ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ (БЛОКЧЕЙН) В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

АВТОРЫ:

А.В. СИЛИН,
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ» ИЭИТС СПБПУ

А.Ю. КОШЛАКОВ,
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ» ИЭИТС СПБПУ

Д.А. АКИМОВ,
АО «НТЦ ЕЭС»

Структура современной электроэнергетики состоит из частных компаний и контролирующих их государственных структур. Однако в настоящее время значительная доля частных энергосбытовых компаний из-за больших задолженностей возвращается в государственную собственность, тем самым ответственность перед потребителем ложится на гарантирующего поставщика. Технология, основанная на блокчейн-системе, позволит сформировать структуру электроснабжения без всяких посредников.

Ключевые слова: блокчейн; смарт-контракт; электроэнергетика; децентрализация; Smart Grid.

ВВЕДЕНИЕ

Блокчейн (англ. blockchain — «цепочка блоков») — это электронная база данных, которая может быть запрограммирована не только на проведение финансовых транзакций, но и на хранение практически любой информации. Информация, хранящаяся в цепочке блоков, существует как база данных, совместно используемая пользователями данной сети и постоянно обновляющаяся. Такой способ использования имеет очевидные преимущества. База данных блокчейн не хранится в одном определенном месте, она размещена на множестве компьютеров, являющихся пользователями сети одновременно, что означает то, что хранящиеся в ней записи действительно общедоступны и легко проверяются. В сети блокчейн отсутствуют централизованные точки уязвимости, которые могут использовать компьютерные хакеры. Вместо того чтобы атаковать единый центр хранения данных, как в случае с системами, имеющими централизованный тип хранения информации, злоумышленникам придется получить доступ к каждому пользовательскому компьютеру, участвующему в сети, что требует огромного количества вычислительной мощности. Также система, построенная по схеме блокчейна, защищена от ошибок, обусловленных человеческим фактором. Это возможно благодаря тому, что сеть блоков находится в состоянии консенсуса [1].

Сеть согласовывает каждую транзакцию через определенные временные интервалы. Каждая группа этих транзакций называется «блоком». Преимущество такой системы заключается в том, что она не может быть повреждена. Изменяя любую информацию о блочной цепочке, необходимо одновременно заменить ее на всех компьютерах, задействованных в этой сети. Система гарантирует действительность транзакций путем записи ее не только в основной регистр, но и в распределенную систему регистров, все из которых связаны через безопасный механизм проверки [1]. Процесс формирования цепочки блоков-транзакций в системе блокчейн включает в себя несколько основных этапов.

Если поставщик и покупатель договорились осуществить транзакцию, они определяют получателя, отправителя и сумму сделки, а также другую дополнительную информацию. Информация по каждой транзакции зашифровывается и передается на большое число персональных компьютеров участников сети, на каждом из которых осуществляется локальное хранение данных. Пользователи сети автоматически подтверждают транзакции. После того, как транзакция была одобрена, средства отправляются получателю.

ЗАМЕЧАНИЕ ЭКСПЕРТА

Несколько замечаний, касающихся наших российских реалий.

К сожалению, в РФ до сих пор нет законов, определяющих и регламентирующих возможность поставки и продажи собственной электроэнергии локальными производителями в электрическую сеть основной энергосистемы.

Далее, при большом количестве счетов покупателей и продавцов электроэнергии потребуются большие и все возрастающие затраты на обработку и хранение информации в компьютерах.

Экономику процесса надо посчитать, хотя, конечно, ТСО (посредников) надо резко минимизировать.

Ю.И. Моржин, д.т.н.

Проведенные в течение того же периода времени транзакции объединяются для создания нового блока данных. Проверка и подтверждение данных, хранящихся в блоках, проводятся с использованием алгоритмов, которые присваивают каждому блоку уникальный хэш-код. Процесс проверки соответствия нового блока

ПРОЦЕСС ПРОВЕДЕНИЯ ТРАНЗАКЦИИ

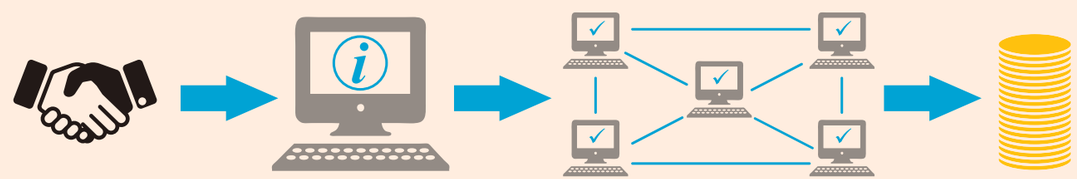

Рис. 1

ПРИНЦИП ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

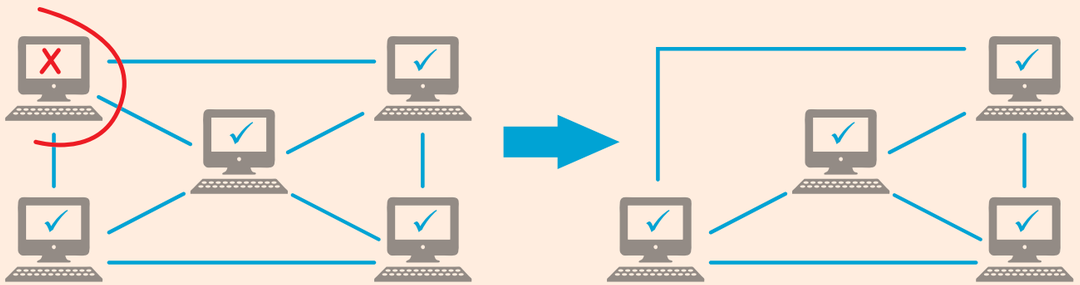

Рис. 2

транзакции предыдущим блокам, образующим цепь, осуществляется в так называемых узлах системы [2].

Каждый узел является «администратором» цепочки блоков и добровольно присоединяется к сети. За верификацию транзакций и подбор верных хэш-кодов пользователей награждают внутрисистемной цифровой валютой. Фактически каждый из них конкурирует за победу в решении вычислительных головоломок, которые по сути своей являются подбором хэш-кода блока, соответствующего предыдущей цепи блоков. Пользователей, предоставляющих вычислительную мощность своих компьютеров для подбора кодов, называют майнерами, а сам процесс подбора — майнингом [1]. Надежность таких систем основывается на том, что новый блок нельзя сформировать быстрее, чем за определенное время — например, в действующей системе биткоин (англ. bitcoin, от bit — «бит» и coin — «монета») за 10 минут. Это обеспечивается механизмом, который получил название «доказательство выполнения работы» (Proof-Of-Work) [2].

Концепция доказательства выполнения работы — это механизм на основе консенсуса, который наиболее часто используется вместе с технологией блокчейн. Состояние консенсуса позволяет всем участникам сети работать сообща, предотвращая сбои и попытки обмана. Если участники сети, обладающие как минимум пятьюдесятью процентами от общей вычислительной мощности, считают, что транзакция проведена корректно, то она выполняется. Если они обнаруживают, что один из участников сети решил сфальсифицировать данные транзакции, то его отрезают от общей сети, а сеть продолжает функционировать в прежнем режиме.

Компаниям, поставляющим электроэнергию, приходится постоянно взаимодействовать с огромным количеством клиентов и обрабатывать их заявки. И порой время решения вопросов затягивается на длительный срок. Подобная система управления требует постоянного контроля и обслуживания базы данных. К тому же она не застрахована от ошибок, вызванных человеческим фактором. Блокчейн в состоянии взять эти проблемы на себя, занимаясь обработкой данных в автоматическом режиме [2].

Расчет между поставщиками и потребителями электроэнергии упростится, так как вся информация будет автоматически обрабатываться в системе блокчейн. Участник подобной сети может одновременно являться и потребителем, и поставщиком, продавая излишки другим участникам. Из таких локальных производителей и потребителей электроэнергии будет формироваться своего рода микросеть, имеющая (либо не имеющая) доступ к центральной сети.

В случае с традиционной системой энергоснабжения, потребители имеют риск быть отключенными от сети в случае чрезвычайной ситуации и остаться без электричества на продолжительный срок. Системы, использующие смешанный вид энергоснабжения, объединяющие традиционный тип и микросети, исключают возможность быть обесточенными в случае неполадок в централизованной системе снабжения.

Пример алгоритмов реализации и построения новой архитектуры электроэнергетических систем наиболее подробно описан в документе «Архитектура Интернета энергии (Internet of Distributed Energy Architecture)» [3].

ТРАДИЦИОННАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

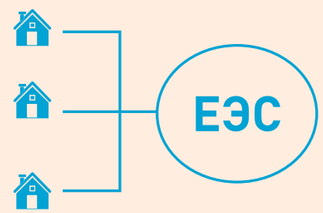

Рис. 3

СМЕШАННАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Рис. 4

Рассмотрим примеры применения блокчейн-систем в электроэнергетике.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ МИКРОСЕТЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Проект микросети Бруклина, разрабатываемый компаниями LO3 Energy и ConsenSys, создан с целью проверить технологию блокчейн при проведении операций по продаже электроэнергии от солнечных батарей между реальными потребителями. Первый запуск Бруклинской микросети состоялся в апреле 2016 г., позволив трем жителям улицы Presi-dent street в Park Slope принять участие в первых в мире одноранговых энергетических операциях [4]. Рынок одноранговой энергетики позволяет жителям соседних домов покупать или продавать энергию в своем сообществе, связывая владельцев солнечных панелей с потребителями, которые предпочитают покупать местную «зеленую» энергию. С помощью мобильного приложения можно контролировать уровень потребляемой мощности, а также изменять ее в режиме реального времени.

Для тех, кто использует солнечные панели для покрытия собственных нужд, имеется возможность продавать излишки производимой ими электроэнергии. Цену в этом случае устанавливает хозяин солнечной панели.

Данная микросеть также получает энергию от ближайшей традиционной электростанции. Следовательно, потребитель может выбирать процесс производства энергии между возобновляемыми и традиционными электростанциями. Таким образом, домовладельцы без солнечных панелей могут получить бонусы за использование солнечной энергии от панелей своих соседей. Пользователи данной модели на основе консенсуса застрахованы от потери электроэнергии, вызванной чрезвычайными ситуациями на традиционных электростанциях. Микросеть не нуждается в посредниках в виде сбытовых компаний, как при традиционной передаче электричества,

ИНФОРМАЦИЯ

Блокчейн — общий термин, означающий выстроенную по определенным правилам непрерывную последовательную цепочку блоков, содержащих конкретную информацию. Чаще всего копии цепочек блоков хранятся на множестве разных компьютеров независимо друг от друга.

Впервые термин появился как название реплицированной распределенной базы данных, реализованной в системе «Биткойн», из-за чего блокчейн часто относят к транзакциям в различных криптовалютах, однако технология цепочек блоков может быть распространена на любые взаимосвязанные информационные блоки.

В 2008 г. некто под псевдонимом Сатоши Накамото, которого никто и никогда не видел до сего дня, опубликовал файл, где описал протокол и принцип работы платежной системы, которая работает как одноранговая сеть.

Первым приложением этой технологии стала платежная система «Биткойн», появившаяся в 2009 г. Строго говоря, все составные части протокола «Биткойн» и идеи, заложенные в нем, в общем-то, были известны и до 2009 г., но вот слепить все вместе и заставить это работать удалось именно авторам «Биткойна» и именно в 2009-м.

Первоначально технология децентрализованного обмена пользовательскими данными была создана для функционирования криптовалюты биткоин.

что делает ее более рентабельным и устойчивым вариантом в долгосрочной перспективе [5].

PYLON NETWORK

Проект Pylon Network нацелен на декарбонизацию энергосектора и создание первого открытого сообщества по обмену энергией, получаемой от возобновляемых источников. С помощью интегрированного в сеть Pylon Network интеллектуального счетчика METRON пользователи данной сети могут контролировать процесс электроснабжения. Данные счетчики используются в качестве контрольных узлов для прямого обмена энергией и проведения платежей с использованием смарт-контрактов. Для накопления энергии и использования ее в том случае, если возобновляемые источники энергии не смогут выдать требуемую нагрузку, компания использует хранилище со сжатым водородом, выступающим вроде накопителя электроэнергии. Такой способ аккумуляции энергии является экологически чистым и обладает высокой энергоемкостью.

SUNCONTRACT

SunContract — проект, в основе которого лежит принцип работы блокчейн-систем, направленный на увеличение доли возобновляемых источников энергии. Пользователи и производители солнечной энергии объединяются в так называемые пулы (англ. pool — «общий фонд»). Торговля электроэнергией будет осуществляться внутри этого пула с помощью цифровой валюты SunContract tokens (SNC). Сопоставление цен и расчет сделок будет осуществляться с помощью смарт-контрактов, а блокчейн-система обеспечит надежность всех транзакций [6].

WEPOWER

Целью проекта WePower является поддержка производителей возобновляемой энергии. Платформа позволяет производителям энергии от возобновляемых источников продавать ее напрямую потребителям. За счет исключения посредников потребители имеют возможность покупать электроэнергию по цене, которая является ниже рыночной. Торговля внутри платформы осуществляется посредством токенов WPR. Один WPR-токен равен одному киловатту энергии, которую производитель обязуется произвести. Таким образом, данные токены представляют собой смарт-контракты, которые содержат в себе информацию о том, когда энергия будет произведена и доставлена, какого она будет типа и по какой цене продана. Каждый производитель предлагает свою энергию пользователям данной платформы в соответствии с правилами аукциона. Первыми доступ к энергетическим токенам производителя получают держатели WPR, затем доступ к ним получают остальные пользователи платформы. Также производители должны перечислить 0,9 % от всей своей энергии в токенах держателям WPR пропорционально количеству токенов на их счетах [7].

POWER LEDGER

Power Ledger использует технологию блокчейн для того, чтобы позволить производителям или тем, кто имеет избыточную выработку электроэнергии, продавать ее без посредников потребителям. Данная платформа использует два типа токенов. Покупка токенов POWR позволяет пользователям получить доступ к платформе. Он является биржевым токеном платформы. Генерация второго типа токенов Sparkz осуществляется после покупки достаточного количества POWR и позволяет осуществлять торговлю электроэнергией среди пользователей платформы. Sparkz являются локальными токенами и позволяют поддерживать устойчивый обменный курс между местными ценами на энергию и биржевым токеном POWR [8].

ELECTRIFY ASIA

Схожий проект, нацеленный на децентрализацию энергосектора, Electrify Asia планирует расширить границы розничной торговли электроэнергией в Юго-Восточной Азии. Внутренней цифровой валютой платформы является токен ELEC. Транзакции заключаются с помощью смарт-контрактов, а контроль передачи электроэнергии осуществляется с помощью интеллектуальных устройств PowerPod [9].

GRID+

Данный проект использует смарт-контракты платформы Ethereum для продажи или покупки электроэнергии. С помощью прибора Grid+ Smart Agent планируется осуществлять сбор данных о потоках электроэнергии, а также формировать смарт-контракты и оплачивать их в автономном режиме. Формирование транзакций планируется осуществлять с помощью технологии платежных каналов Raiden в блокчейне Ethereum.

EXERGY

Прототип блокчейн-платформы данного проекта применяется также для Бруклинской микросети. Команды обоих проектов являются частью команды компании LO3 Energy. Целью Exergy является создание децентрализованной сети для торговли электроэнергией.

ENERCHAIN

Enerchain представляет собой торговую платформу на основе технологии блокчейн для оптовой торговли энергией. Команда данного проекта стремится к децентрализованной торговле электроэнергией между участниками рынка.

ELECTRON

Команда этого проекта стремится упростить все процессы, связанные с продажей, покупкой и потреблением энергии. Исключить посредников и сделать возможной децентрализованную торговлю электроэнергией при помощи блокчейн-платформы.

GREENEUM

Greeneum ставит перед собой цель создания и развития децентрализованного и устойчивого энергетического рынка, который позволит пользоваться интеллектуальной монетизацией для совершения транзакций. Также в планах компании использовать искусственный интеллект для оценки и прогнозирования энергетического рынка, что позволит сбалансировать энергопотребление и спрос [10].

IMPACTPPA

Целью проекта является увеличение доли экологически чистых источников энергии и децентрализация энергетического рынка. Используя блокчейн-платформу, ImpactPPA планирует осуществлять финансирование проектов в области возобновляемых источников энергии [11].

ONDER

Перспективная платформа для создания, пилотирования и запуска новых бизнес-моделей на распределенном энергетическом рынке без централизованной биллинговой системы на основе блокчейн-платформы [12].

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯМИ

Электромобили становятся более доступным видом транспорта. Электрические зарядные станции, используемые для их подзарядки, будут оказывать влияние на общую систему электроснабжения. Проекты, основанные на блокчейн-системе, в перспективе могут упростить процесс использования электромобилей и снизить нагрузку на общую сеть за счет того, что заряжать их можно будет от станций подзарядки, не являющихся частью общей сети, с помощью смарт-контрактов.

Использование технологии блокчейн позволит облегчить оплату подзарядки электромобилей. Необходимое количество электроэнергии будет автоматически рассчитываться и по итогам будет выставляться счет. Это может быть реализовано путем использования смарт-контрактов, которые используют технологию блокчейна для автоматического запуска транзакции, когда

СХЕМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА ПРИНЦИПАХ РАБОТЫ СИСТЕМЫ БЛОКЧЕЙН И ИСПОЛЬЗОВАНИИ СМАРТ-КОНТРАКТОВ

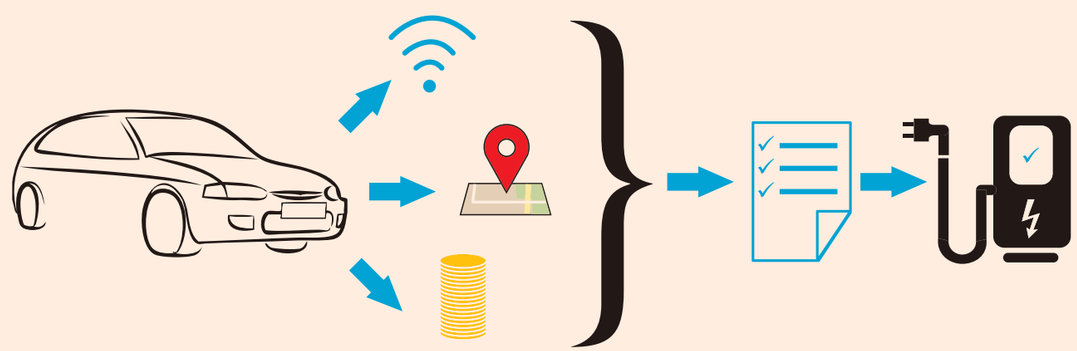

Рис. 5

выполнены конкретные условия. Стартап Slock.it и один из крупнейших поставщиков энергии в Германии RWE находятся в процессе разработки адаптированного смарт-контракта для зарядки электромобилей. Второй из проектов компаний Slock.it и RWE связан с использованием умной штепсельной вилки для электромобилей, которая приводится в действие программным приложением. Каждый сеанс подзарядки будет визуально отображаться в приложении, что позволит водителям отслеживать процесс и управлять им дистанционно [2].

Такие проекты не единичны. Компания AT&T Mobility запатентовала систему, создающую отчет о состоянии транспортного средства и интегрированной системе оплаты, основанной на принципах блокчейн-систем. Как говорится в патентной заявке, датчики, размещенные на транспортном средстве, будут собирать данные о географическом местоположении и о состоянии электромобиля. На основе этих данных будет формироваться отчет о транспортном средстве, который включает в себя цифровую валютную запись, которая будет являться отложенным платежом. При подключении электромобиля к станции подзарядки система сама оплатит необходимое количество электроэнергии, используя сформированный ранее отчет о состоянии батарей [13].

Один из самых больших недостатков электрокаров — это небольшой запас дальности хода. JuiceNet, проект компании eMotorWerks, направлен на увеличение числа станций подзарядки для электромобилей. Станции для подзарядки могут находиться у любого пользователя солнечных батарей или других типов ВИЭ, а их владельцы смогут продавать излишки энергии, используя торговую платформу, основанную на принципах блокчейн-системы. Водители электромобилей смогут видеть свободные станции подзарядки, расположенные на их пути, с помощью обычного мобильного приложения. Мобильное приложение позволяет контролировать процесс зарядки и влиять на него в режиме реального времени, так как станция имеет возможность подключения к беспроводной сети Wi-Fi, а также получать автоматические уведомления о состоянии аккумуляторов, о времени, необходимом для полной зарядки электрокара и напоминать, если пользователь забыл подключить его к станции подзарядки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящее время существует значительное число проектов, направленных на использование в электроэнергетике преимуществ технологии блокчейн. Данная технология находится в стадии активного развития и тестирования, поэтому о результатах ее внедрения судить преждевременно. Однако, как показывают пилотные проекты, а также результаты ее применения в других сферах, можно ожидать, что внедрение подобных систем может поспособствовать декарбонизации и децентрализации энергосектора и сделать электроэнергетический рынок более прозрачным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелани Свон. Блокчейн. Схема новой экономики, 2017.
2. Презентация PwC. Блокчейн — новые возможности для производителей и потребителей электроэнергии [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании PwC. URL: https://www.pwc.ru/ru/publications/blockchain/blockchain_opportunity-for-energy-producers%20and-consumers_RUS.pdf (дата обращения 24.02.18).
3. Дмитрий Холкин, Игорь Чаусов, Илья Бурдин. Архитектура Интернета энергии (Internet of Distributed Energy Architecture) [Электронный ресурс] URL: http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/10/White_paper_Arhitektura_Interneta.pdf (дата обращения 20.10.18).
4. Esther Mengelkamp, Johannes Gärttner, Kerstin Rock, Scott Kessler, Lawrence Orsini, Christof Weinhardt. Designing microgrid energy markets. A case study: The Brooklyn Microgrid, 2017.
5. Kimberley Mok. Brooklyn mycrogrid: a blockchain-based platform for locally traded electricity [Электронный ресурс] // Thenewstack — информационно-справочный портал. 2016. 3 апреля. URL: https://thenewstack.io/brooklyn-microgrid-blockchain-based-platform-locally-traded-electricity/ (дата обращения 24.02.18).
6. White paper. An energy trading platform that utilises blockchain technology to create a new disruptive model for buying and selling electricity [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании SunContract. 2017. Апрель. URL: https://suncontract.org/tokensale/res/whitepaper.pdf (дата обращения 24.02.18).
7. White paper. WePower energy trading platform powered by blockchain technology [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании WePower. URL: https://drive.google.com/file/d/0B_OW_EddXO5RWWFVQjJGZXpQT3c/view (дата обращения 24.02.18).
8. White paper. Power ledger [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании WePower. URL: https://powerledger.io/media/Power-Ledger-Whitepaper-v3.pdf (дата обращения 24.02.18).
9. White paper: ELECTRIFY.ASIA // Официальный сайт компании Electrify.Asia. URL: https://electrify.asia/whitepaper/ (дата обращения 24.02.18).
10. White paper. Greeneum [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Greeneum. 2017. 1 ноября. URL: https://www.greeneum.net/greeneum-whitepaper/ (дата обращения 24.02.18).
11. White paper. ImpactPPA the world decentralized energy platform [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании ImpactPPA. URL: http://www.impactppa.com/wp-content/uploads/2018/03/ImpactPPA_WP_v1.2WEB.pdf (дата обращения 24.02.18).
12. White paper. Onder: Commonwealth environment for digital energy business [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Onder. 2018. 17 августа. URL: https://onder.tech/whitepaper.pdf (дата обращения 20.10.18).
13. Патент. US20170109715. Vehicle system with vehicle report generation and methods for use therewith. 2017. 20 апреля.