

## Сравнительный анализ энергоёмкости и производства парниковых газов автомобильным и железнодорожным транспортом

Э. А. Рагимов✉

Национальная академия наук Азербайджана, г. Баку, Азербайджанская Республика

✉ elmar\_rahimov@yahoo.com

### Резюме

По данным Всемирной организации здравоохранения, качество воздуха ухудшается с каждым годом. Этот случай связан в первую очередь с энергетической, транспортной и промышленной политикой стран и городов, которые начинают быть прямой причиной международных проблем, связанных с парниковым эффектом. В настоящее время экологические особенности транспорта, в основном потребление энергии и производство парниковых газов, являются очень актуальными проблемами. В статье приведено сравнение энергопотребления и производства парниковых газов в двух видах транспорта – автомобильном и железнодорожном. Сравнение сделано для дизельных железнодорожных транспортных средств, а также для легковых автомобилей с различными видами топлива (бензин и дизельное топливо). Результаты показывают окончательные экологические аспекты, рассчитанные на душу населения в Азербайджанской Республике, и имеют высокую информативную ценность, поскольку учитывают потребление энергии и выбросы из первичных и вторичных источников. Расчет производился по фактическим значениям расхода топлива (автомобильным транспортом) и путем моделирования энергопотребления (железнодорожной). Энергетические и эмиссионные коэффициенты из стандарта EN были использованы для оценки результатов. Установлено, что «неэкологичные транспортные средства» – автомобили – могут быть очень эффективными в плане потребления энергии и производства парниковых газов в Азербайджанской Республике.

### Ключевые слова

экологические аспекты, энергопотребление, производство парниковых газов, автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт

### Для цитирования

Рагимов Э. А. Сравнительный анализ энергоёмкости и производства парниковых газов автомобильным и железнодорожным транспортом // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 3 (71). – С. 142–148. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).142-148

### Информация о статье

поступила в редакцию: 07.09.2021, поступила после рецензирования: 11.09.2021, принята к публикации: 15.10.2021

## Comparative analysis of energy intensity and greenhouse gas production by road and rail transport

E. A. Ragimov✉

Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Republic of Azerbaijan

✉ elmar\_rahimov@yahoo.com

### Abstract

According to the World Health Organization, air quality is worsening every year. This is mainly due to the energy, transport and industrial policies of countries and cities, which are beginning to be a direct cause of international problems related to the greenhouse effect. At present, the environmental features of transport, especially energy consumption and the production of greenhouse gases, are very topical problems. The article provides a comparison of energy consumption and the generation of greenhouse gases in two types of transport - road and rail. Comparison is made for diesel railway vehicles, as well as for cars with various types of fuel (gasoline and diesel fuel). The outcomes demonstrate the final ecological issues calculated per capita in the Republic of Azerbaijan and are of high informative value, since they consider energy consumption and emissions from primary and secondary sources. The calculation was carried out by the actual values of fuel consumption (road) and by modelling energy consumption (railway). The energy and emission factors EN standard were applied for evaluating the outcomes. The results also show that “non-green vehicles” – motcars – can be very efficient in energy consumption and greenhouse gas production in the Republic of Azerbaijan. The aim of the study is to demonstrate that the use of the capabilities of vehicles is very important when assessing and comparing different modes of transport or different vehicles in terms of their environmental impact.

### Keywords

ecological aspects, energy consumption, greenhouse gas production, road transport, rail transport

**For citation**

Ragimov E. A. Sravnitel'nyj analiz ehnergoyomkosti i proizvodstva parnikovyx gazov avtomobil'nyx i zheleznodorozhnyx transportom [Comparative analysis of energy intensity and greenhouse gas production by road and rail transport]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 3 (71), pp. 142–148. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).142-148

**Article info**

Received: 07.09.2021, Revised: 11.09.2021, Accepted: 15.10.2021

**Введение**

Мобильность – одна из самых важных человеческих потребностей в этом столетии. Среднее количество поездок и среднее пройденное расстояние на человека постоянно увеличивается. Текущая экономическая ситуация напрямую зависит от транспорта. Последующие действия, ведущие к созданию ценных продуктов и услуг, которые отвечают потребностям общества и отдельного человека, не могут быть реализованы без транспортировки товаров или услуг населению [1, 2].

Сегодня транспортировка в значительной степени зависит от нефти, так как подавляющее большинство транспортных средств приводятся в движение двигателями, сжигающими нефтепродукты – углеводородное топливо [3, 4]. Особенно это касается автомобильного, воздушного и водного транспорта. Большинство рельсовых транспортных средств в настоящее время приводятся в движение электрическими тяговыми двигателями, поэтому они не зависят от масла так сильно, как перечисленные виды транспорта [5].

Транспорт становится очень важным элементом человеческого существования, который оказывает негативное влияние на окружающую среду из-за шума, вибрации, несчастных случаев, потребностей территории, заторов и энергоёмкости [6]. Поступающая энергия преобразуется в движение транспортных средств, обеспечивающих передачу товаров и людей в этом районе.

Железнодорожный транспорт является типичным видом транспорта, где большинство железнодорожных транспортных средств в настоящее время работают на тяговых электродвигателях, поэтому степень зависимости от нефти ниже, чем у автотранспорта. Но дело в том, что в большинстве стран электроэнергия производится из нефтепродуктов или угля [7, 8]. Все это невозобновляемые природные ресурсы, и их запасы постоянно сокращаются.

**Стандарт EN 16258:2012 и его использование в расчетах**

Этот европейский стандарт устанавливает общую методологию для расчета и декларирования потребления энергии и выбросов парниковых газов в связи с любыми услугами (груз, пассажиры или и то, и другое) [9, 10]. Он устанавливает общие принципы, определения, системные границы, методы расчета, правила распределения (распределение,

назначение) и рекомендации по информации для поддержки стандартизированных, точных, надежных и проверяемых деклараций относительно потребления энергии и выбросов парниковых газов, связанных с любой грузовой службой. Он также содержит примеры использования этих принципов. Расчет для одной данной транспортной услуги должен выполняться с использованием следующих трех основных этапов:

1. Идентификация различных разделов сервиса.

2. Расчет потребления энергии и выбросов парниковых газов для каждого участка.

3. Сумма результатов для каждого раздела.

Стандарт учитывает не только производимые вторичные выбросы и энергию, потребляемую при сгорании топлива (преобразование энергии из топлива в механическую энергию), но также первичные выбросы, возникающие при добыче, производстве и распределении:

–  $e_w$  – энергетический коэффициент «well-to-wheels» для определенного топлива;

–  $g_w$  – коэффициент выбросов «well-to-wheels» для определенного топлива;

–  $e_t$  – энергетический коэффициент «tank-to-wheels» для определенного топлива;

–  $g_t$  – коэффициент выбросов «tank-to-wheels» для определенного топлива.

Фактор полного сопротивления охватывает также первичные и вторичные выбросы и потребление.

Иногда этот фактор также называется анализом / оценкой жизненного цикла. Коэффициент «tank-to-wheels» учитывает только вторичные выбросы и потребление. Этот стандарт определяет общую методологию расчета. Заявленное значение для энергетического фактора и коэффициента выбросов парниковых газов должно быть выбрано соответствующим образом [11, 12].

Эмиссионные газы состоят из нескольких отдельных компонентов (газов). Каждый из них имеет разные химические и физические свойства и, следовательно, по-разному участвует в деградации окружающей среды. Для того чтобы сравнивать выбросы от различных видов деятельности, видов топлива, транспортных средств, когда выбросы имеют разные следы, необходимо указать одну репрезентативную единицу, пригодную для сравнения. Это эквивалент  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}_2\text{e}$ ), который является мерой воздействия конкретных выбросов и сравнивает его с воздействием  $\text{CO}_2$  [13, 14].

**Методика расчета**

Программное обеспечение «Железнодорожная динамика» использовалось для расчета энергопотребления поезда. Потребляемая мощность поезда была рассчитана на основе предварительно определенных и выбранных значений на установленном маршруте.

Программное обеспечение работает с импортированными картами и профилем высот железнодорожных маршрутов. На основании этих значений по умолчанию и выбранных параметров (тип локомотива, масса и длина поезда, нагрузка на ось, количество и расположение остановок) было рассчитано энергопотребление в кВт·ч.

Это программное обеспечение может использоваться с целью расчета потребления энергии и времени эксплуатации или времени движения какого-либо произвольного поезда на любом произвольном железнодорожном пути. Для расчета необходимо импортировать данные поезда и пути [15]. Для соответствующего сравнения результатов для разных видов потребляемой энергии необходимо использовать принцип «well-to-wheels». Расчетная энергия это – механическая работа, необходимая для движения автомобиля. Если он преобразован в единицы MJ, он может быть впоследствии преобразован в общую потребленную энергию. Это означает, что в соответствии с принципом «well-to-wheels» используются коэффициенты  $e_w$ ,  $g_w$  (EN 16 258:2012) или общая энергоэффективность  $\eta_{TE}$  [16].

Для вычисления потребления транспортных средств, оснащенных двигателями внутреннего сгорания, используется следующее уравнение:

$$E_{TF} = FC_V \cdot e_w = \left[ (E_{ME} \cdot m_{pe}) \cdot \frac{1}{\rho F} \right] \cdot e_w, \quad (1)$$

где  $E_{TF}$  – общая энергия, потребляемая дизельными автомобилями [MJ];  $FC_V$  – расход топлива транспортного средства [л,  $\text{dm}^3$ ];  $E_{ME}$  – механическая энергия, потребляемая движением поезда (результат программного обеспечения динамики поезда) [кВт·ч];  $m_{pe}$  – удельный расход топлива двигателя автомобиля [г/кВт·ч];  $\rho F$  – удельный вес (плотность) топлива (дизель) [г/ $\text{dm}^3$ ];  $e_w$  – энергетический фактор [MJ/ $\text{dm}^3$ ].

Для расчета производства парниковых газов потребляемое количество дизельного топлива должно быть умножено на коэффициент выбросов для этого топлива из Приложения А стандарта EN:

$$G_{TF} = FC_V \cdot g_w = \left[ (E_{ME} \cdot m_{pe}) \cdot \frac{1}{\rho F} \right] \cdot g_w, \quad (2)$$

где  $G_{TF}$  – общий объем производимых выбросов дизельными поездами [гCO<sub>2e</sub>];  $g_w$  – коэффициент выбросов для определенного топлива [тCO<sub>2e</sub>/MWh].

Для расчета были выбраны базовые единицы MJ и гCO<sub>2</sub>, поскольку они являются единицами,

заявленными в стандарте. Для лучшего сравнения можно выразить отдельные количества в других единицах, например, GJ, kJ, тCO<sub>2</sub>, кгCO<sub>2e</sub> или их комбинации, в случае пропорционального выражения величин [17].

**Железнодорожный транспорт**

В данном примере мы рассмотрим транспорт по одному из выбранных в Азербайджанской Республике от столицы Баку до Сумгаита. Общее расстояние между двумя городами составляет 30 км. Расчет для этого модельного исследования был сделан на трассе двунаправленным образом: один путь вниз по склону, а другой – вверх. Эта высота видна в потреблении энергии, которое выше для гористой трассы – от Баку до Сумгаита.

Только числа, полученные в результате переноса в обоих направлениях, находятся в оценочной таблице и на графике. Моделирование энергопотребления проводилось для железнодорожного транспорта, используемого в Азербайджанской Республике на региональном пассажирском транспорте. Это дизельное двухсекционное железнодорожное транспортное средство с серийным номером 813-913. Оно приводится в движение дизельным двигателем внутреннего сгорания MAN D 2876 LUE 21 с выходной мощностью 257 кВт. Вес тары 39 т, вес брутто 53 т. Пассажиروместимость составляет 83 места.

Расчетная энергия – механическая работа, необходимая для движения поезда. После преобразования этой энергии в единицы MJ, она впоследствии преобразуется в общую потребляемую энергию по общей энергетической эффективности:

$$E_T = (E_{ME} \cdot 3,6) \cdot \eta_{CE}, \quad (3)$$

где  $E_T$  – суммарная энергия, потребляемая электрической тягой (MJ);  $E_{ME}$  – механическая энергия, потребляемая движением поезда (результат программного обеспечения динамики поезда) (кВт·ч).

Потребляемая энергия поезда рассчитывается делением механической работы и эффективности транспортного средства [18]:

$$G_T = [(E_{ME} \cdot \eta_{VS}) \cdot 1000] \cdot f_{LCA}, \quad (4)$$

$$E_T = [(E_{ME} / \eta_{CE}) \cdot 3,6] \cdot f_{LCA}^g, \quad (5)$$

где  $G_T$  – общий объем выбросов, производимых электрической тягой [гCO<sub>2e</sub>];  $f_{LCA}$  – коэффициент выбросов для электрической энергии [тCO<sub>2e</sub>/MWh];  $f_{LCA}^g$  – коэффициент выбросов для электрической энергии [гCO<sub>2e</sub>/MJ].

**Автомобильный транспорт**

Для использования методологии расчета энергоемкости и производства парниковых газов на транспорте для легковых автомобилей с различными

типами топлива целесообразно использовать следующий пример. Рассмотрим транспортное средство, часто используемое в Азербайджане, которое представляет собой автомобиль среднего класса неназванного производителя. Этот тип транспортного средства с двумя типами движения – бензин и дизель с примерно одинаковой мощностью двигателя.

Марка и модель автомобиля в данном случае не важны, но рабочие характеристики, весовые параметры и расход топлива имеют значение. Масса в снаряженном состоянии составляет около 1 500 кг, а мощность двигателя – около 80 кВт. Для данного типа транспортного средства расход топлива может составлять от 6 до 7 л бензина на 100 км; в случае дизельных двигателей он может составлять от 5 до 6 л на 100 км [6]. Расходы топлива и энергии, указанные производителем, были использованы для целей данного расчета. Расход измеряли в соответствии со стандартом. Потребление энергии и производство парниковых газов с глобальной точки зрения имеет важное значение, поэтому первичные, а также вторичные воздействия принимаются во внимание [10].

Для того чтобы рассчитать общее энергопотребление автомобильного транспорта, количество потребляемого топлива дорожным транспортным средством должно быть умножено на энергетический коэффициент для этого топлива из Приложения А [7] к стандарту:

$$E_{TV} = [(FC_{km} \cdot L)/100] \cdot e_w, \quad (6)$$

где  $E_{TV}$  – общая энергия, потребляемая транспортными средствами (MJ);  $FC_{km}$  – расход топлива (л/100 км);  $L$  – пройденное расстояние (км);  $e_w$  – энергетический коэффициент «well to wheels» для опреде-

ленного топлива (MJ/l).

Для того чтобы рассчитать общий объем производства парниковых газов, потребляемое количество топлива следует умножить на коэффициент выбросов для этого топлива из Приложения А [7] к стандарту:

$$G_{TV} = [(FC_{km} \cdot L)/100] \cdot g_w, \quad (7)$$

где  $G_{TV}$  – общий объем выбросов, производимых транспортными средствами ( $gCO_2e$ );  $g_w$  – коэффициент выбросов для определенного топлива ( $tCO_2e/MJ$ ).

## Результаты и выводы

Результаты расчетов приведены в табл. и на рис.

Смоделированный расход топлива дизель-поезда сравнивался с реальным расходом этого поезда, работающего на этой трассе. Смоделированный результат был подтвержден, потому что ошибка симуляции была только 8 %. Таким образом, каждый результат потребления увеличен на величину 8 %, чтобы быть ближе к реальности.

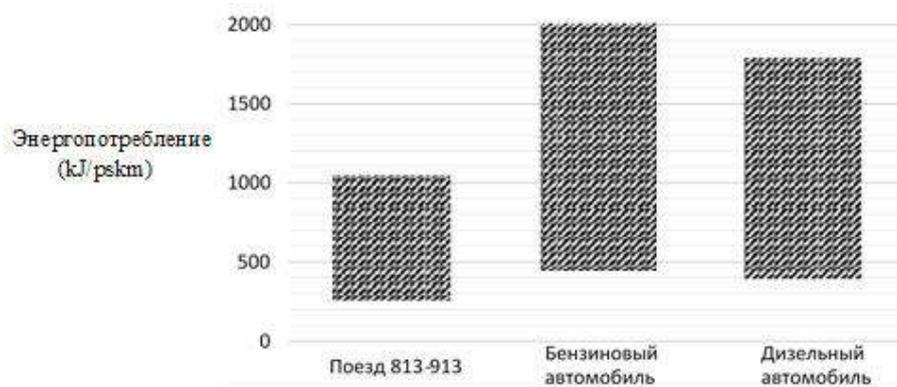
Результаты, приведенные в табл., описывают наиболее интенсивное энергопотребление автомобиля – бензиновый легковой автомобиль.

Потребление энергии и производство парниковых газов на 10 % выше, чем у дизельного автомобиля во всем спектре загруженности автомобилей. Общественный транспорт экологичнее индивидуального. Энергоемкость и производство парниковых газов в дизельном поезде ниже, несмотря на высокую массу тары в поезде, что достигается благодаря большому количеству пассажиров.

Энергоемкость бензинового автомобиля на

Итоговая оценка результатов  
Final evaluation of results

Параметры	Тип тяги		
	Рельсовый	Дорожный	
(Номер транспортного средства, наименование тяги)	Поезд 813-913	Бензин	Дизель
Заполняемость (%)	20–100	20–100	20–100
Энергопотребление (kJ/pskm)	256–1 045	443–2 011	395–1 789
Производство парниковых газов (g/pskm)	19,4–79,3	34–153,6	29,9–135,8



Графическое оформление результатов расчетов  
Graphic design of calculation results

70 % выше, а дизельного автомобиля на 50 % выше по сравнению с железнодорожным транспортным средством. Тот же сценарий связан с производством парниковых газов. Он действителен для полной загрузки транспортных средств. Разница (энергия и парниковый газ) увеличивается между автомобильным и железнодорожным транспортом с уменьшением загруженности транспортных средств. Разница в бензиновом автомобиле на 90 % выше воздействия на окружающую среду и 70 % в дизельном автомобиле при 20 % заполнения.

Результаты этого моделирования не определяют, какая тяга экологичнее или безопаснее для окружающей среды Азербайджана. Это невозможно сделать, так как эффективность использования энергии и производство парниковых газов зависят не только от типа топлива, но и от загруженности. Необходимо загружать поезда достаточным количеством пассажиров (подходящий выбор поезда в зависимости от транспортного потока). Эффективность транспортных средств уменьшается с сокращением фактической загруженности автомобиля. Результаты показывают, что «незеленые транспортные средства» – могут быть очень эффективными в плане потребления энергии и производства парниковых газов в Азербайджане.

Иногда они могут быть более эффективными, чем общественный транспорт, но только при более высокой загруженности. Смысл этого результата в

том, что использование пропускной способности транспортного средства очень важно при оценке и сравнении разных видов транспорта или разных транспортных средств с точки зрения их воздействия на окружающую среду.

Использование мощностей зависит от спроса потенциальных пассажиров, транспортной инфраструктуры и предложения услуг общественного транспорта в городах Азербайджанской Республики. Нелегко сказать, какой вид транспорта или транспортное средство лучше использовать из-за многих факторов. Для того чтобы сделать перевозку товаров устойчивой, важно использовать большинство видов транспорта, которые с точки зрения энергопотребления и производства парниковых газов являются наиболее благоприятными для окружающей среды. Энергоемкость и выбросы парниковых газов на транспорте зависят от имеющейся транспортной инфраструктуры, выбора подходящих транспортных средств, количества и характера перевозимых грузов и тяги или используемого топлива.

Потребление первичной, а также вторичной энергии должно учитываться при оценке энергоемкости и производства парниковых газов. Важным фактором, который часто забывают, является то, что даже электрическая тяга может оказать значительное негативное воздействие на окружающую среду, если основные источники ее производства – ископаемые виды топлива.

### Список литературы

1. Зволеницкий П., Стучли В., Гренчик Дж., Попрощкий Р. Эволюция систем технического обслуживания пассажирских и грузовых вагонов с точки зрения сертификации ЕСМ // Связь: Научные письма Жилинского университета. 2014. Вып. 16, № 3А. С. 40–47.
2. Бартоломейчик М., Мирчевский С. Сокращение энергопотребления в общественном транспорте – результаты экспериментальной эксплуатации энергоблока суперконденсаторов энергии в троллейбусной системе Гдыня. 16-я Международная конференция и выставка силовой электроники и управления движением, Университет Гази, Силовое электронное управление двигателем, технология Bridge. 2014.
3. Бартоломейчик М., Полом М. Многофакторный анализ измерений восстановления энергии разрушения // Преобразование энергии и управление. 2016. Вып. 127. С. 35–42.
4. Кабан Дж., Дроздзей П., Барта Д., Лискак С. Системы контроля давления в шинах транспортных средств // Диагностика. Вып. 15. № 3. С. 11–14.
5. Давила А. Отчет о расходе топлива. Проект 233683 САРТРЕ, ЕЭК. 2013.
6. Долинаева А. Факторы и детерминанты модального расщепления в пассажирском транспорте // Горизонты железнодорожного транспорта. Научные труды. 2011. Вып. 2. № 1. С. 33–39.
7. Европейский стандарт EN 16 258: 2012. Методология расчета и декларации потребления энергии и выбросов парниковых газов транспортными услугами (грузовые и пассажирские перевозки). 2012.
8. Рагимов Э.А. Экологические особенности транспорта // Теоретическая и прикладная наука. 2019. 07 (75). С. 284–288. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.07.75.46>.
9. Калина К., Юркович М., Гробарчикова А. СПГ – большие возможности для внутреннего водного транспорта. Учеб. 19-го интерна // Научная конференция: Транспортные средства, 22–23 октября 2015, Каунасский технологический университет. С. 489–492.
10. Клинка М., Гренчик Дж. Транспортные средства с опрокидывающимся кузовом на словацких железных дорогах - возможности использования и параметры, которые следует учитывать // Связь: Научные письма из Университета Жилины. 2008. Вып. 10, № 3. С. 45–49.
11. Кнез М., Джереб Б., Обрехт М. Факторы, влияющие на решения о покупке автомобилей с низким уровнем выбросов: исследование Словении. Исследования в области транспорта, Часть D // Транспорт и окружающая среда. 2014. Вып. 30. С. 53–61.
12. Кнез М., Мьюнер Т., Джереб Б., Куллинан К. Оценка цикла вождения для Цэлье и сравнение с другими европейскими городами // Устойчивые города и общества. 2014. Вып. 1. С. 6–60.

13. Кучера Л., Гайдац И., Мрузек М. Моделирование параметров, влияющих на радиус действия электромобиля // Связь: Научные письма Университета Жилина. 2016. Вып. 8, № 1А. С. 9–63.
14. Скручаны Т., Гнап Дж. Энергоемкость и производство парниковых газов автомобильным и железнодорожным транспортом. Грузовые перевозки с использованием программного обеспечения для моделирования энергопотребления поезда. Телематика – поддержка транспорта: 14-я международная конференция по телематике транспортных систем, ТСТ, Берлин, 2014: Спрингер-Верлаг. С. 263–272.
15. Скручаны Т. Программное моделирование энергопотребления и производства парниковых газов на транспорте // Связь в области компьютерных и информационных наук. 2015. Вып. 531. С. 151–160.
16. Симкова И., Конечный В., Капуста Ю. Определение критериев грузовых автомобильных перевозок // Логи: Научный журнал по транспорту и логистике. 2015. № 1. С. 20–129.
17. Саркан Б., Холеса Л., Кабан Дж. Измерение расхода топлива дорожное транспортное средство путем тестирования вождения на открытом воздухе // Достижения в области науки и техники. Журнал исследований. 2013. Вып. 7. № 19. С. 70–74.
18. Рагимов Э.А. Перспективы автоматизированных автомобилей для снижения транспортной энергии // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2019. № 11. С. 11–16. DOI: <https://dx.doi.org/10.25791/pribor.11.2019.1001>.

### References

1. Zvolensky P., Stuchly V., Grecik J., Poprocky R. Evolyutsiya sistem tekhnicheskogo obsluzhivaniya passazhirskikh i gruzovykh vagonov s točki zreniya sertifikatsii ECM [Evolution of maintenance systems of passenger and freight wagons from the ECM certification point of view]. *Svyaz': Nauchnyye pis'ma Zhilinskogo universiteta [Communications: Scientific letters of the University of Zilina]*, 2014, Vol. 16, No. 3A, pp.40–47.
2. Bartłomiejczyk M., Mirchevski S. Sokrashcheniye energopotrebleniya v obshchestvennom transporte – rezul'taty eksperimental'noy ekspluatatsii energobloka superkondensatorov energii v trolleybusnoy sisteme Gdynya [Reducing of energy consumption in public transport - results of experimental exploitation of supercapacitor energy bank in Gdynia trolleybus system]. *16-ya Mezhdunarodnaya konferentsiya i vystavka silovoy elektroniki i upravleniya dvizheniyem, Universitet Gazi, Silovoye elektronnoye upravleniye dvigatelem, tekhnologiya Bridge [16th International Power Electronics and Motion Control Conference and Exposition (PEMC), Gazi Univ.; Power Elect Mot Control E W Technol Bridge]*, 2014.
3. Bartłomiejczyk M., Polom M. Mnogofaktornyy analiz izmereniy vosstanovleniya energii razrusheniya [Multiaspect measurement analysis of breaking energy recovery]. *Preobrazovaniye energii i upravleniye [Energy conversion and management]*, 2016, Vol. 127, pp. 35–42.
4. Caban J., Drozdziel P., Barta D., Liscak S. Sistemy kontrolya davleniya v shinakh transportnykh sredstv [Vehicle Tire Pressure Monitoring Systems]. *Diagnostika [Diagnostics]*, 2014, Vol. 15, No. 3, pp. 11–14.
5. Davila A. Otchet o raskhode topliva. Projekt 233683 SARTRE, ECE [Report on Fuel Consumption. Project 233683 SARTRE, ECE], 2013.
6. Dolinayova A. Faktory i determinanty modal'nogo rasshchepeniya v passazhirskom transporte [Factors and determinants of modal split in passenger transport]. *Gorizonty zheleznodorozhnogo transporta. Nauchnyye trudy [Horizons of railway transport. Scientific papers]*, 2011, Vol. 2, No. 1, pp. 33–39.
7. European standard EN 16 258:2012. (2012) Metodologiya rascheta i deklaratsii potrebleniya energii i vybrosov parnikovyykh gazov transportnymi uslugami (gruzovyie i passazhirskiye perevozki) [Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers)].
8. Rahimov E.A. Ekologicheskiye osobennosti transporta [Ecological features of transport ]. *Teoreticheskaya i prikladnaya nauka [ISJ Theoretical & Applied Science]*, 2019, Vol. 07(75), pp. 284–288. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.07.75.46>.
9. Kalina K., Jurkovic M., Grobarcikova A. SPG – bol'shiye vozmozhnosti dlya vnutrennego vodnogo transporta. Ucheb. 19-go interna [LNG – Great Opportunity for the Inland Water Transport. Proc. of the 19th intern]. *Nauchnaya konferentsiya: Transportnyye sredstva, 22–23 oktyabrya 2015, Kaunasskiy tekhnologicheskii universitet [Scientific conference: Transport Means, October 22–23, Kaunas University of Technology]*, 2015, pp. 489–492.
10. Klinko M., Grecik J. Transportnyye sredstva s oprokidyvayushchimsya kuzovom na slovatskikh zheleznykh dorogakh - vozmozhnosti ispol'zovaniya i parametry, kotoryye sleduyet uchityvat' [Tilting body vehicles on Slovak railways - potential for use and parameters to be considered]. *Svyaz': Nauchnyye pis'ma iz Universiteta Zhiliny [Communications: Scientific letters of the University of Zilina]*, 2008, Vol. 10, No. 3, pp. 45–49.
11. Knez M., Jereb B., Obrecht M. Faktory, vliyayushchiye na resheniya o pokupke avtomobiley s nizkim urovnem vybrosov: issledovaniye Slovenii. Issledovaniya v oblasti transporta, Chast' D [Factors Influencing the Purchasing Decisions of Low Emission Cars: A Study of Slovenia. Transportation Research, Part D]. *Transport i okruzhayushchaya sreda [Transport and Environment]*, 2014, Vol. 30, pp. 53–61.
12. Knez M., Muneer T., Jereb B., Cullinane K. Otsenka tsikla vozhdeniya dlya Tsel'ye i sravneniye s drugimi yevropeyskimi gorodami [The Estimation of a Driving Cycle for Celje and a Comparison to other European Cities ]. *Ustoychivye goroda i obshchestva [Sustainable Cities and Society]*, 2014, Vol. 11, pp. 56–60.
13. Kucera L., Gajdac I., Mruzek M. Modelirovaniye parametrov, vliyayushchikh na radius deystviya elektromobilya [Simulation of Parameters Influencing the Electric Vehicle Range]. *Svyaz': Nauchnyye pis'ma Universiteta Zhilina [Communications: Scientific Letters of the University of Zilina]*, 2016, Vol. 18, No. 1A, pp. 59–63.
14. Skrucany T., Gnap J. Energoyemkost' i proizvodstvo parnikovyykh gazov avtomobil'nyim i zheleznodorozhnym transportom. Gruzovyie perevozki s ispol'zovaniyem programmnogo obespecheniya dlya modelirovaniya energopotrebleniya

poyezda [Energy intensity and greenhouse gases production of the road and rail Cargo transport using a software in simulate the energy consumption of a train]. *Telematika – podderzhka transporta: 14-ya mezhdunarodnaya konferentsiya po telematike transportnykh sistem, TST [Telematics - support of transport. 14th international conference on Transport systems telematics, TST]*. Berlin: SPRINGER-VERLAG, 2014, pp. 263–272.

15. Skrucany T. Programmnoye modelirovaniye energopotrebleniya i proizvodstva parnikovykh gazov na transporte [Software Simulation of an Energy Consumption and GHG production in Transport]. *Svyaz' v oblasti komp'yuternykh i informatsionnykh nauk [Communications in Computer and Information Science]*, 2015, Vol. 531, pp. 151–160.

16. Simkova I., Konecny V., Kapusta J. Opredeleniye kriteriyev gruzovykh avtomobil'nykh perevozok [The definition of the freight road transport criteria]. *Logi: Nauchnyy zhurnal po transportu i logistike [Logi: Scientific Journal on Transport and Logistics]*, 2015, Vol. 6, No. 1, pp. 120–129.

17. Sarkan B., Holesa L., Caban J. Izmereniye raskhoda topliva dorozhnoye transportnoye sredstvo putem testirovaniya vozhdeniya na otkrytom vozdukh [Measurement of fuel consumption of road motor vehicle by outdoor driving testing]. *Dostizheniya v oblasti nauki i tekhniki. Zhurnal issledovaniy [Advances in science and technology. Journal Research]*, 2013, Vol. 7, No. 19, pp. 70–74.

18. Rahimov E.A. Perspektivy avtomatizirovannykh avtomobiley dlya snizheniya transportnoy energii [Prospects for automated cars to decrease transportation energy]. *Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika [Instruments and Systems. Monitoring, Control, and Diagnostics]*, 2019, No. 11, pp. 11–16. DOI: <https://dx.doi.org/10.25791/pribor.11.2019.1001>.

#### Информация об авторах

**Рагимов Эльмар Агагагим оглы** – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник Института Географии им. акад. Г. Алиева Национальной академии наук Азербайджана, Баку, Азербайджан, e-mail: [elmar\\_rahimov@yahoo.com](mailto:elmar_rahimov@yahoo.com)

#### Information about the authors

**Elmar A. Rahimov** – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Institute of Geography named after acad. H. Aliyev, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan, e-mail: [elmar\\_rahimov@yahoo.com](mailto:elmar_rahimov@yahoo.com)