

УДК 621.396.9

А.Ф. Носов

## Применимость систем передачи данных с использованием технологии LoRaWAN

Представлен обзор существующих и перспективных применений систем передачи данных с использованием технологии LoRaWAN. В ходе исследования рассматриваются варианты применения в различных отраслях, даётся оценка перспективных ниш применения на основе достоинств и ограничений технологии. Результатом проведённого исследования является аналитический обзор текущих и перспективных ниш для применения систем с использованием технологии LoRaWAN.

**Ключевые слова:** связь, передача данных, протокол, решение, LoRaWAN.

**DOI:** 10.21293/1818-0442-2023-26-3-83-88

Развитие и удешевление технологий интернета вещей (IoT) и технологий межмашинного взаимодействия (M2M) открывают перспективы автоматизации различных процессов. LPWAN (Low Power Wide Area Network) сети соответствуют требованиям IoT, таким как низкая стоимость, эффективность использования энергии источника питания, широкая зона покрытия, лёгкое развёртывание и простота масштабирования. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) сети получили широкое применение среди сетей LPWAN благодаря возможности построения сетей разного уровня с открытым стандартом в нелицензируемом (в большинстве стран) диапазоне частот.

Технология LoRaWAN – технология, предназначенная для низкоскоростной беспроводной передачи данных от оконечных устройств с батарейным питанием в местных, региональных, национальных или глобальных сетях и удовлетворяющих ключевым требованиям IoT, таким как двунаправленная связь, сквозная безопасность, услуги по мобильности и геолокации [1]. Состоит из двух связанных подтехнологий: LoRa и LoRaWAN, где LoRa – это используемая радиотехнология для связи оконечного устройства и шлюза (условный аналог базовой станции в сотовой сети связи), LoRaWAN – протокол канального уровня для связи шлюза с сетевым сервером и серверами приложений.

Оконечное устройство имеют прямую радиосвязь со шлюзом. В случае нескольких шлюзов, оконечное устройство выбирает шлюз с лучшим сигналом. Шлюзы подключены к сетевому серверу посредством IP-соединения (Ethernet, WiFi, 3G/LTE, «WiFi-моста», радиорелейной линии), обеспечивают «прозрачное» подключение оконечных устройств. От сетевого сервера данные пересылаются к серверу приложений.

Данная технология описана неоднократно [2, 3] и имеет следующие основные преимущества: 1) максимальная практическая дальность канала связи в сложных условиях 1...4 км (заявленная до 15 км); 2) использование нелицензируемых в России диапазонов частот 864–865 и 868,7–869,2 МГц; 3) наибольшая заявленная скорость передачи данных 50 кбит/с (при ширине канала связи 500 кГц). Обычно исполь-

зуемая скорость – 5 кбит/с (при ширине канала связи 125 кГц); 4) возможность использования нескольких шлюзов для улучшения радиопокрытия; 5) малые массогабаритные характеристики передатчика (рис. 1); 6) низкая мощность передатчика (менее 25 мВт) и возможность длительной работы от «батарейки»; 7) возможность шифрования данных на уровне сети и приложения с помощью ключей (при необходимости); 8) возможность использования геолокации посредством использования временных меток шлюзов (при необходимости).

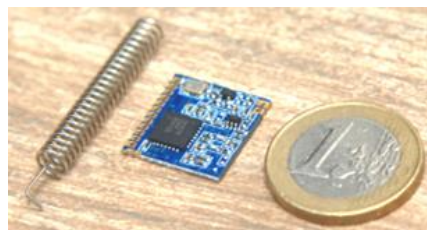


Рис. 1. Один из вариантов передатчика с антенной (монета – для понимания размеров устройства)

Основные ограничения: 1) задержка передаваемого сигнала из-за низкой скорости и особенностей модуляции радиосигнала; 2) технология модуляции радиосигнала ограничена в использовании патентом компании Semtech.

### История применения

История коммерческого применения этой технологии началась в 2015 г., когда фирма Senet развернула сеть в Силиконовой долине установкой 50 мачт с площадью покрытия сети более 39 000 км<sup>2</sup> для учета расхода пропана и другого топлива систем отопления, а также развития технологии IoT [4].

В России технология применялась в первые годы только крупными игроками и большей частью в интересах энергосбытовых компаний для дистанционной передачи показаний счётчиков промышленных и частных потребителей энергии.

«Эр-Телеком» развернул сети передачи данных с технологией LoRaWAN более чем в 62 городах России (во всех городах с населением более 300 тыс. чел. в 2018 г.) и предоставляет услуги сторонним организациям, владея и эксплуатируя сами сети передачи данных [5].

Другой крупный оператор – «LagTech» – развернул сети в 20 регионах России [6].

Он предоставляет различные услуги, в том числе для компании «Читаэнергообл» с 2016 г., и развернул сеть из 152 шлюзов для обслуживания более 60 тыс. устройств [7]. Среди его клиентов «Мособлэнерго» с 2018 г. с более чем 33 тыс. устройств [8] и «Иркутская электросетевая компания» с 2019 г. и с более чем 35 тыс. счётчиков [9].

Несмотря на развёрнутые сети, компании других секторов экономики поначалу осторожно относились к применению данной технологии, считая, что технология передачи показаний счётчиков и участие в управлении технологическими процессами – вещи мало совместимые. Несмотря на стереотип в области применения, данная технология может быть пригодна в различных областях промышленности с учётом своих ограничений.

#### **Управление технологическими процессами**

Не все компании раскрывают используемые управляющие технологии, и это осложняет поиск объектов применения.

Самый крупный оператор LoRaWAN в России – «Эр-телеком» – применяет данную технологию с 2019 г. для компании «Россети Урал» в целях «сквозной автоматизации бизнес-процессов передачи электроэнергии до потребителя в распределительных сетях 0,4–110 кВ при обеспечении заданных параметров надежности, безопасности и экономической эффективности» [10], включая телеуправление реклоузерами и коммутационными аппаратами трансформаторных подстанций. Компания «Россети Урал» отметила, что «датчики позволяют решить не только вопрос противопожарной и физической безопасности, но и обеспечить телемеханизацию, телеуправление и учет электроэнергии». Также появляется «возможность сокращения операционных затрат, затрат на горюче-смазочные материалы, повышения производительности труда и снижения потерь электрической энергии» [11].

В том же 2019 г. «Газпромнефть информационно-технологический оператор» начал тестировать с «ЭР-Телеком» LoRaWAN с целью его внедрения на своих объектах. «Газпромнефть» отмечает, что «строит цифровую нефтяную компанию, управляемую на основе данных и “цифровых двойников”. Нижний слой данных – прежде всего с месторождений – очень сложно поднять и доставить до разработчиков, а технология LoRaWAN может это сделать, причем весьма эффективно...» [12].

Применение в секторе добычи углеводородов России расширяется. Другая из применивших данную технологию российских компаний – «Татнефть» – оборудовала более 90 скважин датчиками, интегрированными в АСУ ТП только в одном нефтегазодобывающем управлении «Елховнефть» [13].

Лидером применения в России в секторе переработки углеводородов пока остаётся «Сибур» с более 3000 различных датчиков на девяти предприятиях [14].

Один из известных примеров применения в крупном географическом проекте в области контроля

технологических устройств и передачи данных телеметрии – компания «General Electric» (GE). GE реализовала систему удаленного мониторинга более 1600 газотурбинных установок (ГТУ). «При эксплуатации таких сложных и дорогостоящих агрегатов необходимо минимизировать число внеплановых остановок и обеспечить своевременное получение данных о техническом состоянии установок. Система GE собирает данные о работе турбин, дальше информация поступает в центр обработки, затем специалисты компании принимают решения о целесообразности дальнейшей эксплуатации турбин. Преимуществом является оперативное реагирование на возникающие неполадки» [15].

#### **Оптимизация режимов работы крупной строительной техники**

Контроль за работой в случае крупной строительной техники позволяет не только экономить на её эксплуатации, но и оценить общее использование имеющегося парка оборудования и необходимость каждой единицы техники на площадке на разных этапах проведения работ. Имеющиеся примеры [16, 17] успешного внедрения данной технологии позволяют контролировать в том числе: 1) фактическое количество отработанного техникой времени (это позволит проводить ТО по фактически отработанным моточасам и соответственно снижать эксплуатационные затраты); 2) фиксацию фактов длительной работы «вхолостую» (при длительном перерыве в использовании, необходимо глушить двигатель для экономии его ресурса и экономии расхода топлива); 3) фиксацию фактов использования техники за пределами установленного рабочего времени (предотвращает использование техники не в целях производства работ); 4) уровень топлива и технических жидкостей (своевременное пополнение позволяет продлить ресурс, индицирует возможные неисправности и снижает вероятность незапланированных ремонтов); 5) фиксацию маршрута передвижения.

К сожалению, в России пока не известны примеры работы подобных сервисных компаний.

#### **Экологический мониторинг**

Разнообразие датчиков позволяет развернуть сеть постов мониторинга экологической безопасности промышленных объектов. Централизованно собирать данные с этих постов поможет обсуждаемая технология. Появляется возможность простого соединения постов экологического мониторинга для контроля экологической обстановки, выбросов и стоков.

#### **Геолокация, логистика, транспорт**

Возможность передавать данные местоположения от ГЛОНАСС/GPS трекера позволяет фиксировать посещение сотрудниками всех необходимых объектов, отслеживать маршруты передвижения техники.

Также появляется возможность отслеживания условий транспортировки и хранения чувствительных и опасных материалов и продукции (отслеживание фактов падения, нарушения температурно-влажностного режима, нахождения опасного и чувствительного груза вне мест его хранения).

Возможен и оперативный контроль количества материальных активов на складе.

При наличии на объекте 3 и более шлюзов определять местоположение датчика на территории объекта возможно средствами LoRaWAN и без участия ГЛОНАСС/GPS трекера.

#### **Телеметрия**

Коммерческое применение технологии началось с передачи показаний счётчиков энергии. С тех пор разнообразие готовых датчиков в различных вариантах исполнения радикально увеличилось: газо- и расходомеры (в том числе электромагнитные и ультразвуковые), датчики температуры/давления/влажности для различных помещений (в том числе для холодильной техники), датчики загазованности, датчики движения, датчики наличия воды, датчики вибрации, датчики подсчёта людей в помещении, датчика скорости и направления ветра, датчики деформации и веса, датчики уровня сыпучих грузов/отходов в кузове/контейнере, датчики уровня жидкости и др. [18]. В сочетании с открытой архитектурой технологии это позволяет применять данную технологию в совершенно разных областях.

Известно применение решений на основе данной технологии различными подразделениями British Petroleum (BP). Так, компания BP Bitumnem проводит автоматизированный мониторинг целостности трубопроводов заводов производства битума [19]. Также использована в системе обнаружения утечек трубопроводов месторождений [15].

В России известно не так много примеров применения, но год от года количество объектов увеличивается. Так, «Варьеганнефть» начала проводить мониторинг состояния нефтегазосборной сети трубопроводов на удалённых элементах инфраструктуры с 2019 г. [20].

Иркутская нефтяная компания успешно провела испытания датчиков с технологией LoRaWAN на своих объектах в феврале 2020 г. [21]. Проект получил дальнейшее развитие расширением системы передачи данных телеметрии по сети LoRaWAN.

Также на объектах нефтедобычи технологии LoRaWAN используются на установках предварительного сброса воды, насосных станциях откачки пластовых вод, площадках поглощающих скважин.

Были предложения применить технологию для проверки утечек и потерь, например мониторинга утечек газа через продувочные трубопроводы [22].

Сама технология может быть элементом более крупной системы, и имеется пример её использования как элемента «цифровой скважины». В 2017 г. «дочерняя» компания «ЭР-Телеком Холдинга» «Энфорта» была заслуженно оценена за «...проект по цифровизации скважин компании «Волгодеминойл» на основе IoT-среды по технологии LoRaWAN и облачной платформы работы с данными...» [23].

Подано предложение к применению данной технологии в РЖД для мониторинга автоматического измерителя сопротивления заземления [24].

#### **Защита от коррозии**

Дальности действия технологии LoRaWAN достаточно для решения задач передачи данных для контроля процессов электрохимической защиты металлоконструкций на значительной части объектов добычи, хранения и переработки углеводородов. Сложности с прохождением радиосигнала в условиях больших объектов переработки обычно решаются расчётом зон радиопокрытия, увеличением количества шлюзов, использованием направленных антенн и размещением их на высотных сооружениях.

Для контроля процессов электрохимической защиты протяжённых продуктопроводов в транспорте углеводородов необходимо передавать данные на значительные расстояния. Ситуация бывает осложнена рельефами с перепадом по высоте, электромагнитными помехами от промышленных потребителей электроэнергии. В такой ситуации дальности передачи данных по технологии LoRaWAN (до 15 км) в базовом его варианте недостаточно.

В качестве решения может быть предложено изменение топологии сети из «звезды» в «шину» с использованием промежуточных ретрансляторов, или в «гибридную» с использованием и ретрансляторов, и оконечных устройств, выполняющих функции передачи данных от удалённых оконечных устройств.

Решение для контроля процессов электрохимической защиты трубопроводов транспорта от коррозии было реализовано [25] и имеет понятные преимущества как перед проводной системой, так и перед передачей данных через сети сотовых операторов.

В августе 2023 г. было выпущено обновление программного обеспечения, реализующее функцию ретрансляции внутри LoRaWAN сети [26]. Не являясь полноценной заменой шлюза, устройство с функцией ретранслятора может передавать транзитом данные с других оконечных устройств. Это экономически эффективный (по сравнению с установкой дополнительного шлюза) способ расширения зоны покрытия в случае протяжённых продуктопроводов, сложных условий распространения радиоволн на крупных промышленных площадках, отдельных удалённых объектах, перерабатывающих и химических производствах.

#### **Безопасность**

Данная технология предлагает неплохие встроенные средства защиты передаваемой информации. Так, передаваемые данные могут быть защищены как 128-битным сетевым ключом, так и 128-битным ключом приложения [1]. Это обеспечивает надёжную защиту передаваемых данных. При необходимости усилить защиту передаваемой информации возможно применением более устойчивого алгоритма шифрования, например гибридного алгоритма шифрования [27].

Высокая защита в сочетании с радиусом действия до 15 км (в условиях слабой застройки) открывает перспективы применения LoRa как в системах безопасности (сигнализации, пожароохранных системах, контрольно-пропускных системах, службах

корпоративной защиты (СКЗ), службах безопасности) [28], так и в системах промышленной безопасности.

Разнообразие современных датчиков позволяет автоматизировать системы промышленной безопасности и вывести их на ранее недостижимый уровень постоянного мониторинга. Это могут быть как простые извещатели прохождения персонала в опасные зоны или на особо опасные объекты (особо опасные объекты электроэнергетики, технологических процессов, высотные сооружения, крыши зданий, цистерны и т.д.), так и датчики загазованности, вредных и опасных веществ.

Перспективно применение датчиков, показывающих наличие средств оповещения и защиты в местах проведения работ, так как позволяют проводить мониторинг: 1) применения сотрудниками средств индивидуальной защиты (например, трансляцию сигналов датчиков «умная каска»); 2) наличия и работоспособности средств измерения и оповещения (например, датчика загазованности) в местах проведения работ; 3) приближения персонала к опасным зонам; 4) наличия персонала и техники в месте возникновения ЧП; 5) соблюдения режима труда и отдыха; 6) необходимости вызова помощи кому-либо из сотрудников (фиксация фактов падений, обездвижения).

Так, в 2020 г. на трёх предприятиях Алтайского края запустили пилотные проекты «Умная каска» [29]. В 2021 г. «Умная каска» от «Ростелеком», внедрённая на объекте АО «Хиагда» (Урановый холдинг «АРМЗ», госкорпорация «Росатом»), получила высокую оценку коллег и стала образцом цифровых средств индивидуальной защиты в горнорудной промышленности [30].

#### Заключение

Технология LoRaWAN позволяет преодолеть ограничения высокой стоимости, малой дальности и низкой энергоэффективности беспроводных подключений в первую очередь для M2M-взаимодействий. Имеющийся положительный опыт позволяет надеяться на широкое применение для обеспечения дальнейшего развития автоматизации и мониторинга в целях улучшения показателей эффективности различных процессов.

#### Литература

1. What is the LoRaWAN™ Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lora-alliance.org/about/lorawan/>, свободный (дата обращения: 25.09.2023).
2. Выдрин Д.Ф. Основные параметры беспроводной технологии LoRaWAN / Д.Ф. Выдрин, Д.Р. Ситдииков // Academy. – 2019. – Т. 42, № 2. – С. 22–24.
3. Application of lora wireless technology in IoT networks / N. Jafarov, M. Nasiyev, // Sciences of Europe. – 2022. – № 108. – С. 42–45.
4. Senet. Timeline of Innovation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://senetco.com/about/why-senet/>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
5. Эр-Телеком. Карта покрытия LoRaWAN сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iot-ertelecom.ru/karta-pokrytija/>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).
6. Лартех. Зона покрытия сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lar.tech/partners/area>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
7. Эффективная интеллектуальная система учета электроэнергии для АО «Читаэнергообит» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lar.tech/2-top-ru/237-aochitaenergosbyt>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).
8. Глобальное сотрудничество АО «Мособлэнерго» и ООО «Лартех» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lar.tech/projects/projects-008?ysclid=lnaclhh83j883136103>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).
9. Сплит-счетчики для ИЭСК для ОАО «Иркутская электросетевая компания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lar.tech/projects/projects-002>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).
10. «ЭР-Телеком» выводит на рынок промышленного «интернета вещей» комплексные решения для электросетевого комплекса России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wireless-e.ru/application/er-telekom/?ysclid=lnab8t02th673145497>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
11. Энергетика в цифре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4046366?ysclid=lnve8aimuu140318349>, свободный (дата обращения: 18.10.2023).
12. ИТСК заключила соглашение с «ЭР-Телеком Холдинг» с целью внедрения технологии LoRaWAN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/a/460968>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
13. В Татарстане расширяют сеть «умных» нефтяных скважин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://burneft.ru/main/news/42457>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
14. «СИБУР» внедряет интернет вещей в «Казаньоргсинтезе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.cnews.ru/news/line/2022-10-05\\_sibur\\_vnedryaet\\_internet?ysclid=lnadcu5cj935822454](https://www.cnews.ru/news/line/2022-10-05_sibur_vnedryaet_internet?ysclid=lnadcu5cj935822454), свободный (дата обращения: 03.10.2023).
15. Марисов Д.А. Интернет вещей в нефтегазовой сфере: анализ технологии LoRaWAN и возможности прикладного применения / Д.А. Марисов, А.Ю. Зацепин, Е.А. Марин, А.В. Терлеев, М.Ю. Ларионова // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2019. – № 2(12). – С. 76–80. – URL: [https://ntc.gazprom-neft.ru/upload/uf/098/GPN\\_2\\_19\\_190619.pdf](https://ntc.gazprom-neft.ru/upload/uf/098/GPN_2_19_190619.pdf) (дата обращения: 03.10.2023).
16. Machinemax [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://machinemax.com/pages/solutions>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
17. LoRaWAN® Vehicle and People Tracker [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://easyreach.co.in/lora-tracker>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
18. ThinkPark Community. Solution catalog. Devices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://community.thinkingpark.org/iot-solutions-catalog/devices.html>, свободный (дата обращения: 03.10.2023).
19. Павлова З.Х. Современные технологии приемопередачи измерительной информации для организации сенсорных сетей мониторинга объектов нефтегазовой отрасли / З.Х. Павлова, А.Н. Краснов, Р.Р. Балтин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 5(59). – С. 79–81.
20. «В ПАО Варьеганнефть реализован проект по беспроводным технологиям» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://publishernews.ru/PressRelease/PressReleaseShow.asp?id=716671&ysclid=lnbs5eq9f67460841>, свободный (дата обращения: 04.10.2023).

21. Испытания оборудования ROSSMA IIOT-AMS на объектах нефтедобычи ООО «ИРКУТСКАЯ НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rossma.ru/news/испытания-оборудования-rossma-iiot-ams-на-объект-3/?ysclid=lnbsp56hfr673514619>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).

22. Балтин Р.Р. Система мониторинга утечек газа через продувочные трубопроводы / Р.Р. Балтин, А.Н. Краснов, Р.А. Майский // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2017. – № 2(13). – С. 62–67.

23. IX Всероссийский конкурс. Лучшие 10 ИТ-проектов для нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://3.oil-gas.digital/contest\\_ru](https://3.oil-gas.digital/contest_ru), свободный (дата обращения: 09.10.2023).

24. Евдокимова О.Г. Применение технологии интернета вещей для передачи данных от автоматического измерителя сопротивления заземления / О.Г. Евдокимова, С.М. Куценко, Б.А. Мешков // Изв. Петербургского университета путей сообщения. – 2023. – Т. 20, № 3. – С. 758–767.

25. Хакимов Р.Ф. Применение технологии «интернет вещей» в трубопроводном транспорте / Р.Ф. Хакимов, В.Ф. Даутов, О.Р. Латыпов // Территория Нефтегаз. – 2021. – № 3. – С. 12–13.

26. The New LoRaWAN® Relay Feature: A Powerful Tool for LoRa® and LoRaWAN Networks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.semtech.com/the-new-lorawan-relay-feature>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).

27. Ван Чжэн. Разработка гибридной схемы шифрования на основе ECC и AES / Чжэн Ван, Цзяси Ли, Чжочэн Ли // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – Т. 68, № 5. – С. 16–20.

28. Анисимов С.Л. К вопросу о возможности применения архитектуры сети loRa в охранных системах / С.Л. Анисимов, И.В. Лазарев, Н.С. Шаталов // Вестник Воронежского института МВД России. – 2022. – № 2. – С. 133–140.

29. «Умные каски» на предприятиях Алтайского края [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://slddigital.com/article/%D1%83mnye-kaski-na-predpriyatijah-%D0%B0ltajskogo-kraja/>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).

30. «Умная каска» победила на конкурсе цифровизации горной индустрии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.it-world.ru/news-company/releases/173766.html>, свободный (дата обращения: 09.10.2023).

given based on the advantages and limitations of the technology. The results of this research are represented by an analytical review of current and promising areas for the application of systems with LoRaWAN.

**Keywords:** communication, data transmission, protocol, solution, LoRaWAN.

**doi:** 10.21293/1818-0442-2023-26-3-83-88

### References

1. What is the LoRaWAN™ Specification. Available at: <https://lorawan-alliance.org/about-lorawan/>, free (Accessed: September 25, 2023).

2. Vydryn D.F., Sitdikov D.R. *Osnovnyje parametry bezprovodnoj tehnologii LoRaWAN* [The main parameters of wireless technology LoRaWAN]. *Academy*. – 2019, vol. 42, no 2, pp. 22–24 (in Russ.).

3. Jafarov N., Nasiyev M. Application of lora wireless technology in IoT networks. *Sciences of Europe*, 2022, no. 108, pp. 42–45.

4. Senet. Timeline of Innovation. Available at: <https://senetco.com/about/why-senet/>, free (Accessed: October 03, 2023).

5. *Er-Telecom. Karta pokrytiya LoRaWAN sety* [Er-Telecom. LoRaWAN Network Coverage Map]. Available at: <https://iot-ertelecom.ru/karta-pokrytiya/>, free. (Accessed: October 09, 2023) (in Russ.).

6. Latch. Area. Available at: <https://lar.tech/en/partners/area>, free (Accessed: October 03, 2023).

7. *Effektivnaya intelektualnaya sistema uchyota elektroenergiyi dlya AO «Chitaenergobyt»* [Effective intelligent system of electric energy accounting for JSC «Chitaenergobyt»]. Available at: <https://lar.tech/2-top-ru/237-ao-chitaenergobyt>, free. (Accessed: October 09, 2023) (in Russ.).

8. *Globalnoye sotrudnichestvo AO «Mosoblenergo» i OOO «Lartech»* [Global cooperation of Mosoblenergo JSC and Lartech LLC]. Available at: <https://lar.tech/projects/projects-008?ysclid=lnaclhh83j883136103>, free. (Accessed: October 09, 2023) (in Russ.).

9. *Split-schetchiku dlya OAO «Irkutsk Electrosetevaja kompanija»* [Split meters for JSC "Irkutsk Electric Grid Company"]. Available at: <https://lar.tech/projects/projects-002>, free. (Accessed: October 09, 2023) (in Russ.).

10. «ER-Telecom» vivodit na rynek promyshlennogo «Internet of Things» kompleksnyje resheniya dlya elektrosetevogo kompleksa Rossii [ER-Telecom introduces integrated solutions for the Russian electric grid complex to the industrial "Internet of Things" market]. Available at: <https://wireless-e.ru/application/er-telecom/?ysclid=lnab8t02th673145497>, free. (Accessed: October 03, 2023) (in Russ.).

11. *Energetika v tsifre* [Energy in digit]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/4046366?ysclid=lnve8aimuu140318349>, free. (Accessed: October 18, 2023) (in Russ.).

12. *ITSK zaklychila soglasheniye s «R-Telecom Kholding»s tselju vnedreniya tehnologii LoRaWAN* [ITSK has signed an agreement with ER-Telecom Holding to introduce LoRaWAN technology]. Available at: <https://www.tadviser.ru/a/460968>, free (Accessed: October 03, 2023) (in Russ.).

13. *V Tatarstane rashirjaut set «umnykh» nefjtjanykh skvazhin* [Tatarstan expands the network of "smart" oil wells]. Available at: <https://burneft.ru/main/news/42457>, free. (Accessed: October 03, 2023) (in Russ.).

14. «SIBUR» vnedrjaet Internet veshey v «Kazanorgsintez» [SIBUR introduces the Internet of Things in Kazanorgsintez]. Available at: [https://www.cnews.ru/news/line/2022-10-05\\_sibur\\_vnedryaet\\_internet?ysclid=lnadcuic5cj935822454](https://www.cnews.ru/news/line/2022-10-05_sibur_vnedryaet_internet?ysclid=lnadcuic5cj935822454), free (Accessed: October 03, 2023) (in Russ.).

### Носов Алексей Филиппович

Гл. специалист Всерос. науч.-исслед. института природных газов и газовых технологий (ВНИИГАЗ) Газовиков ул., 15, стр. 1, п. Развилка, г.о. Ленинский, Московская область, Россия, 142717  
Тел.: +7-985-766-38-46  
Эл. почта: a\_nosov@gwise.vniigaz.gazprom.ru

Nosov A.F.

### Applicability of data transmission systems with LoRaWAN technology

An overview of existing and prospective applications of data transmission systems using LoRaWAN technology are presented. The options for the application in different areas are considered, an assessment of promising application areas is

15. Marisov D.A., Zatsepin A.Y., Marin E.A., Terleev A.V., Larionov M.Y. Internet of things in the oil and gas industry: LoRaWAN technology analysis & use cases. *PRONEFT. Professional'no o nefti*, 2019, no. 2(12), pp. 76–80 (in Russ.). Available at: [https://ntc.gazprom-neft.ru/upload/uf/098/GPN\\_2\\_19\\_190619.pdf](https://ntc.gazprom-neft.ru/upload/uf/098/GPN_2_19_190619.pdf) (Accessed: October 03, 2023).
16. Machinemax. Available at: <https://machinemax.com/pages/solutions>, free (Accessed: October 03, 2023).
17. LoRaWAN® Vehicle and People Tracker. Available at: <https://easyreach.co.in/lora-tracker>, free (Accessed: October 03, 2023).
18. ThinkPark Community. Solution catalog. Devices. Available at: <https://community.thinkpark.org/iot-solutions-catalog/devices.html>, free (Accessed: October 03, 2023).
19. Pavlova Z.H., Krasnov A.N., Baltin R.R. (2017). Modern technologies of transmitting measuring information for limitation of serial networks of objects of oil and gas industry monitoring. *International Research Journal*, 2017, № 5(59), pp. 79–81. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.108> (in Russ.).
20. A project on wireless technologies has been implemented at PJSC Varyeganeft. Available at: <https://publish-ernews.ru/PressRelease/PressReleaseShow.asp?id=716671&ysclid=lnbs5eq9f67460841>, free (Accessed: October 04, 2023).
21. *Ispytaniya oborudovaniya ROSSMA IIOT-AMS na obyektakh neftedobychi OOO «IRKUTSKAYA NEFTYANAYA-KONPANIYA»* [Testing of ROSSMA IIOT-AMS equipment at oil production facilities of IRKUTSK OIL COMPANY LLC]. Available at: <https://rossma.ru/news/испытания-оборудования-rossma-iiot-ams-на-объект-3/?ysclid=lnbsp56hfr673514619>, free (Accessed: October 09, 2023) (in Russ.).
22. Baltin R.R., Krasnov A.N., Maiski R.A. *Systema monitoring utechek gaza cherez produvochnyye nruboprovody* [Gas leak monitoring system through purgeable pipelines]. *Electrical and Data Processing Facilities and Systems*, 2017, no 2 (vol.13), pp. 62–67 (in Russ.).
23. The 9th All-Russian Contest. Top 10 IT Projects for Oil & Gas Industry. Available at: [https://3.oil-gas.digital/contest\\_en](https://3.oil-gas.digital/contest_en), free (Accessed: October 09, 2023).
24. Evdokimova O.G., Kutsenko S.M., Meshkov B.A. *Priveneniye tehnologii Interneta veshey dlya peredachi dannykh ot avtomaticheskogo izmeritelya soprotivleniya zazemleniya* [Application of the Internet of Things Technology for Data Transmission from an Automatic Grounding Resistance Meter]. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, no 3, pp. 758–767 (in Russ.).
25. Hakimov R.F., Dautov V.F., Latypov O.R. *Primeneniye tehnologii Internet veshey v truboprovodnom transporte* [Application of the Internet of Things technology in pipeline transport]. *Territoriya Neftegas*, 2021, no 3, pp. 12–13 (in Russ.).
26. The New LoRaWAN® Relay Feature: A Powerful Tool for LoRa® and LoRaWAN Networks. Available at: <https://blog.semtech.com/the-new-lorawan-relay-feature>, free (Accessed: October 09, 2023).
27. Van Chzhen, Li Tsyyasi, Li Chzhochen. Development of a hybrid encryption scheme based on ECC and AES. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2022, vol. 5–2 (68), pp. 16–20.
28. Anisimov S.L., Lazarev I.V., Shatalov N.S. *K voprosu o vozmozhnosti primeneniya arkhitektury sety lora v okhrannykh sistemakh* [On the question of the possibility of using architecture lora networks in security systems]. *Vesnik Voronezhskogo instituta MVD Rosii*, 2022, no. 2, pp. 133–140 (in Russ.).
29. «Umnyje kaski» na predpriyatijakh Altayskogo kraja [«Smart helmets» at the enterprises of the Altai Territory]. Available at: <https://slldigital.com/article/%D1%83mnye-kaski-na-predpriyatijah-%D0%B0ltajskogo-kraja/>, free. (Accessed: October 09, 2023) (in Russ.).
30. *Umnaya kaska "pobedila na konkurse tsifrovizatsiya gornoy industriy* [«Smart Helmet» won the mining industry digitalization contest]. Available at: <https://www.it-world.ru/news-company/releases/173766.html>, free (Accessed: October 09, 2023) (in Russ.).

---

#### Alexey F. Nosov

Chief specialist, All-Russian Scientific Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies (VNIIGAZ)  
15, Gazovikov str., b. 1, Razvilka village, Leninsky city district, Moscow area, Russia, 142717  
Phone: +7-985-766-38-46  
Email: a\_nosov@gwise.vniigaz.gazprom.ru