

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-5-433-440>

УДК 656.131:656.138:656.016:65.011.42:33.338.001.36

Механизм развития транспортно-логистической системы: инфраструктуры электрического транспорта

Канд. экон. наук, доц. Д. Н. Месник¹⁾, асп. Д. А. Вечёрко¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2023
Belarusian National Technical University, 2023

Реферат. В Республике Беларусь в 2021 г. объем потребления электроэнергии на зарядных станциях вырос примерно на 38 % по сравнению с 2020 г. и составил около 10 млн кВт·ч. Белорусскими экспертами отмечено, что в эксплуатации электромобиль примерно в два раза выгоднее его владельцу, чем автомобиль с двигателем внутреннего сгорания. В целом для экономики при условии равенства загрязнения окружающей среды на этапах добычи природных ресурсов и утилизации электронных отходов электромобиль сохраняет за собой выигрыш. Обновление автомобильного парка ископаемого топлива транспортными средствами на возобновляемых источниках энергии является задачей, требующей реализации механизма адаптации транспортно-логистической системы к современным вызовам глобальной экономики. К настоящему времени в Беларуси численность электромобилей и подзаряжаемых гибридов немного более 10 тыс. единиц. Отмечено увеличение парка общественного электротранспорта – свыше 100 электробусов. В свою очередь, развитие IT-сферы и продиктованная необходимостью перехода к производству транспортных средств на экологически чистые виды стандарта Евро-7, внедрение которого ожидается с 2025 г., подтолкнули мировых производителей автомобилей к производству электромобилей и подзаряжаемых гибридов, которые по экологическим параметрам превосходят аналоги на ископаемом топливе и отвечают времени роста располагаемого дохода массового потребителя. Во избежание потерь экономической выгоды с обновлением автомобильного парка электромобилями в статье исследован механизм адаптации инфраструктуры автотранспортного сервиса к современным вызовам глобальной экономики.

Ключевые слова: электромобиль, транспорт, инфраструктура, механизм, цифровые технологии, «зеленая» экономика

Для цитирования: Месник, Д. Н. Механизм развития транспортно-логистической системы: инфраструктуры электрического транспорта / Д. Н. Месник, Д. А. Вечёрко // *Наука и техника*. 2023. Т. 22, № 5. С. 433–440. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-5-433-440>

Mechanism for Development of Transport and Logistics System: Electric Transport Infrastructure

D. N. Mesnik¹⁾, D. F. Vecherko¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. In the Republic of Belarus in 2021, the volume of electricity consumption at car charging stations increased by about 38 % compared to 2020 and amounted to about 10 million kW·h. Belarusian experts noted that the operation of an

Адрес для переписки

Месник Дмитрий Николаевич
Белорусский национальный технический университет
ул. Я. Коласа, 12,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 292-75-31
eut_atf@bntu.by

Address for correspondence

Mesnik Dmitriy N.
Belarusian National Technical University
12, Ya. Kolasa str.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 292-75-31
eut_atf@bntu.by

electric car is about 2 times more profitable for its owner than a car with an internal combustion engine. In general, for the economy, under the condition of equality of environmental pollution at the stages of extraction of natural resources and the disposal of electronic waste, the electric car retains a win. Renewal of the fossil fuel vehicle fleet with vehicles powered by renewable energy sources is a task that requires the implementation of a mechanism for adapting the transport and logistics system to modern challenges of the global economy. To date, the number of electric vehicles and rechargeable hybrids in Belarus is slightly more than 10 thousand units. An increase in the public electric transport fleet was noted – over 100 electric buses. In turn, the development of the IT sector and the need to switch to the production of vehicles for environmentally friendly types of the Euro-7 standard, the introduction of which is expected from 2025, prompted global car manufacturers to produce electric vehicles and rechargeable hybrids, which are superior in environmental parameters to fossil-based counterparts fuel and correspond to the time of growth of the disposable income of the mass consumer. In order to avoid the loss of economic benefits with the renewal of the car fleet with electric vehicles, the paper examines the mechanism for adapting the infrastructure of the motor transport service to the modern challenges of the global economy.

Keywords: electric vehicle, transport, infrastructure, mechanism, digital technologies, “green” economy

For citation: Mesnik D. N., Vecherko D. F. (2023) Mechanism for Development of Transport and Logistics System: Electric Transport Infrastructure. *Science and Technique*. 22 (5), 433–440. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-5-433-440> (in Russian)

Введение

Электротранспорт с нулевым выбросом углекислого газа среди всех видов транспортных средств выглядит прорывным инновационным решением, повлиявшим на экономические, социальные и экологические процессы в обществе [1, 2]. Эти процессы тесно связаны с механизмом развития транспортно-логистической системы. Транспортно-логистическая система – это сплетение цепочек создания добавленной стоимости участниками перевозок грузов и пассажиров, инфраструктуры обслуживания (в том числе финансовых организаций) и других институтов, охваченных потоками материальными, информационными, денежными, потребления электроэнергии и объединенных целью наращивания стоимости собственного капитала.

Риск сведения выгод от выбросов в атмосферу к нулю вполне оправдан и исходит от конструктивных особенностей (объемов, габаритных размеров) литий-ионных батарей, которыми укомплектован электрический транспорт. В 2021 г. потребление электроэнергии литий-ионными батареями в мире составило около 340 ГВт·ч, или почти в два раза выше уровня 2020 г. Средняя емкость батарей аккумуляторных электромобилей (BEV) сократилась с 56 кВт·ч в 2020 г. до 55 кВт·ч в 2021 г., тогда как средняя емкость батарей подзаряжаемых гибридов выросла с 13 кВт·ч в 2020 г. до 14 кВт·ч в 2021 г. Рассчитанная средневзвешенная емкость аккумуляторной батареи электромобиля в 2021 г. составила около 20325 Вт·ч.

Спрос на аккумуляторы других видов транспортных средств в мире продемонстрировал прирост примерно на 65 %. Наибольшая доля спроса на аккумуляторные батареи пришла на Китай. В Китае спрос на аккумуляторные батареи приблизился к 200 ГВт·ч в 2021 г., или показал рост примерно 140 % по сравнению с 2020 г. В то время как по Европейскому региону рост спроса на аккумуляторные батареи составил около 70 %, или в два раза ниже, чем в Китае [3, 4].

Первые электрозаправочные станции Malanka в Республике Беларусь открылись в 2014 г. И зарядка на этих станциях была по нулевому тарифу. Платная зарядка осуществляется с конца 2020 г. В январе 2022 г. тариф быстрой зарядки литий-ионной батареи (до 20 мин) составлял 39 коп./(кВт·ч), а медленной зарядки (около 2 ч) 29 коп./(кВт·ч). С мая 2022 г. тарифы выросли: быстрой зарядки – до 45 коп./(кВт·ч), медленной зарядки – до 35 коп./(кВт·ч). К настоящему времени отмечен рост тарифов зарядных станций Беларуси, тем не менее сохранен самым низким их уровень по сравнению со странами ЕС и СНГ.

В перспективе – беспроводной (бесконтактный) способ зарядки электромобилей. Сегодня этот способ скрывает в себе опасность передачи через воздушную подушку энергии большой мощности. Требуется доработка инженерной мысли по развитию транспортной инфраструктуры населенных пунктов, расположенных в границах до 2 км от круглогодично эксплуатируемых дорог.

Основная часть

В мире в 2021 г. на одну зарядную станцию приходилось девять электромобилей, каждым из которых в сутки затрачено два с половиной часа работы зарядного устройства. Одновременно в мире каждую секунду продается 2,4 автомобиля, в том числе на объем продаж в мире за секунду приходится примерно 0,79 электромобиля, или продажа электромобилей и подзаряжаемых гибридов за один час приблизительно составляет 284 единицы.

Доступность зарядных устройств в мире превысила 1 800 000 обустроенных мест, из которых почти 30 % приходится на места быстрой зарядки электромобилей. Только за 2021 г. в эксплуатацию запущено около 0,5 млн зарядных станций. В период 2015–2019 гг. среднегодовой темп роста зарядных станций почти достиг уровня 50 %. Так, в 2021 г. темп роста численности устройств быстрой зарядки достиг 48 %, что на 5 % выше по сравнению с 2020 г., устройств медленной зарядки – 33 %, или на 13 % ниже, чем в 2020 г.

Парк автомобилей мира за 2021 г., по данным «Коммерсанта» (со ссылкой на государственную инспекцию безопасности дорожного движения), насчитывает около 64 млн единиц, при этом 50,3 млн пришлось на легковые автомобили, 6,6 млн – на грузовые транспортные средства и примерно 843 тыс. единиц – на автобусы.

Необходимая численность зарядных станций зависит от таких факторов, как: региональная численность населения, имеющего право вождения соответствующей категории; средний пробег автомобилем региона; плотность населения региона. Тем не менее в 2021 г. количество зарядных установок в мире выросло до 1,8 млн, на одну зарядную установку приходится около девяти электромобилей. Одна зарядная установка за сутки с продолжительностью зарядки электромобиля 300 мин способна обслужить около 4,8 электромобиля. В такой норматив вложились далеко не все страны, исключение составили Нидерланды и Корея. На одну зарядную установку в Китае приходится 9–10 электромобилей. Таким образом, рост мирового рынка (0,79 электромобиля в секун-

ду) требует введения в эксплуатацию и увеличения доступа к общественной заправке (1,476 зарядной установки в секунду). Потребители электромобилей желают иметь такой же комфорт длительных поездок, как от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. В 2021 г. введено в эксплуатацию 500 тыс. зарядных установок, в мире насчитывалось 1,8 млн установок. Если принять в расчет 238 рабочих дней в году, режим односменной работы и продолжительность смены 8 ч, то в секунду фактически введено в эксплуатацию 0,26 зарядной установки. Этого недостаточно для удовлетворения потребности, требуется увеличение общественного доступа к зарядным установкам в 5,68 раза, что реально разрешить наращиванием производства установок быстрой зарядки и аккумуляторных батарей.

На сегодняшний день получили развитие различные технологии зарядных станций, проектирование которых потребовало соблюдение стандартов. В Японии придерживаются стандарта CHAdeMO. Обществом автомобильных инженеров разработан стандарт SAE 1772, который нашел широкое использование на территории США. Международной энергетической комиссией проработан стандарт IEC к практическому использованию странами ЕС, EAEU (Eurasian Economic Union), Китаем.

Применение на зарядных станциях протокола CHAdeMO и протокола SAE 1772 “Combo” позволяет зарядить батареи электромобилей до 80 % за 20–30 мин и более активно использовать IT-услуги встроенных в электромобиль устройств электронной помощи (ABS, Hill Holder и др.), системы беспилотного управления с функцией адаптивного круиз-контроля, навигации и телеметрии, благодаря которым несложно определить местонахождения ближайшей зарядной станции.

В Беларуси за период 2018–2022 гг. число зарядных станций выросло с 14 до 486 единиц (прогноз до 1300 единиц к концу 2030 г.), которыми обеспечена возможность обслуживания свыше 15 тыс. электромобилей и подзаряжаемых гибридов [5–7].

С ростом зарядных устройств и приведением их численности к требуемому количеству электромобилей и подзаряжаемых гибридов по

усредненному времени зарядки 5 ч литий-ионной батареи существующая нагрузка на электросети колоссально вырастет. Нарращивание пропускной способности электросетей потребует значительных инвестиций, которые не могут не повлиять на рост тарифов зарядных станций. Поэтому ценовой фактор, увеличивающий потребительские расходы владельцев электромобилей, окажет отрицательное влияние на спрос. В свою очередь, сокращение спроса на электромобили вызовет у производителя реакцию к сокращению предложения. Интерес инвесторов будет направлен на сужение срока окупаемости вложенных инвестиций и в расширение сети передачи энергии, что завершится очередным витком роста тарифов на зарядных станциях и повлияет на дальнейшее уменьшение спроса на электромобили. В результате, полезный внешний эффект от замещения электромобилями традиционных автомобилей с двигателями внутреннего сгорания окажется под угрозой нивелирования.

Производство и эксплуатация медленной зарядки аккумуляторных батарей для электромобилей и развитие инфраструктуры зарядных станций продолжительностью полной зарядки батареи в течение 5 ч для стран с малой экономикой выглядят более приемлемым вариантом. Так, дополнительная нагрузка на электросети от 470535,21 Вт в сутки может быть обеспечена изменением структуры в энергетическом балансе страны (пример – Беларусь). В этой связи объем инвестиционных вложений в развитие электросетей вполне по силам государству. Сокращение выбросов CO₂ обновлением парка автомобилей (скажем, таксомоторного парка), рассчитанных по полному циклу для электромобилей, составит от 32 кг в сутки из расчета на одну зарядную установку медленной зарядки аккумуляторных батарей электромобилей. В год сокращение нагрузки выброса CO₂ от 448 зарядных установок составит примерно 0,556 кг, или 0,72 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников на душу населения Республики Беларусь (по данным национального статистического комитета Республики Беларусь за 2020 г.). Оборудование населенного пункта с численностью проживающих 100 тыс. чело-

век пятью зарядными установками позволит получить эффект снижения нагрузки выброса CO₂ примерно 0,584 кг в год, или почти 0,76 % объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников на душу населения Республики Беларусь. Текущие расходы на охрану атмосферного воздуха, сохранение озонового слоя и климата за 2020 г. примерно равны 151,6 млн руб. в текущих ценах, что по среднему официальному курсу НБ Республики Беларусь белорусского рубля к доллару США, рассчитанного как средняя арифметическая величина (2,44), составило 61,91 млн дол. США. В стоимостном выражении экономический эффект от введенных в эксплуатацию 448 зарядных установок с обслуживанием одной установкой 4,8 электромобилей в сутки позволяет сократить текущие расходы на охрану атмосферного воздуха, сохранение озонового слоя и климата в объеме 445,75 тыс. дол. США в год. Тогда как для населенного пункта численностью 100 тыс. человек, оборудованного пятью зарядными установками, экономический эффект в сокращение текущих расходов на охрану атмосферного воздуха, сохранение озонового слоя и климата составляет 5,25 тыс. дол. США в год.

Однако модернизация по подключению к электросети зарядного оборудования влечет за собой затраты времени. В зависимости от региональной юрисдикции на проектирование и ввод в эксплуатацию зарядных станций аккумуляторных батарей электромобилей (особенно для зарядок высокого напряжения) требуется время от десятка месяцев до более четырех лет.

Практическое применение цифровых технологий на основе современного электронного оборудования, которыми оснащены электромобили, зарядные установки, не только потребует дополнительных инвестиций в развитие инфраструктуры электронного транспорта, но и окажет доступ к незаменимому информационному ресурсу в регулировании спроса и предложения на электроэнергию пиковой потребности. Электроэнергия является товаром с высокой добавленной стоимостью. Страны, производящие на экспорт электроэнергию, с развитием транспортно-логистической системы на основе электронного транспорта получают роль доминиру-

вания в развитии экономики не только на региональном уровне, но и в мире. Высокие темпы роста экспорта положительно отразятся на торговом балансе страны. Рост валового внутреннего продукта для ряда стран не будет выглядеть недостижимой мечтой. Здесь скрыт потенциал новых возможностей многих стран, в том числе Республики Беларусь [3, 8, 9]. Оснащение станций установками интеллектуальной зарядки благоприятно скажется на сокращении инвестиций по модернизации электросетей. Устранение вопроса трудной управляемости в распределении нагрузки на электросети позволит удовлетворить растущий спрос на электромобили и подзаряжаемые гибриды. Централизованному управлению установками интеллектуальной зарядки эффективно применить дифференцированные тарифы на время сглаживания пикового спроса потребителей, о чем своевременно и легче будет информировать водителей электромобилей в чате цифровой платформы либо посредством общественной коммуникационной связи (социальной сети), а также открыть возможности взаиморасчетов криптовалютой за оказанные услуги [10].

Зарубежный опыт эффективного подхода модернизации электросети невысокими объемами инвестиций применим на практике введением адаптивного смарт-чаринг (Smart-Charing, услуга для тех владельцев электромобилей и подзаряжаемых устройств, кто ценит свое время). Адаптированный смарт-чаринг упрощает работу операторов зарядных станций обеспечением информацией в реальном режиме времени о нагрузках на электросети в географическом квадрате расположения зарядных установок. При пиковом потреблении электроэнергии в географическом месте расположения станции интеллектуальной зарядки оператор принимает решение о сигнализации своих клиентов. Таким образом, интеллектуальные счетчики и оборудование для измерения электросетей нивелируют проблему отсутствия технологии своевременного реагирования на спрос услуг зарядных станций. Со временем собранные данные о спросе и тарифах на электроэнергию, а также информацию о электронных отходах позволят выстроить модель адаптивных сигналов на прогнозируемые изменения пред-

ложения электромобилей и подзаряжаемых гибридов. Не имея представления о положении дел с электронными отходами в мировом масштабе, невозможно понять также и истинную природу трансграничных перевозок, а в некоторых случаях – и нелегальных поставок [11].

Не исключены случаи шоковых переживаний потребителей, когда симбиоз сложившейся структуры рынка и нормативно-правовой основы ряда стран не обеспечивает механизма поддержания тесной связи между операторами и потребителями. Чтобы заключить контракты между операторами DSO (Distribution System Operator – системы распределения) и потребителями их услуг, необходимо унифицировать стандарты стран, получивших развитие экологически чистого транспорта, с тем, чтобы обеспечить гибкость услуг с учетом особенностей местных электросетей по загруженности и выстроить модель по сбалансированности системы. Трансформационные преобразования экономики диктуют необходимость перехода от традиционных распределительных сетей к распределительным энергетическим системам. Здесь важен эффект распределения доходов от потребления электроэнергии сбалансированной системы. В стоимостном выражении этот эффект должен составить двукратный размер к эффекту от введения в эксплуатацию зарядных установок с обслуживанием одной установкой 4,8 электромобиля в сутки. Произведем расчет. Принимаем стоимость устройства медленной зарядки от 4 до 9 ч, мощность которого составляет от 7 до 22 кВт, 3240 дол. США. Плюс стоимость установки зарядного устройства (подведения коммуникаций и прочие расходы) – 10 % от стоимости устройства медленной зарядки и 3 % от стоимости устройства быстрой зарядки, что средневзвешенным расчетом составляет 891 дол. США. А также добавим стоимость продукта разработчиков IT-платформы в размере удвоенной суммарной стоимости зарядного устройства и ее установки – 5022 дол. США. Объем вложений без НДС и прочих налоговых отчислений составит 9153 дол. США. Для парка электромобилей численностью 24 единиц такой объем вложений в 1,74 раза превышает эффект в сокращение текущих расходов на охрану атмосфер-

ного воздуха, сохранение озонового слоя и климата. В достижение экономически обоснованной адаптации автотранспортного сервиса к современным вызовам это превышение и расходы по утилизации электронных отходов логично компенсировать эффектом распределения доходов от потребления электроэнергии сбалансированной системы.

Республика Беларусь Указом № 447 от 22.11.2021 (в новой редакции Указ № 92 от 12.03.2020 «О стимулировании использования электромобилей») своевременно привела в действие меры экономико-организационного стимулирования развития электрического транспорта Беларуси и поддержала субъектов, имеющих на балансе зарядные устройства для электромобилей, освобождением от НДС и другими мерами [12, 13].

Иностранные энергосбытовые компании в управление спросом посредством геймификации задействовали потребителей. Так как серьезные изменения в структуре производства электроэнергии, где высокая доля принадлежит возобновляемым источникам энергии, привели к росту доли распределительных энергетических ресурсов, к пересмотру отношений между просьюмерами (субъектами, активно участвующими в производстве электроэнергии, потребляемой ими самими с использованием интеллектуальной сети), то роль в доставке электроэнергии покупателю у операторов распределительных сетей DNO (Distribution Network Operator) переняли операторы DSO. Что также является действенным подходом к стимулированию и поддержанию механизма развития транспортно-логистической системы в повышение экономического эффекта.

Эффект механизма адаптации автотранспортного сервиса к современным вызовам развития транспортно-логистической системы носит комплексный характер, который можно выразить в виде экономико-математической модели:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_1 + (\pm \mathcal{E}_{\text{нал}} \pm \mathcal{E}_{\text{экол}} \pm \mathcal{E}_{\text{пр}} \pm \mathcal{E}_{\text{зу}} \pm \mathcal{E}_{\text{IT}}) + \mathcal{E}_{\text{V2G}} + \mathcal{E}_3 \pm \Delta,$$

где $\mathcal{E}_{\text{общ}}$ – эффект замещения электромобилями традиционные автомобили; \mathcal{E}_1 – то же добычи природных ресурсов, производства стали (ком-

позитного материала), аккумуляторных батарей; $\mathcal{E}_{\text{нал}}$ – то же налоговых маневров на топливо и электроэнергию; $\mathcal{E}_{\text{экол}}$ – то же снижения нагрузки и ущерба окружающей среды; $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ – то же потребительских расходов на эксплуатацию электромобиля по сравнению с автомобилем, оборудованным двигателем внутреннего сгорания; $\mathcal{E}_{\text{зу}}$ – то же эксплуатации зарядных устройств аккумуляторных батарей автотранспортных средств на электрической тяге; \mathcal{E}_{IT} – то же от задействования цифровых технологий в развитии электрического транспорта; \mathcal{E}_{V2G} – то же транспортного средства – сеть концепции “vehicle-to-grid”; \mathcal{E}_3 – то же утилизации (в том числе электронных отходов); Δ – то же иных проявлений современных вызовов на развитие электрического и альтернативных видов транспорта, их инфраструктуры.

Инновационные подходы по производству новых автотранспортных средств (электромобили, гибридные автомобили и другие), а также обеспечение их нетрадиционными двигателями (водородные и т. п.), ускоренное развитие инфраструктуры будут способствовать снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, поддержке возобновляемых источников энергии на транспорте, что позволит эффективно реализовать организационно-экономический механизм развития транспортно-логистической системы [14].

ВЫВОДЫ

1. Полученный внешний эффект обновления автомобильного парка и его доукомплектования электромобилями и подзаряжаемыми гибридами заключается в снижении ущерба окружающей среде и связанных с этим социальных издержек вследствие устранения негативного влияния на среду обитания человека, вызванного заторами на автомобильных дорогах, причинами побочных явлений инфраструктуры и другими, обусловленными не только загрязнением от мобильных источников, но и вибрациями, шумностью и т. п. В свою очередь, потребуются рассмотрение вопросов о введении на законодательном уровне новых налогов на торговый экспорт нефтепродуктов и налоговых

сборов в отношении владельцев транспортных средств с нулевым выбросом углекислого газа.

2. Налоги и налоговые пошлины на автомобильное топливо, полученное из ископаемого источника (или нефти), являются одним из источников доходной части бюджета Республики Беларусь. Выполняя свою важную роль, они способствуют росту экономики благодаря активному вливанию инвестиций в дорожное строительство по всем направлениям транспортно-логистической системы. Поддержка строительства автомобильных путепроводов и электрификация железных дорог ускоряют развитие инфраструктуры транспортно-логистической системы страны. По сути, открываются новые источники налоговых поступлений в бюджет республиканского либо местного значения.

3. Ускоренное развитие инфраструктуры электромобилей и подзаряжаемых гибридов способствует развитию транспортно-логистической системы посредством механизма адаптации инфраструктуры автотранспортного сервиса к современным вызовам глобальной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ развития различных видов городского электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке / Д. В. Капский [и др.] Наука и техника. 2022. Т. 21, № 2. 150–157. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157>.
2. Техническое обслуживание и ремонт городского электрического транспорта. Нормы и правила проведения: ТКП 314-2011 (02190). Введ. 01.09.2011. Минск: Энергопресс, 2015. 47 с.
3. Экономический механизм развития транспортно-логистической деятельности на предприятиях / Р. Б. Ивуть [и др.]. Минск: БНТУ, 2022. 240 с.
4. Ивуть, Р. Б. Развитие транспортной системы сферы услуг на основе информационно-коммуникационных технологий / Р. Б. Ивуть, Д. Н. Месник // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы: сб. науч. статей: в 2 т. / ред. кол.: В. Л. Гурский [и др.]; Национальная академия наук Беларуси; Институт экономики НАН Беларуси. Минск: Право и экономика, 2021. Т. 2. С. 423–428.
5. Месник, Д. Н. Рынок пассажирских перевозок Республики Беларусь: развитие, структурные изменения, тенденции / Д. Н. Месник, Т. В. Пильгун, О. И. Мойсак // Новая экономика. 2021. № 1 (77). С. 68–80.
6. Ходас, А. К. Развитие транспортно-логистической системы Республики Беларусь / А. К. Ходас, Д. Н. Мес-

ник // Научные труды Белорусского государственного экономического университета. Минск: БГЭУ, 2021. Вып. 14. С. 475–481.

7. Месник, Д. Н. Модель развития экономических отношений транспортно-логистической деятельности / Д. Н. Месник, Т. В. Пильгун // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сб. науч. трудов: в 2 т. / редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. Минск: БНТУ, 2020. Т. 2. С. 188–191.
8. Месник, Д. Н. Структурные сдвиги отраслей Республики Беларусь в посткризисный период и эффективность трансфертных преобразований / Д. Н. Месник // Аграрная экономика. 2019. № 8 (291). С. 24–33.
9. Месник, Д. Н. Потенциал развития промышленности и сельского хозяйства / Д. Н. Месник // Аграрная экономика. 2019. № 5 (288). С. 2–9.
10. Месник, Д. Н. Применение информационных технологий транспортными предприятиями: механизм майнинга криптовалюты на основе технологии блокчейн / Д. Н. Месник // Наука и техника. 2020. Т. 19, № 2. С. 168–176. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-2-168-176>.
11. Форти, В. Глобальный мониторинг электронных отходов, 2020 год: Объем, потоки и потенциал циркуляционной экономики / В. Форти [и др.]. 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_RU_O21.pdf. Дата доступа: 09.10.2022.
12. Об изменении Указа Президента Республики Беларусь (корректируется Указ № 92 от 12 марта 2020 г. «О стимулировании использования электромобилей») [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 22.11.2021 г., № 447. Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/ukaz-no-447-ot-22-noyabrya-2021-g>. Дата доступа: 11.10.2022.
13. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. / Национальная комиссия по устойчивому развитию Республики Беларусь; редкол.: Я. М. Александрович [и др.]. Минск: Юнипак, 2014. 132 с.
14. Reliable Transport Infrastructure [Electronic Resource] // Sustainable, Safe and Digital: Perspectives for a Human-centered Mobility System. Mode of Access: <https://www.ait.ac.at/fileadmin/mc/mobility/Center/Perspectives.pdf>. Date of access: 11.12.2019.

Поступила 08.11.2022

Подписана в печать 10.01.2023

Опубликована онлайн 29.09.2023

REFERENCES

1. Kapsky D. V., Kuzmenko V. N., Krasil'nikova A. S., Semchenkov S. S., Kot E. N., Larin O. N. (2022) Analysis of Development of Various Types of Urban Electric Transport in Polotsk and Novopolotsk. *Nauka i Tekhnika = Science and Technique*, 21 (2), 150–157. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157> (in Russian).

2. ТКР [Technical Code of Common Practice] 314–2011 (02190). *Maintenance and Repair of Urban Electric Transport*. Minsk, Energo-Press Publ., 2015. 47 (in Russian).
3. Ivut' R. B., Lapkovskaya P. I., Myasnikova O. V., Mesnik D. N. (2022) *Economic Mechanism for the Development of Transport and Logistics Activities at Enterprises*. Minsk, BNTU. 240 (in Russian).
4. Ivut R. B., Mesnik D. N. (2021) Development of the Transport System of the Service Sector Based on Information and Communication Technologies. *Strategiya razvitiya ekonomiki Belarusi: Vyzovy, Instrumenty Realizatsii i Perspektivy: Sbornik Nauchnykh Statei. T. 2* [Strategy for the Development of the Belarusian Economy: Challenges, Implementation Tools and Prospects: a Collection of Scientific Articles. Vol. 2]. Minsk, Pravo i Ekonomika Publ., 423–428 (in Russian).
5. Mesnik D. N., Pilgun T. V., Moysak O. I. (2021) The Passenger Transportation Market of the Republic of Belarus: Development, Structural Changes, Trends. *Novaya Ekonomika* [New Economy], (1), 68–80 (in Russian).
6. Khodas A. K., Mesnik D. N. (2021) Development of Transportation and Logistics System of the Republic of Belarus. *Nauchnye Trudy Belorusskogo Gosudarstvennogo Ekonomicheskogo Universiteta* [Scientific Works of the Belarusian State Economic University]. Minsk: BSEU, Iss. 14, 475–481 (in Russian).
7. Mesnik D. N., Pilgun T. V. (2020) Model for the Development of Economic Relations of Transport and Logistics Activities. *Avtotraktorostroenie i Avtomobil'nyi Transport: Sbornik Nauchnykh Trudov. T. 2* [Automotive and Tractor Building and Road Transport. Collection of Scientific Papers. Vol. 2]. Minsk, Belarusian National Technical University, 188–191 (in Russian).
8. Mesnik D. N. (2019) Structural Changes in the Industries of the Republic of Belarus in the Postcrisis Period and the Efficiency of Transfer Reforms. *Agrarnaya Ekonomika = Agrarian Economics*, (8), 24–33 (in Russian).
9. Mesnik D. N. (2019) Potential for the Development of Industry and Agriculture. *Agrarnaya Ekonomika = Agrarian Economics*, (5), 2–9 (in Russian).
10. Mesnik D. N. (2020) Use of Information Technology by Transport Enterprises: Cryptocurrency Mining Mechanism Based on Blockchain Technology. *Nauka i Tekhnika = Science and Technique*, 19 (2), 168–176 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-2-168-176>.
11. Forti V., Balde C. P., Kühr R., Bel G. (2020) *Global E-Waste Monitoring 2020: Quantities, Flows and the Circular Economy Potential*. Available at: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_RU_O21.pdf (accessed 09 October 2022) (in Russian).
12. On amending the Decree of the President of the Republic of Belarus (correcting Decree No. 92 of March 12, 2020. “On Stimulating the Use of Electric Vehicles”): Decree of the President of the Republic of Belarus, 22.11.2021, No 447. Available at: <https://president.gov.by/ru/documents/ukaz-no-447-ot-22-noyabrya-2021-g> (accessed 10 November 2022) (in Russian).
13. Aleksandrovich Ya. M. (ed.) [et al.] (2014) *National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus for the Period up to 2030*. Minsk, Yunipack, 2014. 132 (in Russian).
14. Reliable Transport Infrastructure. *Sustainable, Safe and Digital: Perspectives for a Human-Centered Mobility System*. Available at: <https://www.ait.ac.at/fileadmin/mc/mobility/Center/Perspectives.pdf> (accessed 11 December 2019).

Received: 08.11.2022

Accepted: 10.01.2023

Published online: 29.09.2023