

ВЛИЯНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ АВТОМОБИЛЯ НА ЭКОЛОГИЮ

Кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник **Рагимов Э.А.**
(Института Географии имени акад. Г. Алиева, Национальная Академия Наук Азербайджана)

THE EFFECT OF CAR DRIVING RESISTANCES ON THE ECOLOGY

Ph. D. (Tech.), Leading Scientific Researcher **Ragimov E.A.**
(Institute of Geography named after academician G. Aliyev
National Academy of Sciences of Azerbaijan)

Автомобильный транспорт, окружающая среда, сопротивление движению, выбросы, расход топлива, загрязнение.

Automobile transport, environment, driving resistance, emissions, fuel consumption, pollution.

Автомобильный транспорт - крупнейший производитель углекислого газа, который в наибольшей степени вызывает парниковый эффект. Количество потребляемого топлива влияет на окружающую среду, состояние здоровья населения, а также на финансовые затраты, связанные с эксплуатацией транспортных средств. Статья посвящена проблемам сопротивления движению, влияющим на транспортное средство. Каждый автомобиль ломает сопротивление движению во время езды. Эти сопротивления представляют собой сопротивление воздуха, сопротивление ускорению, сопротивление качению и сопротивление градиенту. Двигатель должен выполнять определенную работу, чтобы противодействовать сопротивлению движения. Увеличение значения некоторых сопротивлений приводит к увеличению работы, необходимой для их разрушения. Для такой работы необходимо израсходовать определенное количество топлива, а результат виден в виде вредных выбросов. В статье описывается механизм формирования особых сопротивлений движению и факторы, влияющие на них.

Road transport is the largest producer of carbon dioxide and the most greenhouse gas. The amount of fuel consumed affects the environment, the health of the population, as well as the financial costs associated with the operation of vehicles. The article is devoted to the problems of resistance to movement affecting the vehicle. Every car breaks down resistance to movement while driving. These resistances are air resistance, acceleration resistance, rolling resistance, and gradient resistance. The engine has to do some work to counteract the resistance to motion. An increase in the value of some resistances leads to an increase in the work required to destroy them. For such work, it is necessary to consume a certain amount of fuel, and the result is visible in the form of harmful emissions. The article describes the mechanism of formation of special resistances to movement and the factors influencing them.

Введение

Таблица 1.

Автотранспортные средства считаются одним из основных загрязнителей окружающей среды из-за образования твердых отходов, возможного разлива углеводородов и последующего загрязнения грунтовых и поверхностных вод, но в основном из-за образования парниковых газов и других выбросов от выхлопных газов [1]. Фактически, они содержат непреднамеренные соединения азота с кислородом - оксиды азота NO_x , несгоревшие углеводороды [2]. Они также содержат результаты неполного сгорания углерода, оксида углерода CO , а также парникового газа CO_2 [3]. Благодаря использованию катализаторов и оптимизации приготовления рабочей смеси и процесса горения современные автомобили выбрасывают эти газы в воздух значительно меньше, чем в прошлом [4].

Сравнение лимитов выбросов

Сравнение предельных значений выбросов в выхлопных газах современных транспортных средств представлено в таблицах 1, 2, 3 и 4.

Краткое изложение пределов отдельных норм выбросов ЕВРО для транспортных средств категории М1, оснащенных двигателями с принудительным зажиганием

Год применения	Стандарт ЕВРО	CO [г/км]	NO _x [г/км]	HC+NO _x [г/км]	HC [г/км]	Частицы [г/км]
1992 г.	1	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
1996 г.	2	2.2	-	0.5	-	-
2000 г.	3	2.3	0.15	-	0.2	-
2005 г.	4	1.0	0.08	-	0.1	-
2009 г.	5	1.0	0.06	-	0.1	0.005
2014 г.	6	1.0	0.06	-	0.1	0.005
Доля стоимости от 1992 г.		0.368	0.165			

Таблица 2.

Краткое изложение пределов конкретных норм выбросов ЕВРО для транспортных средств категории М1, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия

Год применения	Стандарт ЕВРО	СО [г/км]	NO _x [г/км]	НС + NO _x [г/км]	НС [г/км]	Частицы [г/км]
1992 г.	1	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
1996 г.	2	1.0	-	0.7	-	0.08
2000 г.	3	0.64	0.5	0.56	-	0.05
2005 г.	4	0.5	0.25	0.3	-	0.025
2009 г.	5	0.5	0.18	0.23	-	0.005
2014 г.	6	0.5	0.08	0.17	-	0.005
Доля стоимости от 1992 г.		0.184	0.258		0.036	

Таблица 3.

Краткое изложение пределов отдельных норм выбросов ЕВРО для транспортных средств категорий М и N, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия

Год применения	Стандарт ЕВРО	СО [г/кВтч]	NO _x [г/кВтч]	НС [г/кВтч]	Частицы [г/кВтч]
1990 г.	0	11.2	14.4	2.4	-
1992 г.	I	4.9	9	1.23	0.36
1996 г.	II	4.0	7	1.1	0.15
2000 г.	III	2.1	5	0.66	0.13
2005 г.	IV	1.5	3.5	0.46	0.02
2009 г.	V	1.5	2	0.46	0.02
2014 г.	VI	1.5	0.4	0.13	0.01
Доля стоимости от 1992 г.		0.134	0.028	0.106	0.028

Из таблиц видно уменьшение допустимого содержания газов в выхлопных газах. Они не показывают газ, ответственный за парниковый эффект, т.е. за двуокись углерода CO₂. Производство и потребление 1 литра дизельного топлива создает нагрузку на окружающую среду в размере 3 251 грамм CO₂, а 1 литр бензина – 2 993 грамма CO₂ [5].

На транспортные средства также оказывается постоянное давление, чтобы они потребляли меньше топлива и, таким образом, производили меньше парникового газа CO₂. Изменения в приготовлении рабочей смеси привели к увеличению К.П.Д. двигателей внутреннего сгорания и, как следствие, снижению расхода топлива. Если грузовик «Авиа А30» 1970-х годов имел удельный расход топлива 245 г/кВтч, то его современная версия «Авиа А75EL», выпущенная на рубеже веков, имела удельный расход топлива 225 г/кВтч, а грузовик «Мерседес Бенц АТЕГО 815» с начала века уже достиг удельного расхода топлива 183 г/кВтч. По этим данным можно определить эффективность использования тепловой энергии из топлива. Расчет проводился для теплотворной способности дизельного топлива 41840 кДж/кг и его удельной массы $\rho = 0,84 \text{ кг/дм}^3$. Предполагая, что для преодоления сопротивления дви-

жению требуется постоянная мощность в 30 кВт и что автомобиль движется со скоростью 60 км/ч, можно сравнить расход топлива для транспортных средств на 100 км, а также количество выделяемого CO₂ [6]. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Влияние К.П.Д. двигателя на расход топлива и производство CO₂ при постоянной мощности двигателя 30 кВт

Транспортное средство	Конкретное потребление топлива, г/кВтч	Использование топливной энергии, %	Расход топлива, л/100 км	Кол-во CO ₂ , кг
Авиа А 30	245	35.1	14.58	47.41
Авиа А 75 EL	225	38.2	13.93	45.29
Мерседес Бенц АТЕГО 815	183	47.0	10.89	35.40

Согласно данным таблиц 1, 2, 3 и 4 образование вредных выбросов выхлопными газами дорожных транспортных средств значительно сократилось. Такое сокращение было достигнуто не только ужесточением законодательства, но и благодаря техническому прогрессу, который повысил эффективность двигателей внутреннего сгорания [7]. Однако уменьшение сопротивления движению также может способствовать снижению выбросов [8]. Поэтому в следующей части статьи мы уделим внимание влиянию сопротивления движению на расход топлива транспортных средств.

Сопротивление движению

Во время работы двигателя транспортное средство должно преодолевать сопротивление, затрудняющее его движение. Это сопротивление представляют собой **сопротивление воздуха** и **сопротивление качению**, которые всегда действуют против направления движения транспортного средства.

Градиентное сопротивление изменяет направление своего действия в зависимости от того, движется ли транспортное средство в гору, и, таким образом, увеличивает свою потенциальную энергию, или оно движется под гору.

Инерционное сопротивление пытается поддерживать состояние движения транспортного средства. Если автомобиль ускоряется, оно не дает ему увеличить скорость, если транспортное средство замедляется, оно меняет свое действие и пытается поддерживать скорость движения транспортного средства [9].

Сопротивление воздуха

Во время движения всегда действует сила сопротивления воздуха (аэродинамическое сопротивление). Для определения интенсивности сопротивления используется следующее уравнение:

$$O_v = \frac{\rho \cdot c_x \cdot v^2 \cdot S}{2},$$

O_v - сила аэродинамического сопротивления [N].

ρ - удельная масса воздуха (плотность воздуха) [кг/м³]. Она меняется в зависимости от давления и температуры [10]. При температуре 0°С и давлении 1013,25 гПа удельная масса воздуха составляет

1,29 кг/м³ [11]. При увеличении давления до 1020 гПа и температуры до 15° С удельная масса воздуха составляет 1,231 кг/м³.

Если остальные параметры не изменятся, сопротивление воздуха снизится на 4,6%. Изменение высоты на 1219 м отразится в виде снижения сопротивления воздуха на 17%. Сводка влияния изменения температуры воздуха при стабильном давлении на расход топлива грузового автомобиля приведена в таблице 5.

Таблица 5.

Влияние температуры воздуха на расход топлива грузового автомобиля

Температура воздуха [0° С]	-20	-5	+5	+20	+35
Удельная масса воздуха ρ [кг/м ³]	1.392	1.314	1.267	1.202	1.143
Сила аэродинамического сопротивления [N]	2715.4	2563.3	2471.6	2344.8	2229.7
Расход на преодоление сопротивления воздуха [л/100 км]	18.96	17.90	17.26	16.37	15.57
CO ₂ произведено [кг]	61.63	58.18	56.10	53.22	50.60

Из таблицы видно, что при изменении температуры от -20° С до +35° С расход топлива на преодоление дистанции 100 км уменьшится на 3,39 л, а количество выделяемого CO₂ уменьшится на 11,03 кг.

c_x - коэффициент аэродинамического сопротивления. Это безразмерная величина, которая зависит от формы и длины транспортного средства - тела, которое пытается проникнуть сквозь воздух. Даже небольшое изменение формы и размера может сильно повлиять на изменение сопротивления воздуха транспортного средства или комбинации транспортных средств, определив влияние модификаций на общий коэффициент сопротивления воздуха автомобиля. Воздействие его изменения можно преобразовать в потребление транспортных средств и производство парниковых газов CO₂.

Производитель грузовиков «МАН» изготовил экспериментальную комбинацию автомобилей с коэффициентом сопротивления воздуха $c_x = 0,35$. Сводная информация представлена в таблице 6.

Таблица 6.

Влияние коэффициента сопротивления воздуха на расход топлива грузовика V = 90 км/ч; S = 9,18 м²; m_{pe} = 190 г/кВтч; ρ_{fuel} = 0,84 кг/м³; ρ_{air} = 1,29 кг/м³; η_p = 90%

Коэффициент аэродинамического сопротивления, c_x	0.863	0.673	0.657	0.568	0.35
Сила аэродинамического сопротивления [N]	3193.7	2490.6	2431.4	2102.0	1295.2
Расход на преодоление сопротивления воздуха [л/100 км]	22.30	17.39	16.97	14.67	9.04
CO ₂ произведено [кг]	72.48	56.53	55.18	47.71	29.40

v – скорость воздуха относительно транспортного средства [м/с]. Величина возводится в квадрат для определения интенсивности сопротивления воздуха. Следовательно, это самая важная часть, влияющая на сопротивление воздуха. В таблице 7 представлена информация об изменении силы сопротивления воздуха в зависимости от скорости.

Таблица 7.

Влияние скорости движения на сопротивление воздуха и расход топлива грузовика

Скорость автомобиля [км/ч]	90	80	70	60	50
Сила аэродинамического сопротивления [N]	2516.5	1988.3	1522.3	118.4	776.7
Расход на преодоление сопротивления воздуха [л/100 км]	17.57	13.88	10.63	7.81	5.42
CO ₂ произведено [кг]	57.11	45.13	34.55	25.68	17.63

S - площадь фронтальной проекции автомобиля [м²]. Как видно из таблиц 5, 6 и 7, сопротивление воздуха является параметром, который может значительно повлиять на расход топлива транспортным средством и, следовательно, оказать влияние на окружающую среду.

Немаловажным параметром является также влияние на экономику бизнеса, поскольку автомобили дальнего следования преодолевают до 100 раз расстояния, указанные в таблицах 5–7.

Сопротивление качению

Сопротивление качению – еще одно сопротивление, которое препятствует движению автомобиля. Его интенсивность можно определить по следующему уравнению:

$$O_f = m \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha,$$

m - масса автомобиля, кг. Этот параметр существенно влияет на расход топлива. Любая ненужная масса влияет на расход.

В таблице 8 показан расход топлива на преодоление сопротивления качению и воздействие на окружающую среду.

Таблица 8.

Влияние массы на сопротивление качению и расход топлива грузовика

Масса автомобиля [кг]	1000	5000	15000	25000	40000
Сила аэродинамического сопротивления [N]	62.7	313.9	941.8	1569.6	2511.4
Расход на преодоление сопротивления качению [л/100 км]	0.44	2.19	5.92	9.86	15.78
CO ₂ произведено [кг]	1.43	7.13	20.83	32.06	51.29

Из таблицы 8 видно, что каждая добавленная тонна массы приводит к увеличению расхода топлива на 0,44 л на 100 км. Необходимо отметить, что такое

увеличение относится только к стабильному вождению по ровной поверхности, но в случае ежемесячных разнородных ходовых условий транспортного средства происходит увеличение затрат на топливо до 44 евро. Увеличение расхода топлива будет значительно выше, если учесть энергию, необходимую для преодоления градиентного и инерционного сопротивления. Другая важная информация из таблицы 8 заключается в том, что сопротивление воздуху и качению сопоставимы по величине при массе 40 т и скорости 90 км/ч.

g - ускорение свободного падения. Для нашей ширины принято $g = 9.81 \text{ м/с}^2$.

f - коэффициент сопротивления качению. Этот параметр зависит от нескольких факторов. Он меняется в зависимости от скорости движения, качества дорожного покрытия, типа шины и ее внутреннего давления [11]. Согласно Директиве ЕС шины должны иметь маркировку, содержащую информацию об их энергоёмкости с точки зрения их коэффициента сопротивления качению [12]. В таблице 9 показано изменение сопротивления качению вместе с расходом топлива и количеством выделяемого диоксида углерода.

Таблица 9.

Влияние изменения коэффициента сопротивления качению на расход топлива автомобилей

Категория шин согласно Директиве ЕС	A	B	C	D	E
Коэффициент сопротивления качению, f	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008
Сила аэродинамического сопротивления [N]	1569.6	1962.0	2354.4	2746.8	3139.2
Расход на преодоление сопротивления воздуха [л/100 км]	9.86	12.33	14.79	17.26	19.72
CO ₂ произведено [кг]	32.1	40.1	48.1	56.1	64.1

Как следует из таблицы 9, разница в расходе топлива на преодоление сопротивления качению при использовании шин А и Е составляет до 9,86 л топлива на 100 км движения по ровной поверхности со стабильной скоростью 90 км / ч и с комбинацией 40 т транспортных средств. Разница в потреблении отразится не только на увеличении производства парниковых газов, но и на прямых эксплуатационных расходах. Это разница в 21 692 евро за срок службы шины, когда стоимость топлива составляет 1,1 евро/л, а удельный срок службы шины составляет 200 тыс. км.

Градиентное сопротивление

Градиентное сопротивление действует в том случае, если плоскость бега не горизонтальна, а имеет определенный наклон.

При этом сила тяжести автомобиля делится на две части: первая перпендикулярна плоскости движения и обеспечивает давление транспортного средства на место движения, вторая параллельна плоскости движения. Если автомобиль движется в гору, он действует против направления движения автомобиля. Если автомобиль движется под уклон, он пытается разогнать автомобиль. По этой причине тормозной путь автомобиля на спуске

больше. Интенсивность градиентного сопротивления можно определить как:

$$O_s = m \cdot g \cdot \sin \alpha,$$

m - масса автомобиля [кг],

g - ускорение свободного падения [$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$],

α - наклон бегущей плоскости.

В таблице 10 представлена информация о влиянии наклона движущейся плоскости на расход топлива. Расчет был сделан для уклона 10 км, поскольку на практике большие расстояния редки.

Таблица 10.

Влияние охлаждения салона системой кондиционирования и открытого окна на расход топлива

Наклон плоскости движения [%]	1	2	3	4	5
Градиентное сопротивление [N]	3924.0	7848.0	11772.0	15696.0	19620.0
Расход на преодоление сопротивления на уклоне [л/10 км]	2.74	5.48	8.22	10.95	13.69
CO ₂ произведено [кг]	8.9	17.8	26.7	35.6	44.5

Расходы, указанные в таблице, необходимо добавить к расходу топлива для преодоления сопротивления воздуха и сопротивления качению. Видно, что наклон движущейся плоскости даже на 1% приводит к увеличению расхода топлива на 2,74 л на 10 км. Такой наклон бегущей плоскости не может быть замечен человеческим сенсорным восприятием. Конечно, может быть также предположение, что на основе преодоления определенного градиента транспортное средство может достичь соответствующей потенциальной энергии, которая будет возвращаться при движении под уклон, и поэтому потребление не нужно принимать во внимание.

Предложение реально, но лишь частично. Достижение потенциальной энергии осуществляется механическими передачами и через них энергия возвращается обратно, поэтому потери в передачах уменьшат энергию вдвое. Необходимо учитывать, что получение энергии происходит только тогда, когда транспортное средство движется по ровной поверхности. Что касается движения с большим уклоном, дорога обычно сопровождается поворотами, на которых происходит потеря энергии в тормозах при замедлении перед поворотами, в замедлителях для поддержания скорости движения, а также из-за разложения центробежных сил.

Инерционное сопротивление

Каждое движущееся тело достигает определенной кинетической энергии, соответствующей скорости автомобиля. При движении автомобилей необходимо добавить энергию, накопленную во вращающихся частях двигателя, коробки передач и колес, к кинетической энергии линейного движения кузова.

Изменение сопротивления инерции для конкретных передач и его интенсивность можно определить с помощью следующего уравнения:

$$O_a = m \cdot a \cdot \delta,$$

m - масса автомобиля [кг],

a - ускорение транспортного средства [$m \cdot s^{-2}$],

δ - коэффициент воздействия вращающихся масс.

Это значение меняется в зависимости от используемой передачи. Для расчета, как и раньше, была выбрана комбинация автомобилей. Коэффициент варьируется от 1,956 на низшей передаче до 1,022 на высшей передаче, используемой при массе одного транспортного средства 120 кг. Для упрощения считается, что для достижения необходимой скорости водитель будет использовать каждую передачу в течение одинакового промежутка времени. Исходя из этого, можно определить средний коэффициент как $\delta = 1,239$. В таблице 11 показан расход топлива на достижение выбранной скорости для автопоезда грузоподъемностью 40 т за один пуск.

Таблица 11.

Инерционное сопротивление и расход топлива

Разгон от 0 до конечной скорости [км/ч]	50	60	70	80	90
Расход для достижения скорости [литры]	0.33	0.48	0.65	0.85	1.08
CO ₂ произведено [кг]	1.1	1.6	2.1	2.8	3.5

Расход в таблице указан для одного запуска автопоезда для достижения необходимой скорости. Если автомобиль вынужден неоднократно останавливаться из-за условий эксплуатации, повышенный расход также повторяется.

Кондиционирование воздуха

В жаркое время года температура поднимается до чрезмерно высоких значений. Высокая температура в кабине, в которой водители вынуждены работать, быстро утомляет и ухудшает их внимание и способность реагировать. Все это негативно сказывается на безопасности на дорогах и увеличивает риск дорожно-транспортных происшествий. Таким образом, кондиционирование кабины водителя - неотъемлемая часть современных автомобилей. Входная мощность, необходимая для приведения в действие кондиционера, обеспечивается двигателем транспортного средства. Если требуется входная мощность кондиционера 2,5 кВт, расчетный часовой расход топлива для кондиционирования кабины составляет 0,63 л при К.П.Д. двигателя 90%. Это предположение подтверждается измерениями на легковом автомобиле.

Чтобы исключить влияние других сопротивлений движению, измерения проводились на том же участке дороги и в тех же климатических условиях. Он был проверен для движения по автомагистрали и главной дороге.

Измерения проводились при включенном кондиционере, а затем при открытом окне автомобиля «СузукиSX4» при температуре 33° С. Если во время измерения транспортное средство двигалось медленно, измерение аннулировалось, а затем проводилось снова. Результаты представлены в таблице 12.

Влияние кондиционера на расход топлива

Вид измерения	Автомагистраль			Главная дорога
	110 км/ч	120 км/ч	130 км/ч	
Открытое окно [л • 100 км]	5.6	6.1	7.3	5.1
Закрытое окно с выключенным кондиционером [л • 100 км]	5.5	6.0	7.1	5.1
Закрытое окно с включенным кондиционером [л • 100 км]	6.1	6.5	7.6	6.0

Таблица 12 показывает, что почасовое потребление кондиционера увеличилось после движения по главной дороге, по сравнению с движением по автомагистрали. Это можно объяснить тем, что автомобиль двигался с меньшей скоростью, а требуемая мощность двигателя была меньше во время движения по основной дороге. Поскольку входная мощность системы кондиционирования воздуха может считаться постоянной, доля входной мощности, необходимая для приведения в действие кондиционера, была выше.

Выводы

Как указано выше, очевидно, что сопротивление движению влияет на расход топлива транспортного средства. Точный выбор маршрута и техника вождения водителями могут существенно повлиять на расход топлива. Это также напрямую связано не только с транспортными расходами, но и с производством парниковых газов и, следовательно, влияет на глобальное потепление. Транспорт даже отрицательно влияет на окружающую среду, выделяя другие вредные вещества, такие как твердые частицы в выхлопных газах, завихренные пыли, образование шума, образование твердых биологических разлагаемых отходов и пятен от нефтепродуктов.

Литература

1. Шаркан Б., Стопка О., Гнап Дж., Кабан Дж. Исследование выбросов выхлопных газов автомобилей с искровым зажиганием в рамках контроля выбросов // Инженерные процедуры. – 2017. - №187. - С.775-782.
2. Келлер А., Алиуков С. () Анализ возможных способов распределения мощности в полноприводном автомобиле. Всемирный инженерный конгресс, Лондон, Англия, 2015. - С.1154-1158.
3. Дуэз Б. На пути к существенному снижению расхода топлива на грузовом транспорте за счет разработки инновационной концепции шин для грузовых автомобилей с низким сопротивлением качению. 6-я Транспортная исследовательская арена, Варшава, Польша, 2016. - С. 1051-1060.
4. Рагимов Э.А. Исследование водородных автомобилей на транспорте // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2020. -№ 9. - С.18-23. DOI: <https://dx.doi.org/10.25791/pribor.09.2020.1205>.

5. Кучар П., Галенар М., Линдак С., Яношова М., Краличек М. Предложение методики измерения выбросов дизельных двигателей модифицированным методом свободного разгона. Труды Международной конференции студентов-докторов наук, Брно, Чешская Республика, 2016. - С.864-870.
6. Одхамс А., Ройбак Р., Ли Й., Хант С., Чебон Д. Факторы, влияющие на потребление энергии автомобильным грузовым транспортом. Материалы Института инженеров-механиков, Часть С // Журнал науки о машиностроении. – 2018. - №224 (9). - С.61-65.
7. Рагимов Э. А. Экологические проблемы транспортных средств. Транспорт: наука, техника, управление, ВИНТИ РАН. – 2020. - № 5. - С.57-61. DOI: <https://dx.doi.org/10.36535/0236-1914-2020-05-11>.
8. Скрукани Т., Гнап Дж. Энергоемкость и производство парниковых газов автомобильным и железнодорожным грузовым транспортом с использованием программного обеспечения для моделирования энергопотребления поезда. Телематика - поддержка транспортных коммуникаций в компьютерных и информационных науках, 2014. -С.263-272.
9. Риевай В., Сынак Ф. Производит ли электромобиль вредные выбросы? // Научный журнал Силезского технологического университета, Серия Транспорт. – 2017. - №94. - С.187-197.
10. Храстина Дж., Яношко И., Полонец Т. Система мониторинга рабочих параметров транспортных средств. Тенденции в сельскохозяйственном машиностроении, 2013. - С.267-272.
11. Мориарти П., Ван С. Дж. Показатели экологической эффективности городского транспорта. // Журнал устойчивого развития энергетики, водоснабжения и водного хозяйства, Системы окружающей среды. - 2016. - №3 (2). - С.183-195.
12. Штайнхильбер С., Уэлс П., Тханкаппан С. Социально-техническая инерция: понимание барьеров для электромобилей. //Энергетическая политика. – 2018. - №60. - С.531-539.

Сведения об авторе

Рагимов Эльмар Агарагимоглы, кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник Института Географии имени акад. Г. Алиева, Национальная Академия Наук Азербайджана,
AZ1143, пр. Г. Джавида, 115, г. Баку, Азербайджан.
M-mail: elmar_rahimov@yahoo.com.