УДК 621.331

© В. В. Бушув, д-р техн. наук, проф.

© Д. А. Соловьев, канд. физ.-мат. наук,

ст. научн. сотрудник

(Объединенный институт высоких температур

Российской академии наук)

E-mail: vital@guies.ru, solovev@guies.ru

© Л. А. Шилова, канд. техн. наук, доцент

(Национальный исследовательский Московский

государственный строительный университет)

E-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-167-174

© V. V. Bushuev, Dr. Sci. Tech., Professor

© D. A. Soloviev, PhD in Sci. Phys.-Math.,

senior research worker

(Joint Institute for High Temperatures

of the Russian Academy of Sciences)

E-mail: vital@guies.ru, solovev@guies.ru

© L. A. Shilova, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Moscow State National Research University

of Civil Engineering)

E-mail: ShilovaLA@mgsu.ru

РАЗВИТИЕ «УМНЫХ» ГОРОДОВ: ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ «УМНОГО» МЕГАПОЛИСА¹

DEVELOPMENT OF "SMART" CITIES: ELECTRIC TRANSPORT OF THE "SMART" MEGALOPOLIS

Рассматривается роль и место электрического транспорта в новой организационно-хозяйственной схеме управления транспортом и энергетикой «умного» мегаполиса. Представлен ретроспективный обзор существующих подходов к формированию целевого видения перспективного развития транспортного и энергетического сектора «умного» мегаполиса. Дана оценка влияния электротранспорта на масштаб изменения спроса на электроэнергию и моторное топливо и возможностей его использования в качестве распределенного накопителя энергии. Дополнительно рассмотрены проблемы, связанные с корректностью прогнозирования роста рынка электромобилей и сделаны выводы о возможном влиянии внедрения электротранспорта на энергетическую инфраструктуру и рынки энергоносителей.

Ключевые слова: электротранспорт, энергоэффективность, «умный» город, электромобиль.

The article examines the role and place of electric transport in the new organizational and economic scheme for managing the transport and energy of the «smart» megalopolis. A retrospective review of existing approaches to the formation of a targeted perspective for the future development of the transport and energy sector of the «smart» metropolis is presented. An assessment of the electric transport impact on the scale of changes in demand for electricity and motor fuel is offered, and the possibilities of electric transport use as distributed energy storage are considered. In addition, problems related to the correctness of forecasting the electric vehicle market growth are considered, and conclusions have been made in regard of possible impact of the electric transport introduction into the energy infrastructure and energy markets.

Keywords: electric transport, energy efficiency, smart city, electric car.

Введение

В последние годы все большую актуальность стала приобретать проблема создания умных городов. В 2011 году произошло масштабное расширение территории г. Москвы путем присоеди-

нения к ней новых территорий. В связи с общими тенденциями в экономике «Новая Москва» значительно видоизменяет свой транспортный, а также производственный и, в первую очередь, промышленный облик [1]. На смену крупным индустриальным предприятиям, расположенным в границах города, приходят инновацион-

¹ Исследование выполнено в рамках Госзадания (регистрационный номер НИОКТР АААА-А16-116051810068-1).

ные научные центры, а существующие энергоемкие и экологически опасные предприятия модернизируются и переориентируются на создание наукоемкой продукции. Этот факт приводит к изменению развития сложившейся инфраструктуры.

Вместе с тем практика компактного проживания сотрудников предприятий в близлежащих районах в значительной степени вытесняется концепцией высокой мобильности трудовых ресурсов, что ставит задачу опережающего развития пропускной способности транспортного комплекса².

Энергетическая система Москвы постоянно совершенствуется. И если раньше основное внимание уделялось экономике производства и надежности внешнего энергоснабжения города, то сегодня на первый план стали выходить вопросы развития городского хозяйства с целью повышения социальной эффективности жизнеобеспечения столицы, экологической безопасности, расширения количества и повышения качества предоставляемых энергетических услуг и др.

Это приводит к тому, что возникают принципиально новые задачи, решение которых может быть достигнуто путем развития новой организационно-хозяйственной схемы управления транспортом и энергетикой мегаполиса, ориентированной на частно-государственное партнерство власти и бизнеса и активную роль потребителя. Формируется новый тип потребителя — «умный» потребитель, что неминуемо приведет к тому, что дорожная инфраструктура, принципы предоставления транспортных услуг и энергоснабжения мегаполиса будут формироваться на принципах «интеллектуального городского хозяйства» — smart city³.

Комплексное развитие транспорта и энергетики мегаполисов позволит повысить социальную эффективность городской инфраструктуры, ориентированной на растущие потребности человека и его возможности, стимулирующей качество жизни населения и рост производительности труда, обеспечивающей устойчивое развитие города в интересах нынешнего и будущего поколений. На это нацелены все транспортные

и энергетические программы инфраструктурных систем большинства крупнейших мегаполисов, в том числе и актуализация Транспортной и Энергетической стратегий города Москвы с учетом присоединенных территорий [1]. Таким образом, на современном этапе исследования в области развития умных городов (smart city) являются актуальными и имеют высокое прикладное значение для современной урбанистики.

1. Методы и подходы к решению проблемы создания транспортного комплекса smart city

В зарубежной литературе [2–5] формулируется концепция «умного» города (smart city), направленная на развитие социально ориентированной инфраструктуры, включая «умный» транспорт, «умное» энергоснабжение (в том числе интеллектуальную сетевую систему smart grid), «умную» среду, «умный» дом, «умное» управление. Понятие smart grid объединяет в себе единую энергоинформационную систему, обеспечивающую компромиссное решение в интересах всех субъектов, участвующих в общей системе жизнеобеспечения и жизнедеятельности мегаполиса. Важно отметить, что в основу мультиагентного управления отдельными блоками и системами группового управления энергоснабжением в системе smart grid закладывается принцип автономии и сетецентрического объединения как физических объектов, так и их информационных моделей [6, 7].

В настоящее время насчитывается более 20 крупных проектов, реализующих концепции «умного» города (smart city) как в России, так и в зарубежных странах. К числу российских проектов в первую очередь можно отнести следующие: Республика Татарстан (проекты «Иннополис» и SmartCityKazan — новый район в Казани), Московская область (Сколково), Ленинградская область (новый город Усть-Луга), Краснодарский край (олимпийский кластер в Сочи), Ульяновская область (микрорайон Смарт-Сити в Ульяновске). К зарубежным проектам в первую очередь относятся: Масдар (ОАЭ), Фуджисава (Япония), Сонгдо (Южная Корея). Манхайм (Германия) и другие [7]. Перечисленные выше проекты не только соответствуют традиционному пониманию «умного города», но и включают «пилотные» площадки, демонстрирующие перспективные экологические, ресурсо- и энер-

² Институт энергетической стратегии. URL: <http://www.energystrategy.ru/> (дата обращения: 25.04.2018).

³ Институт энергетической стратегии. URL: <http://www.energystrategy.ru/> (дата обращения: 25.04.2018).

госберегающие технологические решения, относящиеся к категориям «умный дом», «умный транспорт», технологии автоматизации городского хозяйства и т. п. В рамках указанных проектов идет подготовка международных стандартов, обсуждаются законодательные инициативы, призванные обеспечить своим жителям высокое качество жизни. Бюджеты, выделяемые на их реализацию, достигают нескольких десятков миллиардов долларов.

За последние пять лет опубликован ряд работ, связанных с темой реализации подхода «умного» города (smart city) [2–5, 8, 9]. Подавляющее большинство этих работ посвящено отдельным техническим или экономическим вопросам, которые рассматриваются через призму стоимости и скорости внедрения новых, наиболее привлекательных «умных» технологических решений, не принимая во внимание комплексную оценку возможных энергетических и экологических эффектов. Такой подход не способствует формированию целевого видения перспективного развития энергетического сектора мегаполиса. В зарубежной литературе при использовании понятия smart city акцент ставится на развитие «зеленой» энергетики, включая возобновляемые источники энергии (ВИЭ), пассивные (с нулевым электропотреблением) дома, использование экологически безопасных технологий переработки отходов, развитие систем электроосвещения, электромобилей и энергосбережения.

2. Влияние электротранспорта на масштаб изменения спроса на электроэнергию и моторное топливо

Если экологический эффект от внедрения электротранспорта можно отнести к однозначно положительным, то изменение спроса на электроэнергию и моторное топливо при отсутствии заблаговременной подготовки к таким изменениям могут стать источником проблем для электроэнергетики, нефтеперерабатывающей и, в меньшей степени, нефтедобывающей отрасли [10, 11]. Оценим возможный масштаб последствий на примере Германии — крупнейшего в Евросоюзе автомобильного рынка и одного из лидеров по общим продажам электромобилей в Европе. Согласно статистике, уровень автомобилизации Германии, то есть количество колесных транспортных средств (грузовых автомобилей,

автобусов, легковых автомобилей, не включая мотоциклы) в настоящее время составляет около 600 транспортных средств на 1000 чел. населения⁴. Учитывая численность населения Германии (81,2 млн чел.), можно оценить нынешнюю общую численность автомобильного парка Германии на уровне 48,7 млн ед. Для расчета объема моторного топлива, потребляемого таким парком, требуется задать удельный расход топлива и величину среднегодового пробега автомобиля. Удельный расход топлива современных автомобилей находится на уровне 5–7 л топлива на 100 км пробега, однако в рассматриваемом парке содержится значительная доля автомобилей, имеющих возраст более 10 лет. Кроме того, грузовики и автобусы, составляющие около 10 % численности парка, имеют средний расход на уровне 20–30 л на 100 км пробега. Учитывая приведенные обстоятельства, примем средний расход топлива за 9 л на 100 км. Среднегодовой пробег автомобиля в Германии составляет согласно [12] около 13,5 тыс. км в год.

На основании сделанных оценок можно определить годовой объем потребления топлива — 59,2 млн л, что с учетом плотности бензина и дизельного топлива соответствует около 47,3 млн т. Данная оценка хорошо соответствует статистическим данным по потреблению моторного топлива в Германии⁵ на уровне 48 млн т.

Предположим, что доля электромобилей в автопарке Германии составит 30 % — неважно, когда именно это случится, пусть даже через 20 лет. Оценим прирост потребления электроэнергии и последствия для нефтеперерабатывающей промышленности.

За последние годы среди продающихся в Германии электромобилей лидируют модели малого класса и младшего среднего класса, для которых характерен запас хода 100–150 км и средний расход электроэнергии на уровне 20 кВт · ч на 100 км пробега⁶. Если количество таких машин составит 30 % от общего парка, то есть 14,6 млн ед., то при годовом пробеге в 13 500 км общий расход

⁴ Motor vehicles (per 1,000 people). URL: <https://web.archive.org/web/20140209114811/http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEN.NVEN.P3> (дата обращения: 25.04.2018).

⁵ Annual Report Archives — Fuels Europe. URL: <https://www.fueleurope.eu/publicationscategory/annualreport/> (дата обращения: 25.04.2018).

⁶ 2015 Kia Soul Electric. URL: <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=35601> (дата обращения: 25.04.2018).

электроэнергии электромобилями Германии составит 39,5 тыс. ГВт · ч, а с учетом КПД зарядки батарей — 46,5 тыс. ГВт · ч будет потреблено из энергосистемы. Это составляет 7,4 % от общего уровня электропотребления Германии⁷, который равен 614 тыс. ГВт · ч.

Очевидно, что рост электропотребления на 7,4 % на временном интервале в 15–20 лет не представляет серьезной проблемы.

С точки зрения нефтеперерабатывающей промышленности перевод 30 % автомобильного парка на электрическую тягу означает падение спроса на моторное топливо на 30 %, что при сохранении текущей продуктовой структуры приведет к пропорциональному сокращению объема нефтепереработки в стране. Если же задаться целью сохранить нефтеперерабатывающую промышленность и объемы переработки на текущем уровне, структура продукции должна существенно измениться — доля моторного топлива среди всех продуктов переработки должна будет сократиться с нынешних 65 до 45 %, что невозможно без серьезных инвестиций в изменение технологических процессов переработки.

Таким образом, если для электроэнергетики массовое внедрение электромобилей не представляет серьезных проблем, то для нефтепереработки это чревато либо существенным сокращением коэффициента использования существующих мощностей, либо необходимостью инвестирования в технологическое оборудование для изменения продуктовой структуры по мере сокращения спроса на моторное топливо.

3. Электромобиль как распределенный накопитель энергии

Снова обратимся к опыту Германии. Германия при рассмотрении данного вопроса представляет особый интерес, поскольку активно развивает солнечную и ветровую электрогенерацию [13]. По итогам 2015 года на солнечных и ветровых электростанциях Германии было произведено 121 ТВт · ч электроэнергии, что составляет 21 % от общего объема выработки электроэнергии в стране. Столь высокая доля нестабильных и плохо прогнозируемых источников энергии ставит задачу повышения способности электроэнергетической системы к регулированию режимов —

в том числе путем создания накопителей энергии, роль которых могут сыграть электромобили.

Исходя из предположения о будущей доле электромобилей в автомобильном парке Германии на уровне 30 %, сопоставим энергетические масштабы парка в 14,6 млн электромобилей и масштабы электроэнергетики Германии. Годовая выработка электроэнергии в Германии составляет, как показано выше, 614 тыс. ГВт · ч, что соответствует суточной выработке в 1,68 тыс. ГВт · ч. Современные электромобили обладают аккумуляторной батареей емкостью 20...80 кВт · ч. Примем для расчета среднюю емкость на уровне 30 кВт · ч. Тогда суммарная емкость батарей 14,6 млн электромобилей составит 0,44 тыс. ГВт · ч, то есть около 26 % от суточного объема выработки электроэнергии в стране. Пиковый уровень генерации в Германии составляет порядка 70 ГВт, ночной минимум — порядка 40 ГВт. При этом если хотя бы 50 % электромобилей будет подключено к сети через инвертируемое зарядное устройство мощностью 3 кВт (минимальный вариант, соответствует пропускной способности бытовой розетки 220 В 16 А), то суммарная мощность распределенного накопителя энергии составит 22 ГВт!

Таким образом, при доле парка в 30 % и при создании необходимой энергетической и информационной инфраструктуры электромобили могут стать абсолютно реальным, осязаемым инструментом регулирования суточного режима работы энергосистемы в масштабах страны. Для Германии, где суммарная доля выработки электроэнергии на фактически нерегулируемых ветровых и солнечных электростанциях составила в 2015 году 21,7 %, появление такого сетевого накопителя энергии может серьезно упростить задачу регулирования энергосистемы.

Ниже рассмотрим, насколько близкой является перспектива увеличения доли электромобилей в автомобильном парке до значений в десятки процентов.

4. Проблемы прогнозирования развития рынка электромобилей последних лет

Когда речь идет о внедрении принципиально новой технологии, прогнозы часто оказываются ошибочными [7]. Так, например, статистика по внедрению электромобилей за последние шесть леткратно не совпала с прогнозами, пред-

⁷ BP Statistical Review of World Energy June 2016 // Br. Pet. 2016. June. Pp. 1–48.

ставленными в период с конца 2000-х до начала 2010-х годов.

В 2009 году аналитиками Deutsche Bank предвещалось⁸, что на протяжении 2010–2020 гг. численность парка подключаемых гибридов будет на 25–40 % выше, чем чистых электромобилей (рис. 1). При этом к концу 2013 г. объем рынка электромобилей и подключаемых гибридов ожидался на уровне 1 млн шт.

Прогноз компании TRU Group от 2011 года [14] также отдавал предпочтение подключаемым гибридам, ожидая в 2013 году объем продаж подключаемых гибридов на уровне 370 тыс. шт., а чистых электромобилей — на уровне 50 тыс. ед. (рис. 2).

Исследовательский центр Pike Research в 2011 году прогнозировал⁹ для рынка США на 2013 год долю подключаемых гибридов на уровне 75 %, а долю классических электромобилей — 25 % (рис. 3). Объем продаж в 2013 году был оценен величиной в 170 тыс. ед.

Приведенные прогнозы декларировали, что рост распространенности электромобилей будет

⁸ Electric cars: Plugged in 2. November 3th, 2009. URL: <http://www.libralato.co.uk/docs/Electric%20Cars%20Plugged%20In%202%20Deutsche%20Bank%202009.pdf>.

⁹ Predictions for the Plug-in Electric Vehicle Market — SOLARFEEDS. URL: <http://www.solarfeeds.com/predictions-for-the-plug-in-electric-vehicle-market/> (дата обращения: 25.04.2018).

иметь характер, близкий к экспоненциальному, и при этом отдавали предпочтение подключаемым гибридам, нежели чистым электромобилем. Более высокая востребованность подключаемых гибридов казалась логичной, поскольку гибрид за счет менее емкой батареи стоит меньше классического электромобиля. Кроме того, подключаемый гибрид за счет использования двигателя внутреннего сгорания имеет суммарный запас хода в разы больше, чем классические электромобили — а ведь именно малый запас хода являлся и до сих пор является одной из основных претензий к электромобилем со стороны потенциальных потребителей.

История показала, что даже прогноз на два года вперед может в разы разойтись с реальностью. Объем продаж электромобилей в 2013 году оказался примерно в 2,5 раза меньше прогнозных значений, опубликованных в 2011 году. При этом в целом по миру в 2013 году «чистые» электромобили при всех своих недостатках продавались лучше подключаемых гибридов и заняли более половины рынка.

Таким образом, прогнозирование распространенности электромобилей на горизонте 10–20 лет очевидно имеет весьма приблизительный характер.

Рис. 1. Прогноз Deutsche Bank по численности и структуре парка электромобилей и гибридов. Источник — Deutsche Bank

Рис. 2. Прогноз TRU Group по объему продаж электромобилей и гибридных автомобилей на период до 2020 года. Источник — TRU Group

Рис. 3. Прогноз объема продаж различных типов электромобилей в США. Источник — Pike Research

Заключение

1. Развитие аккумуляторных электромобилей приводит к росту потребления электроэнергии и сокращению потребления моторного топлива. Расчеты, выполненные в работе [15], показывают, что для развитых стран перевод 1 % автопарка на электрическую тягу приводит к росту спроса на электроэнергию на уровне 0,25 %. Сокращение потребления моторного топлива пропорционально прогнозной доле электромобилей в автопарке.

2. В настоящее время на ведущих автомобильных рынках в структуре продаж доля электромобилей, включая подключаемые к сети гибридные автомобили с полноценной аккумуляторной батареей, составляет 1...2 % (Китай — 2,1 %, Германия — 2,1 %, США — 1,2 %).

3. Доля электромобилей в наличном парке будет стремиться к величине доли их продаж с задержкой по времени, определяемой средним возрастом автопарка. Средний возраст автопарка в Европе — 8 лет, в США — 11,5 лет. Иными словами, если доля продаж электромобилей в США и Европе сохранится на текущем уровне, то примерно через 10 лет доля электромобилей в автопарке этих регионов составит 1–2 %.

Если же мы предположим, что доля продаж электромобилей будет монотонно повышаться до уровня в 20 % к 2028 году, то к этому же времени доля электромобилей в автопарке может составить около 10 %.

4. При указанных предположениях можно ожидать дополнительного роста спроса на электроэнергию на 2,5 %. Часть этого объема электроэнергии будет произведена на парогазовых энергоблоках, что повлечет за собой рост потребления природного газа.

5. В то же время появление 10 % электромобилей в составе автопарка приведет к сокращению

потребления моторного топлива на 10 %. В настоящее время в структуре продуктов нефтепереработки Европы моторное топливо занимает около 65 %. Сокращение спроса на моторное топливо на 10 % при сохранении общего объема переработки нефти приведет к необходимости сокращения доли моторного топлива в продуктовой структуре переработки с 65 до 60 %.

6. Один из видов электромобилей — автомобили с электроприводом, получающим питание от топливных элементов. Чаще всего топливом в таких системах служит либо водород, либо метан. Поскольку конверсия метана является в настоящее время самым дешевым способом получения водорода в промышленных масштабах, можно ожидать, что развитие электромобилей на топливных элементах так или иначе повлечет за собой рост спроса на природный газ. Однако в настоящий момент подобные электромобили занимают ничтожную долю на рынке электромобилей.

7. Негативной для спроса на природный газ является перспектива взаимоувязанного развития электромобильного транспорта и возобновляемых источников электроэнергии — в первую очередь ветровых и фотоэлектрических. При переходе 10 % автопарка на автономную электрическую тягу суммарная энергоемкость батарей электротранспорта станет достаточно большой, для того чтобы участвовать в регулировании суточного графика нагрузки локальных и региональных энергетических систем. Если будут успешно решены вопросы создания необходимой физической и информационной инфраструктуры, а также сформирована соответствующая мотивация для владельцев электромобилей, подобное совместное развитие электромобильного транспорта и возобновляемой энергетики может постепенно обесценить роль парогазовых блоков как маневренных мощностей, активно участвующих в регулировании суточного графика нагрузки энергосистемы.

Библиографический список

1. Бушуев В. В., Ливинский П. А. Энергоэффективный мегаполис — Smart City «Новая Москва». М.: Энергия, 2015. 76 с.
2. Bakıcı T., Almirall E., Wareham J. A Smart City Initiative: the Case of Barcelona // *J. Knowl. Econ.* 2013. Vol. 4. № 2. Pp. 135–148.

3. Vanolo A. Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy // *Urban Stud.* 2014. Vol. 51. № 5. Pp. 883–898.

4. Bergh J. Van Den, Viaene S. Key challenges for the smart city: Turning ambition into reality // *Proceedings of the 48th Annual Hawaii International Conference on System Science.* 2015. Pp. 2385–2394.

5. Caragliu A., Bo C. Del, Nijkamp P. Smart Cities in Europe // *J. Urban Technol.* 2011. Vol. 18. № 2. Pp. 65–82.

6. Сергеев В. В. Smart City на Open Innovations Expo // *Мир измерений.* 2014. № 1. С. 52.

7. Батенин В. М., Бушуев В. В., Воронай Н. И. Инновационная электроэнергетика — 21. М.: ИЦ «Энергия», 2017. 584 с.

8. Шеина С. Г., Мартынова Е. В. Проект «Энергоэффективный город» как основа концепции «Smart City» // *Биосферная совместимость: человек, регион, технологии.* 2016. № 4 (16). С. 87–96.

9. The Smart City Concept in the 21st Century // *Procedia Engineering.* 2017. Vol. 181. Pp. 12–19.

10. Тиматков В. В. Электромобиль — предвестник грядущего электрического мира // *Энергетическая политика.* 2016. № 3. С. 86–97.

11. Тиматков В. В., Бушуев В. В. Электротранспорт как часть электрического мира. Факты и прогнозы / под ред. В. В. Бушуева. М.: Энергия, 2015. 48 с.

12. Kalinowska D., Kuhfeld H. Motor Vehicle Use and Travel Behaviour in Germany: Determinants of Car Mileage // *Ger. Inst. Econ. Res.* 2006. № 602. 34 p.

13. Burger B. Power Generation from Renewable Energy in Germany — Assessment of 2016. 18 S. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/power-generation-from-renewable-energies-2016.pdf>

14. Anderson E. R. Shocking future battering the lithium Industry through 2020 // *TRU Group, 3rd Lithium Supply & Markets conference.* 2011. URL: <http://trugroup.com/whitepapers/TRU-Lithium-Outlook-2020.pdf>

15. Бушуев В. В., Кучеров Ю. Н. Инновационное развитие электроэнергетики России // *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность.* 2016. № 4. С. 2–5.

References

1. Bushuev V. V., Livinskiy P. A. *Ehnergoehffektivnyy megapolis — Smart City «Novaya Moskva»* [The energy efficient megalopolis — Smart City “New Moscow”]. Moscow, Ehnergiya Publ., 2015, 76 p.
2. Bakıcı T., Almirall E., Wareham J. A Smart City Initiative: the Case of Barcelona. *J. Knowl. Econ.*, 2013, vol. 4, no. 2, pp. 135–148.

3. Vanolo A. Smart mentality: The Smart City as Disciplinary Strategy. *Urban Stud.*, 2014, vol. 51, no. 5, pp. 883–898.
4. Bergh J. Van Den, Viaene S. Key challenges for the smart city: Turning ambition into reality. *Proceedings of the 48th Annual Hawaii International Conference on System Science*, 2015, pp. 2385–2394.
5. Caragliu A., Bo C. Del, Nijkamp P. Smart Cities in Europe. *J. Urban Technol.*, 2011, vol. 18, no. 2, pp. 65–82.
6. Sergeev V. V. Smart City. Open Innovations Expo. *Mir izmereniy – The world of measures*, 2014, no. 1, p. 52.
7. Batenin V. M., Bushuev V. V., Voropay N. I. *Innovatsionnaya ehlektroehnergetika — 21* [Innovative power industry — 21]. Moscow, Ehnergiya Publ., 2017, 584 p.
8. Sheina S. G., Martynova E. V. *Proekt «Ehnergoehffektivnyy gorod» kak osnova kontseptsii «Smart City»* [Energy efficient city project as basis of the concept of “Smart City”]. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii – Biospheric compatibility: man, region, technologies*, 2016, no. 4 (16), pp. 87–96.
9. The Smart City Concept in the 21st Century. *Procedia Engineering*, 2017, vol. 181, pp. 12–19.
10. Timatkov V. V. *Ehlektromobil' — predvestnik gryadushchego ehlektricheskogo mira* [The electric vehicle as a harbinger of the future electric world]. *Ehnergeticheskaya politika – Power policy*, 2016, no. 3, pp. 86–97.
11. Timatkov V. V., Bushuev V. V. *Ehlektrotransport kak chast' ehlektricheskogo mira. Fakty i prognozy* [Electric transport as part of the electric world. Facts and forecasts]. Ed. by Bushuev V. V. Moscow, Ehnergiya Publ., 2015, 48 p.
12. Kalinowska D., Kuhfeld H. Motor Vehicle Use and Travel Behaviour in Germany: Determinants of Car Mileage. *Ger. Inst. Econ. Res.*, 2006, no. 602, 34 p.
13. Burger B. *Power Generation from Renewable Energy in Germany. Assessment of 2016*, 18 p. Available at: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/power-generation-from-renewable-energies-2016.pdf>
14. Anderson E. R. Shocking future battering the lithium Industry through 2020. *TRU Group, 3rd Lithium Supply & Markets conference*. 2011. Available at: <http://trugroup.com/whitepapers/TRU-Lithium-Outlook-2020.pdf>
15. Bushuev V. V., Kucherov Yu. N. *Innovatsionnoe razvitie ehlektroehnergetiki Rossii* [Innovative development of power industry of Russia]. *Ehlekto. Ehlektrotehnika, ehlektroehnergetika, ehlektrotekhnicheskaya promyshlennost' – Elektro. Electrical equipment, power industry, electrotechnical industry*, 2016, no. 4, pp. 2–5.