

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ МАСОВИХ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН З ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ ТА ВИТРАТИ ПАЛИВА АВТОМОБІЛЯ З ДИЗЕЛЕМ НА МАТЕМАТИЧНІЙ МОДЕЛІ

Павловський М.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, maks.pavlovskiy@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0933-7326

RESULTS OF THE CALCULATION OF MASS EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES WITH EXHAUST GAS AND THE FUEL CONSUMPTION OF A DIESEL VEHICLE WITH THE USE OF A MATHEMATICAL MODEL

Pavlovskiy M., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, maks.pavlovskiy@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0933-7326

Постановка завдання. Основними показниками для оцінювання викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами (ВГ) автомобіля з дизелем відповідно до діючого вітчизняного та міжнародних стандартів (Правила №83, 40, 47, 101 ЄЕК ООН), є масові викиди (г/км) оксиду вуглецю CO , оксидів азоту NO_x , суми оксидів азоту та вуглеводнів $C_mH_n + NO_x$ та частинок.

Викиди шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованими газами, як правило, визначають експериментально на моделюючому роликівому стенді за методикою Правил №83 ЄЕК ООН. Таку інформацію можна також отримати розрахунково-експериментальним методом, розробленим на кафедрі «Двигуни та теплотехніка» Національного транспортного університету [1].

Мета статті – на основі отриманих коефіцієнтів поліноміальних залежностей витрати палива, повітря та концентрацій ШР у відпрацьованих газах двигуна для штатного та сумішевих палив розрахувати масові викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами та витрати палива при русі автомобіля за Європейським міським та заміським їздовими циклами (відповідно до Правил №83 ЄЕК ООН) за допомогою математичної моделі.

Виклад основного матеріалу. Користуючись розрахунково-експериментальним методом визначення масових викидів шкідливих речовин з ВГ в режимах їздових циклів експериментально на гальмівному стенді визначались енергетичні, паливо-економічні та екологічні показники роботи двигуна. Отриманні результати дослідження двигуна на гальмівному стенді при живленні штатним дизельним та сумішевими біодизельними паливами описані емпіричними поліноміальними залежностями A_i параметра від крутного моменту M_k та частоти обертання колінчастого валу двигуна n_d .

При обробці характеристик $A_i = f(M_k, n_d)$ отриманих при проведенні моторних випробувань дизеля VAG ASV 1.9Tdi на гальмівному стенді, концентрації шкідливих речовин A_i визначали безпосередньо у відпрацьованих газах двигуна. Метод безпосереднього аналізу відпрацьованих газів C_i (CO , C_mH_n , NO_x , N) є менш об'єктивним при оцінюванні токсичності двигуна автомобіля, ніж в розбавлених повітрях ВГ (передбачений Правилами №83 ЄЕК ООН), а норми викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами для кожного із методів різні [2], тобто їх не можна порівнювати. Несумірність масових викидів шкідливих речовин із ВГ дизеля, отриманих при визначенні концентрацій шкідливих речовин $C_i = f(M_k, n_d)$ в розбавлених та нерозбавлених відпрацьованих газах викликано: більш високою похибкою вимірювання концентрацій шкідливих речовин через меншу точність приладів при визначенні показників токсичності в нерозбавлених відпрацьованих газах, а при визначенні вуглеводнів $C_{C_mH_n}$ ще й різною методикою їх вимірювання (інфрачервоним або полум'яно-іонізаційним). Тому, розрахунковий метод оцінювання на математичній моделі параметрів за задалегідь визначеними їздовими циклами, які як найширше характеризують його режими руху в умовах експлуатації, дає змогу кількісно оцінити паливно-економічні та лише якісно – екологічні показники автомобіля, через несумірність методик їх визначення та норм викидів.

На проміжному етапі до остаточного введення Правил №83 ЄЕК ООН випробування автомобілів, проводили як за методом відбору проб, передбачених Правилами №15 ЄЕК ООН (відбір та аналіз нерозбавлених ВГ), так і за методикою Правил №83 (відбір та аналіз розбавлених ВГ), причому норми викидів оксиду вуглецю CO в середньому встановлювали на 20% більше, а сума вуглеводнів C_mH_n та оксидів азоту NO_x на 30% менше при визначенні їх в нерозбавлених, ніж в розбавлених ВГ.

Масові викиди ШР з відпрацьованими газами в перехідних режимах базуються на методиці миттєвого визначення частоти обертання колінчатого валу n_d , крутного моменту M_k , витрати палива G_n та повітря $G_{пов}$, які, як показали дослідження [3], близькі до відповідних показників, що описуються квазістатичними характеристиками.

Миттєві значення частоти обертання колінчатого валу n_d , крутного моменту M_k в перехідних процесах визначають за системою диференціальних рівнянь тягового балансу колісних транспортних засобів, алгебраїчних рівнянь, що описують паливний насос високого тиску та інше [4].

Розрахунок масових викидів ШР виконаний за методикою запропонованою в роботі [5].

В табл. 1 наведено результати розрахунку [6,7] на математичній моделі витрати палива в міському та заміському циклах (г/цикл, г/км, МДж/цикл, МДж/км). З результатів розрахунку видно, що витрата трикомпонентного сумішевого палива збільшується на величину дещо меншу, ніж зменшується теплота його згорання. Це пов'язано із більш високим ефективним коефіцієнтом корисної дії двигуна η_e при живленні трикомпонентним біодизельним паливом.

Масові викиди ШР з відпрацьованими газами двигуна при імітації руху автомобіля в режимах їздових циклів за роботи на штатному та трикомпонентному біодизельному паливі наведені в табл. 2.

Проаналізувавши результати розрахунку витрати палива при русі автомобіля Škoda Octavia 1.9Tdi обладнаного двигуном VAG ASV 1.9Tdi за роботи на штатному паливі встановлено, що витрата палива отримана в результаті розрахунку на математичній моделі практично співпадають із заводськими даними Škoda Auto a.s. (табл. 1).

Таблиця 1 – Витрата палива при імітації руху автомобіля Škoda Octavia 1.9Tdi за їздовими циклами

Table 1 – Fuel consumption when simulating the movement of the Škoda Octavia 1.9Tdi car by driving cycles

Паливо	Витрата палива					
	$G_{пал}$, г/цикл			$G_{пал}$, г/км		
	Міський цикл	Заміський цикл	Змішаний Цикл	Міський цикл	Заміський цикл	Змішаний цикл
Штатне ДП*	59,61	243,24	481,68	58,85	34,97	43,76
ДП + 10 % МЕРО**	59,80	244,59	483,76	59,03	35,17	43,95
ДП + 20 % МЕРО**	60,01	245,61	485,65	59,24	35,32	44,12
Норми заводу виробника	55,49	236,68	458,64	54,78	34,03	41,67
Різниця	6,9 %	2,8 %	4,8 %	6,9 %	2,8 %	4,8 %

*ДП – дизельне паливо

**МЕРО – метиловий ефір ріпакової олії

Витрата палива $G_n = f(M_k, n_d)$ розрахована на математичній моделі, що відтворює рух автомобіля в умовах міського руху за Європейським їздовим циклом на штатному паливі, становить $G_n = 58,85$ г/км, а фактична витрата палива на 1 км в міському циклі за даними заводу-виробника – $G_{пов} = 54,78$ г/км, що свідчить про адекватність поліноміальної залежності, яка описує $G_n = f(M_k, n_d)$. Різниця розрахункових та нормативних даних становить 4,8%.

Витрата палива в тепловому еквіваленті МДж/цикл та МДж/км (табл. 4.14) на виконання змішаного Європейського їздового циклу чи подолання 1 км шляху зменшується на 0,67 та 1,34% за роботи на трикомпонентному біодизельному паливі відповідно з 10 та 20% добавкою МЕРО у сумішевому паливі в порівнянні з штатним дизельним паливом.

Різниця розрахункових даних та заводу-виробника за роботи двигуна на штатному паливі не перевищує 6,9% для міського та 2,8% для заміського циклів, що свідчить про адекватність математичної моделі.

Аналіз розрахунку масових викидів ШР із відпрацьованими газами в умовах руху автомобіля в режимах Європейського їздового циклу свідчить (табл. 3), що при використанні 10- та 20 %-го трикомпонентного біодизельного палива (10- та 20% об'ємний вміст МЕРО у сумішевому паливі)

відбувається зниження масових викидів ШР із відпрацьованими газами оксидів вуглецю CO – 11,6% та 16,7% відповідно, вуглеводнів C_mH_n – 8,2% та 17,6%, оксидів азоту NO_x – 7,3% та 10,3%, частинок – 7,8% та 12,2%.

Таблиця 2 – Витрата палива при імітації руху автомобіля Škoda Octavia 1.9Tdi за їздовими циклами

Table 2 – Fuel consumption when simulating the movement of the Škoda Octavia 1.9Tdi car by driving cycles

Паливо	Міський цикл		Заміський цикл		Змішаний Цикл		Міський цикл		Заміський цикл		Змішаний цикл	
	МДж/цикл л	Різниця, %	МДж/цикл л	Різниця, %	МДж/цикл л	Різниця, %	МДж/км	Різниця, %	МДж/км	Різниця, %	МДж/км	Різниця, %
Штатне ДП	2,54	–	10,34	–	20,49	–	2,50	–	1,487	–	1,86	–
ДП + 10 % МЕРО	2,52	-0,8	10,28	-0,6	20,35	-0,7	2,48	-0,8	1,479	-0,6	1,85	-0,7
ДП + 20 % МЕРО	2,5	-1,5	10,21	-1,2	20,21	-1,3	2,47	-1,5	1,470	-1,2	1,84	-1,3

Таблиця 3 – Масові викиди шкідливих речовин із відпрацьованими газами
Table 3 – Mass emissions of harmful substances with exhaust gases

Паливо	Оксид вуглецю CO		Вуглеводні C_mH_n		Оксиди азоту NO_x		Частинки		Масові викиди G_{yCO}	
	г/цикл	зміна, %	г/цикл	зміна, %	г/цикл	зміна, %	г/цикл	зміна, %	умовн. г/цикл	зміна, %
Штатне ДП	0,5504	–	0,1616	–	0,6976	–	0,0425	–	38,23	–
ДП + 10 % МЕРО	0,4864	-11,6	0,1483	-8,2	0,6468	-7,3	0,0392	-7,8	35,38	-7,45
ДП + 20 % МЕРО	0,4583	-16,7	0,1332	-17,6	0,6255	-10,3	0,0373	-12,2	34,05	-10,93

Масові викиди G_{yCO} зменшуються на 7,45% та 10,93% за роботи на трикомпонентному біодизельному паливі (основні фізико-хімічні властивості яких ідентичні фізико-хімічним властивостям штатного дизельного палива) відповідно з 10 та 20% часткою МЕРО у суміші в порівнянні з штатним дизельним паливом.

Таким чином, забезпечення ідентичності основних фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив до фізико-хімічних властивостей штатного дизельного палива дозволяє покращити паливно-економічні та енергетичні показники дизеля і зменшити масові викиди шкідливих речовин із ВГ [8].

Висновки.

Отримані коефіцієнти поліноміальних залежностей витрати палива, повітря та концентрацій ШР у відпрацьованих газах двигуна для штатного та сумішевих палив внесено до математичної руху автомобіля за Європейським міським та заміським їздовими циклами (відповідно до Правил №83 СЕК ООН).

Розрахунок на математичній моделі витрати палива при русі автомобіля Škoda Octavia 1.9Tdi обладнаного двигуном VAG ASV 1.9Tdi за модифікованим Європейським їздовим циклом за роботи на штатному паливі становить 481,68 г/цикл, а за нормативними даними заводу-виробника – 458,64

г/цикл. Різниця розрахункових та нормативних даних витрати палива становить 4,8%, що свідчить про адекватність математичної моделі.

Аналіз розрахунку масових викидів ШР з відпрацьованими газами при русі автомобіля в режимах модифікованого Європейського їздового циклу свідчить про те, що при використанні 10- та 20%-го трикомпонентного біодизельного палива відбувається зменшення масових викидів ШР із відпрацьованими газами оксидів вуглецю CO – 11,6% та 16,7% відповідно, вуглеводнів C_mH_n – 8,2% та 17,6%, оксидів азоту NO_x – 7,3% та 10,3%, частинок – 7,8% та 12,2% відповідно.

Витрата палива на подолання 1 км шляху в порівнянні з штатним дизельним паливом в тепловому еквіваленті МДж/км зменшується на 0,67% та 1,34% за роботи на трикомпонентному біодизельному паливі відповідно з 10% та 20% часткою МЕРО у сумішевому паливі.

За роботи двигуна на трикомпонентному біодизельному паливі з 10 та 20% часткою МЕРО у суміші, масові викиди G_{yCO} зменшуються на 7,45% та 10,93% в порівнянні з штатним дизельним паливом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путём оптимизации эксплуатационных факторов: Дисс. д-ра техн. наук: 05.04.02, 05.22.10 – Киев, 1985. – 538 с.

2. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 292с.

3. Говорун А.Г., Павловський М.В., Куций П.В. Про деякі особливості використання біодизельного палива в автомобільних дизелях з турбонадувом // Автошляховик України Вип. 2(214). – березень-квітень 2010. – С. 18 – 20.

4. Говорун А.Г., Корпач А.О., Павловський М.В. Уточнена математична модель руху автомобіля з дизелем обладнаним газотурбінним наддувом та електронним регулятором частоти обертання // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч.1. –К.:НТУ, 2010. – Випуск 21. – С. 113-118.

5. Мержиєвська Л.П. Покращення паливної економічності і зменшення шкідливих викидів автомобілів раціональним регулюванням бензинових двигунів: Дис. канд. техн. наук: 05.22.10. – К.:УТУ. – 1998 – 247 с.

6. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 41342 Україна. Науковий твір «Математична модель розрахунку екологічних, енергетичних показників та паливної економічності автомобіля з дизелем із турбонадувом та електронним регулятором частоти в режимах руху Європейським їздовим циклом за роботи на штатному та біодизельному паливах» / Ю.Ф.Гутаревич, А.Г.Говорун, А.О.Корпач, М.В.Павловський, З.І.Краснокутська (Україна). – № 41559; заявл. 13.10.2011; зареєстр. 12.12.2011.

7. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 41341 Україна. Науковий твір «Результати розрахунку на математичній моделі екологічних показників та паливної економічності автомобіля з дизелем із турбонадувом та електронним регулятором частоти в режимах руху Європейським їздовим циклом за роботи на штатному та біодизельному паливах» / Ю.Ф.Гутаревич, А.Г.Говорун, А.О.Корпач, М.В.Павловський, З.І.Краснокутська (Україна). – № 41558; заявл. 13.10.2011; зареєстр. 12.12.2011.

8. Корпач А.О., Павловський М.В. Визначення впливу сумішевих біодизельних палив на економічні, енергетичні та екологічні показники дизеля // Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Politechnika rzeszowska, 2010 – с. 119-122.

REFERENCES

1. Gutarevich Yu. F. (1985) Snizhenie vrednykh vibrosov i rashoda topliva dvigatelyami avtomobiley putem opytymyzatsiyi ekspluatatsyonnykh faktorov [Reducing harmful emissions and fuel consumption of car engines by optimizing operating factors]. *Doctor's thesis*. Kiev: KADI [in Russian]

2. Gutarevich Yu. F., Zerkalov D. V., Govorun A. G., Korpach A. O., Merzhyevska L.P. (2006) *Ekologhija ta avtomobilnyj transport* [Ecology and road transport: Manual]. – K.: Aristey, 292p. [in Ukrainian]

3. Hovorun A.G., Pavlovskyi M.V., Kutsyi P.V. (2010) Pro deiaki osoblyvosti vykorystannia biodyzelnoho palyva v avtomobilnykh dyzeliakh z turbonadduvom [About some features of the use of biodiesel fuel in automotive diesel engines with turbocharging] *Avtoshliakhovyk Ukrainy*, no. 2(214). pp. 18-20. [in Ukrainian]

4. Hovorun A.G., Korpach A.O., Pavlovskiy M.V. (2010) Utochnena matematychna model rukhu avtomobilia z dyzelem obladnanym hazoturbinnym nadduvom ta elektronnym rehuliatorom chastoty obertannia [A refined mathematical model of the movement of a car with a diesel engine equipped with a gas turbine pressurization and an electronic speed controller]. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu* [Bulletin of National Transport University], vol. 1, issue 23, pp. 113-118. [in Ukrainian]

5. Merzhyievska L.P. (1998) Pokrashchennia palyvnoi ekonomichnosti i zmeshennia shkidlyvykh vykydiv avtomobiliv ratsionalnym rehuliuivanniam benzynovykh dvyhuniv [Improving fuel efficiency and reducing harmful emissions of cars by rationally regulating gasoline engines]. *Candidate's thesis*. Kyiv: UTU [in Ukrainian]

6. Gutarevich Yu. F., Hovorun A.G., Korpach A.O., Pavlovskiy M.V., Krasnokutska Z.I. (2011) *Matematychna model rozrakhunku ekolohichnykh, enerhetychnykh pokaznykiv ta palyvnoi ekonomichnosti avtomobilia z dyzelem iz turbonadduvom ta elektronnym rehuliatorom chastoty v rezhymakh rukhu Yevropeiskym yizdovym tsyklom za roboty na shtatnomu ta biodyzelnomu palyvakh* [Mathematical model for calculating the environmental, energy performance and fuel efficiency of a car with a turbocharged diesel engine and electronic frequency control in driving modes of the European driving cycle using standard and biodiesel fuels]. Certificate of registration of copyright for the work UA№ 41559. [in Ukrainian]

7. Gutarevich Yu. F., Hovorun A.G., Korpach A.O., Pavlovskiy M.V., Krasnokutska Z.I. (2011) *Rezultaty rozrakhunku na matematychnii modeli ekolohichnykh pokaznykiv ta palyvnoi ekonomichnosti avtomobilia z dyzelem iz turbonadduvom ta elektronnym rehuliatorom chastoty v rezhymakh rukhu Yevropeiskym yizdovym tsyklom za roboty na shtatnomu ta biodyzelnomu palyvakh* [The results of the calculation using a mathematical model of environmental performance and fuel efficiency of a car with a turbocharged diesel engine and electronic frequency control in the driving modes of the European driving cycle using regular and biodiesel fuels] Certificate of registration of copyright for the work UA№ 41558. [in Ukrainian]

8. Korpach A.O., Pavlovskiy M.V. (2010) *Vyznachennia vplyvu sumishevykh biodyzelnykh palyv na ekonomichni, enerhetychni ta ekolohichni pokaznyky dyzelia* [Determination of the influence of mixed biodiesel fuels on the economic, energy and environmental performance of a diesel engine]. *Systemy i shrodky transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia*. Politechnika rzeszowska., pp. 119-122. [in Ukrainian]

РЕФЕРАТ

Павловський М.В. Результати розрахунку масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами та витрати палива автомобіля з дизелем на математичній моделі / М.В. Павловський, // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 3 (53).

В статті розглянуто напрям поліпшення екологічних показників автомобілів з сучасними дизелями, що перебувають в експлуатації, системним поетапним переходом з живлення дизелів штатним паливом на живлення альтернативними видами палив.

Об'єкт досліджень – вплив сумішевих біодизельних палив на паливно-економічні, екологічні та енергетичні показники автомобіля з дизелем.

Метою досліджень є розширення паливної бази автомобільного транспорту при використанні альтернативних видів палива.

Методи дослідження – експериментально-розрахункові.

Поліпшення екологічних показників автомобілів з сучасними дизелями, обладнаних електронною системою управління, регульованим газотурбінним наддувом, системою рециркуляції відпрацьованих газів та електронною системою регулювання частоти обертання колінчастого валу можливе забезпеченням виконання вимог нормативних документів системним поетапним переходом з живлення дизелів штатним паливом на живлення альтернативними видами палив, а саме добавок метилового ефіру ріпакової олії до штатного дизельного палива. Формування такого переходу повинно відбуватися на підставі наукових досліджень та наявного досвіду щодо використання альтернативних палив.

Оптимізація фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив є одним із ефективних шляхів зниження токсичності відпрацьованих газів та поліпшення паливної економічності. Це досягається як забезпеченням необхідних фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив, так і звуженням їх меж зміни, тобто адаптацією цих палив до дизелів, що перебувають в експлуатації. Таким чином, оптимізація фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив дає можливість покращити ефективність його використання в сучасних дизелях, а також зменшити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Результати статті можуть бути використанні як рекомендації при підготовці та застосуванні сумішевих біодизельних палив для автомобільного транспорту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДИЗЕЛЬ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, БІОДИЗЕЛЬНІ ПАЛИВА, МЕТИЛОВИЙ ЕФІР РІПАКОВОЇ ОЛІЇ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

ABSTRACT

Pavlovskiy M.V. Results of the calculation of mass emissions of harmful substances with exhaust gas and the fuel consumption of a diesel vehicle with the use of a mathematical model. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 3 (53).

The tendency of improving the environmental performance of cars with modern diesel engines in use, systemic gradual transition from regular supply of diesel fuel to power alternative fuel types are examined in the article.

The object of research – the impact of mixed biodiesel fuels for fuel-economic, environmental and energy performance car with a diesel engine.

The purpose of research is to expand the fuel base of motor transport using alternative fuels.

Research methods are experimental-calculated.

Improving the environmental performance of cars with modern diesel engines equipped with an electronic control system, controlled gas turbine boost, an exhaust gas recirculation system and an electronic crankshaft speed control system, it is possible to ensure that the requirements of regulatory documents are met by a systemic phased transition from diesel power supply namely rapeseed oil methyl ester additives to regular diesel fuel. The formation of such a transition should take place on the basis of scientific research and experience in the use of alternative fuels.

Optimization of the physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels is one of the effective ways to reduce exhaust emissions and improve fuel economy. This is achieved by providing both the necessary physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels, and narrowing their boundaries change, i.e. adaptation of fuels to diesel engines in use. Therefore, optimization of physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels makes it possible to improve the efficiency of its use in modern diesel engines and reduce emissions of harmful substances from exhaust gases.

The results of the article can be used as guidelines in the preparation and usage of mixed biodiesel fuels for road transport.

KEY WORDS: DIESEL, ALTERNATIVE FUEL, BIODIESEL, RAPESEED OIL METHYL ESTERS, FUEL ECONOMY, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE.

АВТОРИ:

Павловський Максим Вікторович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів і автосервісу, e-mail: maks.pavlovskiy@gmail.com, тел. +38 067 548 29 90, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленко 1, к.111. orcid.org/0000-0002-0933-7326

AUTHORS:

Pavlovskiy Maksym V., Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, e-mail: maks.pavlovskiy@gmail.com, tel. +38 067 548 29 90, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, k.111. orcid.org/0000-0002-0933-7326

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Хрутьба В.О., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Національний транспортний університет, Київ, Україна.

Клименко О. А., доктор технічних наук, доцент, заступник директора з наукової роботи ДП «ДержавтотрансНДІпроект», дійсний член Транспортної академії України, Київ, Україна.

REVUEWER:

Khrutba V.O., Ph.D, Engineering (Dr.), Professor, Head of the Department of Ecology and Life Safety, National Transport University, Kyiv, Ukraine.

Klymenko O.A., PhD, Engineering (Dr.), Associate Professor, Deputy Director for Scientific Work of DerzhavtotransNDIproekt, Full Member of the Transport Academy of Ukraine