, использование которых облегчает выработку и оценку возможных решений задачи (альтернатив). Пользователь может получить недостающую ему для принятия решения информацию, устанавливая диалог с моделью в процессе ее исследования. К основным функциям модельной информационной системы относятся:

- возможность работы в среде типовых математических моделей, включая решение основных задач моделирования типа «как сделать, чтобы?», «что будет, если?», анализ чувствительности и др.;
- достаточно быстрая и адекватная интерпретация результатов моделирования;
- оперативная подготовка и корректировка входных параметров и ограничений модели;
- возможность графического отображения динамики модели;
- возможность объяснения пользователю необходимых шагов формирования и работы модели.

Экспертные информационные системы обеспечивают генерацию и оценку пользователем возможных альтернатив за счет баз экспертных знаний. Экспертная поддержка принимаемых пользователем решений реализуется на двух уровнях. Работа на первом уровне исходит из концепции

«типовых управленческих решений», в соответствии с которой часто возникающие в процессе управления проблемные ситуации можно свести к некоторым однородным классам управленческих решений, т. е. к некоторому типовому набору альтернатив. Для реализации экспертной поддержки на этом уровне создается информационный фонд хранения и анализа типовых альтернатив.

Если возникшая проблемная ситуация не ассоциируется с имеющимися классами типовых альтернатив, в работу должен вступать второй уровень экспертной поддержки управленческих решений. На этом уровне генерируются альтернативы на базе имеющихся в информационном фонде данных, правил преобразования и процедур оценки синтезированных альтернатив [7].

Предлагаемая авторами информационная система «Умный город» относится к классу экспертных систем. Кроме того, предлагается разработать защищенную шину передачи данных для возможности интеграции в уже имеющиеся децентрализованные информационные системы. На рис. 2 приведена модульная структура предлагаемой информационной системы.

Модуль контроля погоды способен выполнять мониторинг параметров окружающей среды – температура, атмосферное давление, естественный радиационный фон, электромагнитные возмуще-

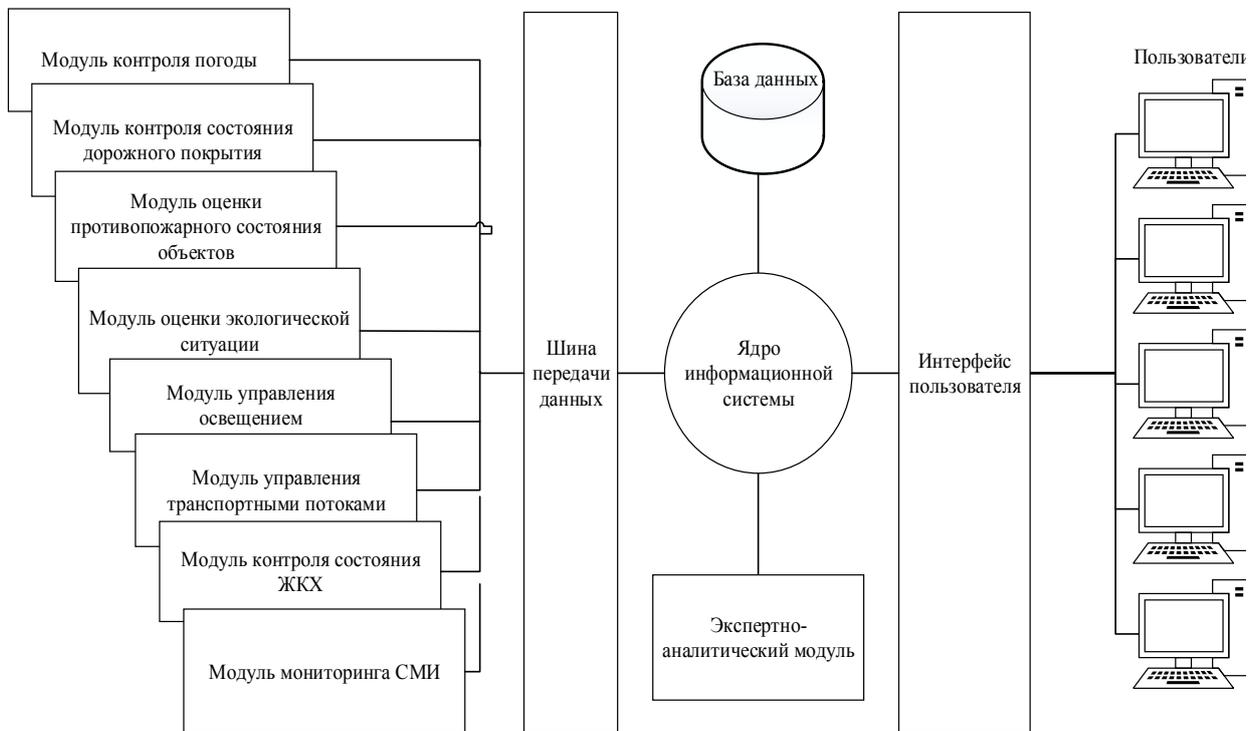


Рис. 2

ния, направление ветра. Данный модуль должен заблаговременно уведомлять соответствующие городские службы об изменении погодных условий и предлагать, в зависимости от прогнозной ситуации, управленческие решения, например:

- усиление контроля подрядных организаций, ответственных за содержание дорожного покрытия;
- автоматическое уведомление управляющих компаний и председателей ТСЖ о повышенной (пониженной) необходимости уборки снега и льда у придомовых территорий;
- рекомендации по снижению скоростного режима движения транспорта на автодорогах.

*Модуль состояния дорожного покрытия* также может оценивать качество дорожного покрытия, его влажность и обледенение, уровень снежного покрова и в соответствии с этим также предлагать контролирующему органу управленческие решения.

*Модуль оценки противопожарного состояния объектов* социального назначения способен анализировать данные, получаемые от Единых диспетчерских служб (ЕДС), расположенных в муниципальных образованиях субъектов Российской Федерации и кроме того:

- контролировать работу оборудования противопожарной защиты в режиме реального времени;
- формировать и направлять уведомления о плановых и внеплановых проверках руководителям государственных и муниципальных организаций насчет необходимости проверки оборудования, проведения тренировок [8].

*Модуль оценки экологической ситуации* способен выполнять мониторинг параметров окружающей среды (например, состояния воздуха, воды и почвы) вблизи от промышленных районов и предприятий на предмет превышения предельной концентрации вредных веществ и радиационного фона, контролировать паводковую ситуацию через замеры уровня вод в ключевых точках (плотинах, дамбах, реках). Кроме того, модуль способен делать прогнозы на основе имеющейся экспертной информации и решать следующие задачи:

- прогнозирование влияния осадков на состояние уровня рек;
- прогнозирование влияния уровня предельно допустимой концентрации вредных веществ и радиации на окружающую среду с учетом силы и направления ветра;
- уведомление ответственных государственных служб о возрастающем уровне контролируемых параметров (ПДК вредных веществ, уровня воды).

*Модуль управления освещением* способен управлять степенью освещенности дорог и придомовых территорий в зависимости от времени года, суток, погодных условий. Таким образом, можно использовать разный уровень освещения в различные моменты времени, достигая при этом существенной экономической выгоды за единицу потребленного электричества. При этом экономия достигается не только за счет выключения освещения в светлое время суток, но и от использования технологичных светильников, работающих на технологии LED.

*Модуль управления транспортными потоками* может контролировать загруженность автомагистралей и регулировать дорожные потоки с учетом текущей обстановки, зависящей в том числе от объема трафика, погодных условий, состояния автодорожного покрытия.

Контроль дорожного трафика возможен через управление сетью городских светофоров – с помощью установки максимальной задержки разрешающих и запрещающих сигналов в зависимости от текущей дорожной обстановки. В частности, можно управлять средней скоростью движения автотранспорта в зависимости от приоритета, например проезд по центральной и широкой улице должен быть важнее, чем проезд между центральными улицами.

*Модуль состояния ЖКХ* сможет отслеживать основные параметры давления и температуры теплоносителя, горячей и холодной воды и, в случае отклонения параметров от заданных, информировать соответствующие коммунальные и городские службы.

*Модуль мониторинга СМИ* позволит оперативно анализировать медийное пространство в сети Интернет на предмет жалоб жителей о некачественно оказанных государственных и муниципальных услугах и других потенциально нежелательных и/или опасных событиях. Таким образом, сообщение, оставленное жителем в сети Интернет, может быть обнаружено и прокомментировано пресс-службой государственного или муниципального органа.

Заказчиком данной информационной системы может выступать как федеральное, так и региональное профильное министерство. Федеральным заказчиком может быть Министерство чрезвычайных ситуаций, имеющее наибольшее количество полномочий для подобной работы. Также необходимое количество полномочий сосредоточено у региональных профильных министерств, например в Пермском крае таким заказчиком может стать Министерство территориальной безопасности.

Важно отметить, что на текущий момент в законодательстве Российской Федерации отсутствует единая нормативно-правовая база, регулирующая процессы «Умных городов», а существующие федеральные законы (ФЗ) и иные нормативно-правовые документы (распоряжение Правительства РФ № 2446-р от 3 дек. 2014 г. («Безопасный город»), № 28 ФЗ, № 68 ФЗ, № 69 ФЗ, № 123 ФЗ, № 141 ФЗ, № 151 ФЗ, № 390 ФЗ) не имеют единого подхода.

Пользователями информационной системы «Умный город» могут быть сотрудники региональных и федеральных органов государственной власти и органов местного самоуправления, а единой точкой контроля и принятия решений – Правительство субъекта РФ [9].

Между тем концепция единого «умного города» уже находит свою реализацию за рубежом. «Умный город» располагается в 45 км от города Тяньцзинь, обладающего хорошей транспортной сетью, включающей помимо нескольких линий экспресс-поездов аэропорт, из которого осуществляются международные рейсы. Площадь развиваемого участка составляет 30 км<sup>2</sup>, а планируемое население – 350 000 чел. До начала строительства участок был необитаем, на нем присутствовали пустынные соляные поля и водоемы, загрязненные выбросами производств. К 2012 г. все 30 км<sup>2</sup> были очищены.

Пространственная планировка включает в себя основную городскую центр, 2 субцентра, 5 районов, центральный зеленый остров с водоемом внутри, а также водные протоки, проходящие через развиваемую территорию, и выход к заливу Бохайвань (желтое море).

Обустройство «умного города» включает организацию национального парка анимации (1 км<sup>2</sup>), парка кино и телевидения (1 км<sup>2</sup>), научного (0.4 км<sup>2</sup>), экоинформационного (0.5 км<sup>2</sup>) и

экоиндустриального (1 км<sup>2</sup>) парков, а также множество зон для проведения досуга, в том числе развлекательный парк.

Функционирование и мониторинг систем города осуществляется по принципам «умного города». В городе есть информационный центр, позволяющий отслеживать все процессы в режиме, близком к реальному времени, например – определение объема энергии и воды, потребляемой зданиями и городской инфраструктурой, энергии, вырабатываемой ветрогенераторами, гелиосистемами и солнечными электростанциями. Система дает возможность вовремя определить проблему и ее источник (например, утечки воды). Вся информация хранится 25 лет [10].

Важно отметить, что создание информационной системы «Умный город» – проект дорогостоящий, бюджеты на него не предусматриваются отдельными субъектами Российской Федерации. Однако расходы на создание такой информационной системы можно существенно сократить, разработав типовые шаблоны – модули, которые можно оперативно развернуть и настроить для решения региональных задач в любом субъекте Российской Федерации; к разработке и эксплуатации модульной информационно системы также могут быть привлечены частные структуры на концессионной основе.

Мониторинг городской среды и управление его параметрами помогут существенно сократить расходы из государственного бюджета на электроэнергию, экологию, транспорт и инфраструктуру в целом, так как позволят руководству субъекта РФ максимально быстро и своевременно реагировать на изменения контролируемых параметров мониторинга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632-р). URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения 20.11.2019).

2. Методические рекомендации по использованию информационного интерактивного учебно-методического приложения «Умный город» для развития культуры энергосбережения и энергоэффективности среди учащихся образовательных учреждений в учебном процессе. URL: <https://pandia.ru/text/78/381/486.php> (дата обращения 20.11.2019).

3. Концепция приложения «Умный город». URL: [http://www2.bigpi.biysk.ru/wwwsite/doc/10-3237\\_app1.pdf](http://www2.bigpi.biysk.ru/wwwsite/doc/10-3237_app1.pdf) (дата обращения 20.11.2019).

4. «Интернет вещей» (IoT) в России. Технология будущего, доступная уже сейчас. URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/iot-in-russia-research-rus.pdf> (дата обращения 20.11.2019).

5. Кумаритова Д. Л., Киричек Р. В. Обзор и сравнительный анализ технологий LPWAN сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4, № 4. С. 33–48.

6. GSMA: 3GPP low power wide area technologies. URL: <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2016/>

---

10/3GPP-Low-Power-Wide-Area-Technologies-GSMA-White-Paper.pdf (дата обращения 20.11.2019).

7. Архипова З. В., Пархомов В. А. Информационные технологии в экономике. Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2003.

8. Камолов С. Г., Корнеева А. М. Технологии будущего для «умных городов» // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер.: Экономика. 2018. № 2. С. 100–114.

9. Smart Cities and the Future Internet: towards co-operation frameworks for open innovation / H. Schaf-

fers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson, O. Nilsson // The Future Internet: Lecture Notes in Computer Science. 2011. Vol. 6656. P. 431–446.

10. Smart cities – Guide to the role of the planning and development process (PD 8101:2014). URL: [https://shop.bsigroup.com/upload/Smart\\_cities/BSI-PD-8101-executive-summary-UK-EN.pdf](https://shop.bsigroup.com/upload/Smart_cities/BSI-PD-8101-executive-summary-UK-EN.pdf) (дата обращения 20.11.2019).

---

E. G. Plotnikova, P. A. Shilovskikh  
*National Research University «Higher school of Economics»*

E. A. Burkov  
*Saint Petersburg Electrotechnical University*

## MODULAR APPROACH TO CREATING THE «SMART CITY» DIGITAL PLATFORM

*Discusses a way to solve the problems of monitoring and managing urban infrastructure by creating a modular information system. An innovative method of collecting information based on two technologies of the “Internet of things” Lo-RaWAN and NB-IoT is proposed, the requirements for the smart city modular information system are formed, allowing to implement the functionality of a smart city in a single subject and replicate this decision in other regions. This approach will make it possible to significantly reduce the costs of the development and operation of the information system, carried out both on the basis of state and private financing. In addition to the technical side of the issue, the article considers the existing legal framework for the “Smart Cities” in the Russian Federation and suggests development in the direction of creating a unified legal approach with consolidation of powers around the relevant Federal Ministry. An example of successful experiences in implementing a digital platform for city management in one of the neighbouring developing countries is given.*

**Smart city, Internet technologies, digital platform, data processing system, hardware and software complex, Internet of things, information system, environmental and transport safety, software**

---