

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ, МЕТАНОВОМ
И ПРОПАН – БУТОНОВОМ ТОПЛИВЕ

ГРИГОРЬЕВА Н.А.¹, ГАВРИЛЮК Е.С.², КРУГЛОВА А.О.²

¹кандидат экономических наук, доцент кафедры
строительных материалов и технологии строительства БНТУ
² студент специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация
производства»

Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

Экономическая эффективность эксплуатации автомобилей является актуальной научно-практической задачей. С вводом в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции появляется необходимость использования электроэнергии в ночные часы, снижая пиковые нагрузки, что может стать одной из предпосылок развития электротранспорта в республике. Целью данной работы является определение рейтинга топлива и оценки стоимости жизненного цикла автомобилей на метане, пропан-бутане и электричестве. Выполненная в данной работе оценка экономической эффективности эксплуатации легкового транспортного средств на определенных видах топлива свидетельствует о том, что использование электричества, как по экономическим и неэкономическим показателям обладает рядом преимуществ перед природным и сжиженным газом. Дополнительно в работе проведена и отображена оценка устойчивости результата в зависимости от изменений цены автомобиля, цены топлива, расходов по эксплуатации и прочих затрат в условиях изменяющейся конъюнктуры рынка и экономической ситуации в стране.

Ключевые слова: экономическая эффективность, электромобиль, метан, пропан – бутан, топливно-энергетические ресурсы, жизненный цикл автомобиля, рейтинг топлива, расход на топливо, экономическая эффективность.

ECONOMIC EFFICIENCY OF CAR OPERATION
ON ELECTRICITY, METHANE AND PROPANE – BUTON FUEL

GRIGORYEVA N.A.¹, GAVRILYUK E. S.², KRUGLOVA A.O.²

¹ PhD in Economics, senior lecturer, Department of Building
Materials and Construction Technology BNTU
² student of the specialty 1-27 01 01 «Economics and organization
of production»

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

The economic efficiency of car operation is an urgent scientific and practical task. With the commissioning of the Belarusian nuclear power plant, it becomes necessary to use electricity at night, reducing peak loads, which may become one of the prerequisites for the development of electric transport in the republic. The purpose of this work is to determine the fuel rating and estimate the life cycle cost of vehicles running on methane, propane-butane and electricity. The assessment of the economic efficiency of the operation of passenger vehicles on certain types of fuel carried out in paper indicates that the use of electricity, both in terms of economic and non-economic indicators, has a number of advantages over natural and liquefied gas. In addition, the work carried out and displays an assessment of the stability

of the result depending on changes in the price of the car, the price of fuel, operating costs and other costs in the context of a changing market environment and the economic situation in the country.

Key words: economic efficiency, electric car, methane, propane - butane, fuel and energy resources, vehicle life cycle, fuel rating, fuel consumption, economic efficiency.

ВВЕДЕНИЕ

Динамика цен на энергоносители и общемировое понимание охраны окружающей среды побуждает всё больше производителей автомобилей искать альтернативу двигателю внутреннего сгорания. Согласно международным оценкам, индекс экологической эффективности Республики Беларусь составляет порядка 82,3 процента (35-е место среди 180 стран) [1]. На сегодняшний день наиболее экологичным вариантом являются автомобили, использующие в качестве ТЭР метан, пропан-бутан и электричество. В данной работе анализируется эффективность применения электрического топлива для легкового автомобильного транспорта в сравнении с метановыми и пропан-бутановыми аналогами с целью выявления преимуществ и недостатков использования данных видов ТЭР.

Проблемой оценки экономической эффективности и обоснования выбора занимались многие белорусские и зарубежные ученые. Так в научных и учебно-методических работах [3] акцентируется важность оценки транспорта для социально-экономического развития республики в целом и Минской области в частности (Ивуть, Р. Б. Попов, П. В., Лапковская, П. И., Емельянович, И. В.) [4]. Перспективы развития электрифицированного автотранспорта в Беларуси [5] рассмотрены с точки зрения развития электротранспорта, как национального приоритета страны [6]. Н. В. Жудро описал уровень и перспективы развития рынка электрических легковых автомобилей Республики Беларусь [7]. Также большое внимание уделяется задаче повышения энергоэффективности электрифицированного транспорта [8] и влияния электромобилей на окружающую среду [9]. В соответствии с лучшими практиками оценки социально-экономической эффективности автомобилей выстроена методика рейтинговой оценки видов топлива и методика расчета стоимости жизненного цикла. Сочетание неэкономической и экономической оценки позволяет выбрать наиболее эффективный вид топлива для легкового автомобиля.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для проведения анализа относительно различных вариантов топлива выбрана модель Volkswagen Golf Mk7 2018 года выпуска. Его кузов которой приспособлен под переоборудование под любой вид двигателя и является универсальными, что в последующем упростит как анализ характеристик, так и дальнейший расчет первоначальных затрат. Модификации автомобиля с различными видами топлива усреднены по показателям года выпуска, типа кузова, мощности. с учетом покупки автомобиля из-за рубежа и в Республике Беларусь, а также с переоборудованием газовыми баллонами и без. Курс EUR к BYN принят на 01.10.2020 в размере 3,05.

Выбор автомобиля на определенном виде топлива сопряжен с многими факторами непрямого экономического характера, такого как экологичность, удобство, комфорт. Сравнение видов топлива для автомобилей по неэкономическим критериям приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет критериев вида топлива

№	Критерии	Метан	Пропан-бутан	Электричество
1	Обеспеченность инфраструктурой на 100 авто	$42 / 12500 * 100 = 0,34$	$300 / 31250 * 100 = 0,96$	$400 / 1200 * 100 = 33,33$
1.1	Распространенность	12 500	31 250	1 200
1.2	Количество АЗС / АГНКС / Зарядных станций	28 АГНКС + 14 пунктов бескомпрессорной заправки	300	400
2	Среднее время заправки / зарядки на 100 км пробега, мин	5,23 мин метан 1,06 мин бензин	4,29 мин пропан-бутан 1,06 мин бензин	$43 / 300 * 100 = 14,3$

№	Критерии	Метан	Пропан-бутан	Электричество
		6,29 мин общее	5,35 мин общее	
2.1	Средний пробег на полном баке / баллоне / батарее, км	420 км на метане + 940 км на бензине = 1360 км общий	233 км на пропан-бутане + 940 км на бензине = 1173 км общий	300
2.2	Среднее время заправки / зарядки, минут	22	10	=35,8/50 кВт * 60 = 43 мин
3	Доступность технического обслуживания на 100 авто	9 / 12500 * 100 = 0,07	29 / 31250 * 100 = 0,09	31 / 800 * 100 = 3,88
3.1	Количество СТО (одинаковое в случае обслуживания у официального дилера)	9 пунктов освидетельствования баллонов	29 пунктов освидетельствования баллонов	31 станции
4	Вынужденный пробег для заправки / зарядки	420 / 42 = 10 метан 1,21 бензин 3,92 общий	233 / 300 = 0,77 пропан-бутан 1,21 бензин 1,12 общий	300 / 400 = 0,75
5	Потребность в технической грамотности	Средняя	Средняя	Высокая
6	Снаряженная масса, кг	1395 Средняя	1420 Средняя	1615 Высокая
7	Экологичность выбросов CO ₂ , г/км	6 на метане 83,41 общий Высокая	106 на пропан-бутане 116,62 общий Средняя	0 Высокая
8	Шумность	Средняя	Средняя	Низкая
9	Безопасность при аварии	Высокая	Средняя	Высокая
10	Утилизация	Простая	Простая	Сложная

Источник: Собственная разработка авторов

Для расчета рейтинга технологий применялась 10-ти бальная шкала, где 10 - лучший результат, а 0 - худший. Оценочные значения оценивались баллами, а расчетные - баллами при расчете интерполяций. Расчет рейтинга топлива с учетом принятых удельных весов критериев приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет рейтинга топлива

№ п/п	Критерий выбора	Удельный вес критерия	Метан	Пропан-бутан	Электричество
Оценка значимости по 10-бальной шкале					
1	Обеспеченность инфраструктурой	0,2	2	3	10
2	Среднее время заправки / зарядки на 100 км пробега	0,2	6	7	0
3	Доступность технического обслуживания	0,2	2	3	10
4	Вынужденный пробег	0,1	0	7	10
5	Потребность в технической грамотности	0,05	5	5	0
6	Снаряженная масса	0,05	7	6	0
7	Экологичность выбросов	0,05	10	0	10
8	Шумность	0,05	5	5	10
9	Безопасность при аварии	0,05	5	0	10
10	Утилизация	0,05	10	10	0
Сумма произведений удельного веса критерия и оценки по 10-бальной шкале			3,60	4,10	6,50

Источник: Собственная разработка авторов

Неэкономические факторы при выборе топлива для автомобиля показывают однозначное преимущество электромобиля в данное время в Республике Беларусь: из-за из малого количества скромная по меркам ДВС инфраструктура предоставляет лучший сервис по зарядке и

обслуживанию электромобилей, они более тихие, экологичные, безопасны при аварии и имеют низкий вынужденный пробег. Однако относительно остальных факторов, электромобили имеют более низкий рейтинг. Необходимо отметить, что газомоторное топливо имеют схожий рейтинг в корне отличаются лишь в экологичности (метан — это природный газ, а жидкий пропан-бутан крайне опасен для человека и окружающей среды).

Для сопоставимого сравнения выбраны автомобили с неполной комплектацией, безаварийные, как у частных, так и у юридических лиц. Рассматриваемая стоимость доставки включает в себя среднюю сумму услуг по доставке автомобиля до Республики Беларусь из страны назначения. Величина таможенных платежей рассчитана по таможенному калькулятору в зависимости от возраста автомобиля, объема двигателя и стоимости. Значения величины возможного торга и комплектация автомобиля в расчетах не учитываются и снивелированы средней стоимостью автомобиля по 10 вариантам.

При пересечении границы также необходимо оплатить Таможенный сбор (на основании Приложения 2 к Указу №443 Президента Республики Беларусь от 13.07.2006 года таможенный сбор составляет 120 BYN или 39,34 EUR) и утилизационный сбор (для автомобилей с датой выпуска не более 3 лет – 495 BYN или 162,3 EUR) [2]. Дополнительно учитываются расходы постановку автомобиля на учет физическим лицом (161,21 BYN или 52,85 EUR).

Расчет топлива производится для среднегодового пробега в 30 000 км и сроке эксплуатации автомобиля – 5 лет.

Таблица 3 – Стоимость топлива

№ п/п	Вид топлива	Модель, год, объем двигателя	Средний расход топлива на 100 км	Цена 1м3 (1 кВт) топлива, EUR	Общая стоимость топлива на 5 лет, EUR
1	Метан	Volkswagen Golf 1.4 TGI DSG BMT	3,5 м3	0,25	1312,5
2	Пропан-бутан	Volkswagen Golf 1.4 TSI DSG BMT	6,3 м3	0,31	2929,5
3	Электричество	Volkswagen e-Golf, 2018, 35.8 кВт,	11,93 кВт	0,06	1074

Источник: Собственная разработка авторов

Необходимые для техобслуживания работы приняты по спецификации производителя и стоимости работ согласно прейскуранту дилерского центра. Цены на техобслуживание приняты в EUR по курсу на 01.10.2020 (таблица 4). К прочим расходам относится стоимость страховки на 5 лет, государственный технический осмотр ежепериодно, госпошлина за выдачу разрешения на допуск транспортного средства к участию в дорожном движении, а также месячный абонемент на платные парковки в Республике Беларусь.

Таблица 4 – Расходы на техобслуживание за 5 лет эксплуатации по видам топлива

№ п/п	Состав техобслуживания	Пробег	Стоимость работ по техобслуживанию, EUR		
			Метан	Пропан-бутан	Электричество
1	Замена масла и фильтра	Каждые 15000 км, т. е. 2 раза в год	58,5	58,5	-
2	Замена масла и фильтра + замена салонного фильтра + воздушный фильтр, свечи зажигания	Каждые 30000 км, т. е. 1 раз в год	86,2	86,2	-
3	Замена салонного фильтра + воздушный фильтр		-	-	15
4	Замена тормозных колодок		43,9	43,9	43,9

5	Замена тормозных дисков	Каждые 60000 км, т. е. 1 раз в 2 года	15,6	15,6	15,6
6	Замена масла и фильтра	Каждые 15000 км, т. е. 2 раза в год	58,5	58,5	-
7	Освидетельствование баллонов	Один раз в 3 года, т. е. 2 раза	32,79	32,79	-
8	Обработка баллона антикоррозийным средством		16,39	16,39	-
9	Проверка батареи	Каждые 30000 км, т. е. 1 раз в год	-	-	250
ИТОГО:			311,88	311,88	324,5

Источник: Собственная разработка авторов

Цены на прочие расходы приняты в EUR по курсу на 01.10.2020 и рассчитаны на 5 лет (таблица 5).

Таблица 5 – Прочие расходы

№ п/п	Прочие расходы	Общая стоимость на 5 лет, EUR		
		Метан	Пропан-бутан	Электричество
1	Обязательное страхование гражданской ответственности	35,40*5 = 177	35,40*5 = 177	17*5 = 85
2	Государственный технический осмотр	8,2*3 = 24,6	8,2*3 = 24,6	8*5 = 40
3	Госпошлина за выдачу разрешения на допуск транспортного средства к участию в дорожном движении	26,56*3 = 79,68	26,56*3 = 79,68	-
4	Платные парковки	156,04*5 = 780,2	156,04*5 = 780,2	-
ИТОГО:		1061,48	1061,48	125

Источник: Собственная разработка авторов

Далее рассмотрим структуру общих расходов на 5 лет по всем видам топлива, которая приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Структура расходов за 5 лет, EUR

№ п/п	Статья затрат	Метан	Пропан-бутан	Электричество
1	Стоимость автомобиля	29344,49	32324,43	22521,36
1.1	Цена покупки	19863,00	21959,14	22161,40
1.2	Таможенная пошлина	9227,00	10110,80	
1.3	Дополнительные сборы и платежи	254,49	254,49	359,96
2	Расходы на топливо	1312,50	2929,50	1074,00
3	Расходы на техобслуживание	311,88	311,88	324,50
4	Прочие расходы	1061,48	1061,48	125,00

Источник: Собственная разработка авторов

Преимущественную величину в структуре затрат жизненного цикла составляет стоимость покупки автомобиля - от 62,0% до 92,2%. Общая стоимость электромобиля меньше, чем стоимость аналогичных транспортных средств на газомоторном топливе, преимущественно за счет отсутствия необходимости уплаты таможенных пошлин. Анализируя дополнительные, а также расходы на техобслуживание, можно утверждать, что данная категория аналогична у всех трех автомобилей. Величина прочих расходов для электромобиля на 88,2 % меньше, чем у метана и пропан-бутана, за счет отсутствия госпошлины.

Сопоставляя результаты неэкономического анализа и экономической оценки жизненного цикла автомобилей на различных видах топлива необходимо отметить, что электричество является выдающимся лидером, относительно которого будет производиться сравнение.

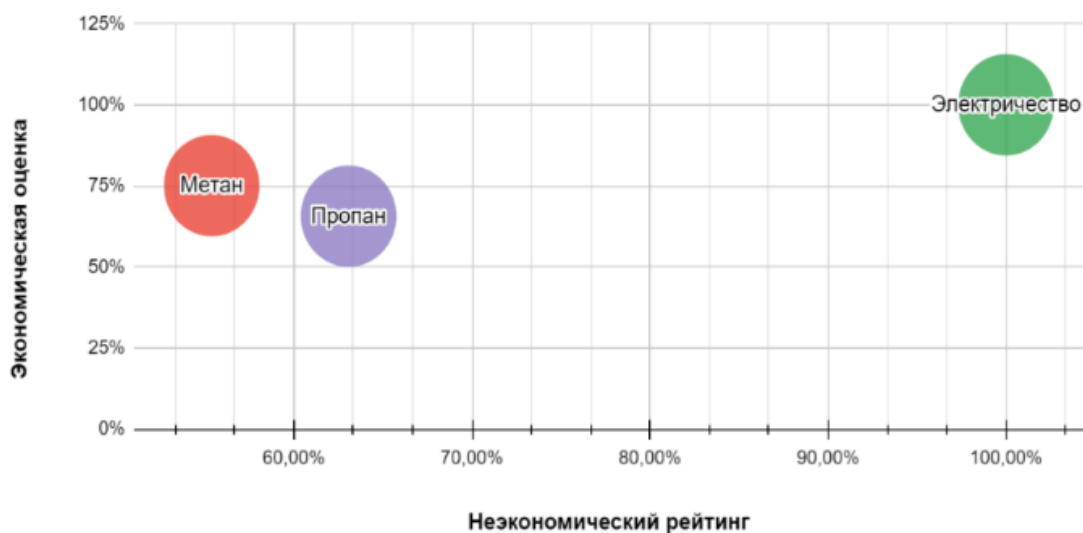


Рисунок 1 – Показатели эффективности различных видов топлива, %
 Источник: собственная разработка авторов.

Наибольшее влияние на оценку показателей эффективности влияют экономические факторы. Наблюдается небольшая разница рейтингов двух факторов у пропан-бутана, что нельзя сказать про метан - наименьший неэкономический рейтинг - 55,38 % за счет присутствия вынужденного пробега. Однако данный вид автомобиля на данном виде ТЭР выигрывают, по экономической оценке, у пропан-бутановых аналогов на 9,42% за счет стоимости первоначальной покупки и расходов на топливо.

ВЫВОДЫ

Рассчитав рейтинг топлива, необходимо заметить, что наибольшая сумма произведений удельного веса критерия и оценки по 10-тибалльной шкале составляют 6,50 и принадлежит электромобилю, согласно ряду преимуществ: обеспеченность инфраструктурой, доступность технического обслуживания, экологичность выбросов, шумность и безопасность при аварии. В то время как наименьший показатель суммы произведений удельного веса критерия и оценки у автомобиля на метане.

Выделив основные расходы на эксплуатацию автомобиля на электричестве и газомоторном топливе, необходимо отметить, что наибольшую долю в тратах автовладельца составляет цена покупки автомобиля, изменение которой может значительно повлиять на сумму затрат жизненного цикла электромобиля. Остальные затраты, рассмотренные в данной работе, не являются значимыми. По общей сумме затрат можно сделать вывод, что наименьшие затраты приходятся на долю автомобиля на электричестве. Второе место занимает автомобиль на метановом топливе, а наименее выгодным вариантом является автомобиль на пропан - бутановом топливе.

Отсутствие таможенных пошлин на электромобиль явилось наиболее действенной мерой для увеличения их числа, а вот снижение или отсутствие платы за электричество на зарядку электромобилей не оказывает определяющего влияния на экономическую эффективность его эксплуатации. Мерами государственной поддержки развития электротранспорта для физических лиц может стать развитие сети зарядных станций, обучение технической грамотности обслуживания электромобилей, а также регулирование вопроса утилизации электромобилей. Для увеличения экологического эффекта от электромобилей необходимо усовершенствовать методы получения электроэнергии от традиционных источников энергии, либо использовать возобновляемые источники энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт белорусских исследований [Электронный ресурс] / В Индексе экологической эффективности Беларусь опустилась за 2 года на 9 позиций – Режим доступа: <https://thinktanks.by/publication/2018/01/25/v-indexe-ekologicheskoy-effektivnosti-belarus-opustilas-za-2-goda-na-9-pozitsiy.html> – Дата доступа: 04.10.2020.
2. О таможенных сборах / Указ Президента Респ. Беларусь 13 июля 2006 № 443 // Консультант Плюс: Версия Проф. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». - М., 2020.
3. Ивуть, Р. Б. Экономика автомобильного транспорта. В 2 ч. Ч. 1 : учебно-методическое пособие / Р. Б. Ивуть ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Экономика и управление на транспорте". - Минск : БНТУ, 2007. - 454 с. : ил., табл.
4. Оценка влияния автотранспортной инфраструктуры на социально-экономические показатели Минской области = Evaluation of Motor Transport Infrastructure Influence on Socio-Economic Indicators of Minsk Region / Р. Б. Ивуть [и др.] // Наука и техника. – 2018. – №4. - С. 314-319.
5. Мангул, Д. И. Перспективы развития электрифицированного автотранспорта в Беларуси / Д. И. Мангул ; науч. рук. С. Г. Гапанюк // Актуальные проблемы энергетики [Электронный ресурс] : материалы 76-й научно-технической конференции студентов и аспирантов : секция "Электроэнергетические системы и сети" / сост. Т. Е. Жуковская. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 125-130.
6. Матус, Е. В. Развитие электротранспорта, как национального приоритета страны / Е. В. Матус ; науч. рук. Е. А. Кравчук // Актуальные проблемы энергетики 2019 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня, Т. А. Петровская. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 494-495.
7. Драенков, В. А. Уровень и перспективы развития рынка электрических легковых автомобилей Республики Беларусь / В. А. Драенков ; науч. рук. Н. В. Жудро // Экономика и маркетинг в промышленности : материалы студенческой научно-технической конференции, проводимой в рамках международного молодежного форума «Креатив и инновации' 2019», Минск, 10–25 апреля 2019 г. / редкол.: А. В. Данильченко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 133-135.
8. Кушнер, Д. А. Энергоэффективность электрифицированного транспорта / Д. А. Кушнер ; науч. рук. Ю. С. Петруша // Актуальные проблемы энергетики : материалы 74-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет ; ред. Т. Е. Жуковская. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 500-505.
9. Богданов, Ю. И. Влияние электромобилей на окружающую среду / Ю. И. Богданов ; науч. рук. Ю. В. Суходолов // Актуальные проблемы энергетики 2018 [Электронный ресурс] : материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И. Н. Прокопеня, Т. А. Петровская. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 308-309.

REFERENCES

1. Site of Belarusian studies [Electronic resource] / In the Environmental Performance Index Belarus dropped by 9 positions in 2 years - Access mode: <https://thinktanks.by/publication/2018/01/25/v-indexe-ekologicheskoy-effektivnosti-belarus-opustilas-za-2-goda-na-9-pozitsiy.html> - Date of access: 10/04/2020.
2. On customs duties / Decree of the President of the Republic. Belarus 13 July 2006 № 443 // Consultant Plus: Version of Prof. Technology 3000 [Electronic resource] / LLC "YurSpektr". - M., 2020.
3. Ivut, R.B. Economy of road transport. At 2 hours, Part 1: teaching aid / R.B. Ivut; Belarusian National Technical University, Department of Economics and Transport Management. - Minsk: BNTU, 2007. -- 454 p. : ill., tab.
4. Evaluation of Motor Transport Infrastructure Influence on Socio-Economic Indicators of Minsk Region / RB Ivut [et al.] // Science and Technology. - 2018. - No. 4. - S. 314-319.
5. Mangul, D.I. Prospects for the development of electrified vehicles in Belarus / D.I. Mangul; scientific. hands. S.G. Gapanjuk // Actual problems of energy [Electronic resource]: materials of the 76th

scientific and technical conference of students and graduate students: section "Electric power systems and networks" / comp. T.E. Zhukovskaya. - Minsk: BNTU, 2020 .-- S. 125-130.

6. Matus, E.V. Development of electric transport as a national priority of the country / EV Matus; scientific. hands. E. A. Kravchuk // Actual problems of energy 2019 [Electronic resource]: materials of the student scientific and technical conference / comp .: I. N. Prokopenya, T. A. Petrovskaya. - Minsk: BNTU, 2019 .-- S. 494-495.

7. Draenkov, V. A. Level and prospects of development of the electric passenger car market in the Republic of Belarus / V. A. Draenkov; scientific. hands. N. V. Zhudro // Economics and marketing in industry: materials of a student scientific and technical conference held within the framework of the international youth forum "Creativity and Innovation '2019", Minsk, April 10-25, 2019 / editorial board: A V. Danilchenko [and others]. - Minsk: BNTU, 2019 .-- S. 133-135.

8. Kushner, D. A. Energy efficiency of electrified transport / D. A. Kushner; scientific. hands. Yu. S. Petrusha // Actual problems of energy: materials of the 74th scientific and technical conference of students and graduate students / Belarusian National Technical University, Faculty of Energy; ed. T.E. Zhukovskaya. - Minsk: BNTU, 2018 .-- S. 500-505.

9. Bogdanov, Yu. I. Influence of electric vehicles on the environment / Yu. I. Bogdanov; scientific. hands. Yu. V. Sukhodolov // Actual problems of energy 2018 [Electronic resource]: materials of the student scientific and technical conference / comp .: I. N. Prokopenya, T. A. Petrovskaya. - Minsk: BNTU, 2018 .-- S. 308-309.