

ХАРАКТЕР ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗАХ В ПРОЦЕСІ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Кухтик Н.О., доктор філософії, Національний транспортний університет, Київ, Україна, natakuchtik@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9467-891X

Кухтик В.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, viktorkuhtik@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5402-0603

Барабаш О.В., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, el_barabash@ukr.net, orcid.org/0000-0001-5206-2922

THE NATURE OF CHANGES IN THE CONCENTRATION OF POLLUTANTS IN EXHAUST GASES DURING THE MOVEMENT OF A CAR

Kukhtyk N.O., Doctor of Philosophy, National Transport University, Kyiv, Ukraine, natakuchtik@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9467-891X

Kukhtyk V.V., Candidate of Science (Engineering), National Transport University, Kyiv, Ukraine, viktorkuhtik@gmail.com, orcid.org/0000-0001-5402-0603

Barabash O.V., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, el_barabash@ukr.net, orcid.org/0000-0001-5206-2922

Постановка проблеми. В сучасних умовах автомобільний транспорт залишається важливою ланкою для забезпечення логістичних операцій в Україні. Визначальну роль в перевезенні пасажирів в містах відіграють легкові автомобілі. При цьому інтенсивність руху потоків транспорту зростає, що призводить до підвищеного впливу на навколишнє середовище. Це є причиною того, що забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів в даний час розглядається як найбільш гостра проблема.

Визначити погіршення стану навколишнього середовища можливо різними методами, зокрема методом біоіндикації (дендроіндикації) [1]. Але найбільш об'єктивну оцінку можливо отримати застосуванням спеціальних газоаналізуючих приладів, зокрема при встановленні їх в автомобіль, що рухається в транспортних потоках, або за імітації руху автомобіля на спеціальних стендах [2].

Ступінь забруднення атмосферного повітря залежить, в першу чергу, від якісного і кількісного складу відпрацьованих газів. На вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів впливає низка важливих факторів: тип двигуна і особливості його конструкції, його технічний стан, режими роботи.

Дана робота є продовженням досліджень можливості зниження забруднення навколишнього середовища викидами забруднюючих речовин з відпрацьованими газами легкових автомобілів з бензиновими двигунами в умовах експлуатації [3,4].

Були визначені наступні задачі дослідження:

1. Визначення поточних концентрацій оксидів вуглецю CO в період руху легкового автомобіля типовими дорогами м. Києва.
2. Порівняння концентрації викидів забруднюючих речовин за підтримання однакових умов за швидкістю та часом проходження певного відрізка шляху при імітації міських та магістральних умов експлуатації автомобіля.

Виклад основного матеріалу.

Визначення концентрацій забруднюючих речовин проводили на автомобілі Hyundai Getz з бензиновим двигуном, об'ємом 1,4 літра. В дорожніх умовах автомобіль рухався дорогами з асфальтобетонним покриттям, зі світлофорним регулюванням, в транспортному потоці без заторів. Визначали зміну концентрацій у відпрацьованих газах оксидів вуглецю і вуглеводнів.

Для визначення концентрацій автомобіль було обладнано апаратурою, як показано на рис.1



Рисунок 1 – Апаратура контролю параметрів двигуна та токсичності відпрацьованих газів
 Figure 1 – Equipment for monitoring engine parameters and exhaust gas toxicity

Зміна концентрацій вуглеводнів виявилась залежною від прогріву каталітичного нейтралізатора. Разом з прогріванням двигуна до оптимальної робочої температури охолодної рідини і прогріванням нейтралізатора, концентрація вуглеводнів зменшилась до нуля і в подальшому газоаналізатором МЕТА «Автотест 01» виявлена не була.

Більш точно були визначені концентрації оксидів вуглецю (CO), результати вимірювання яких представлені на рис.2

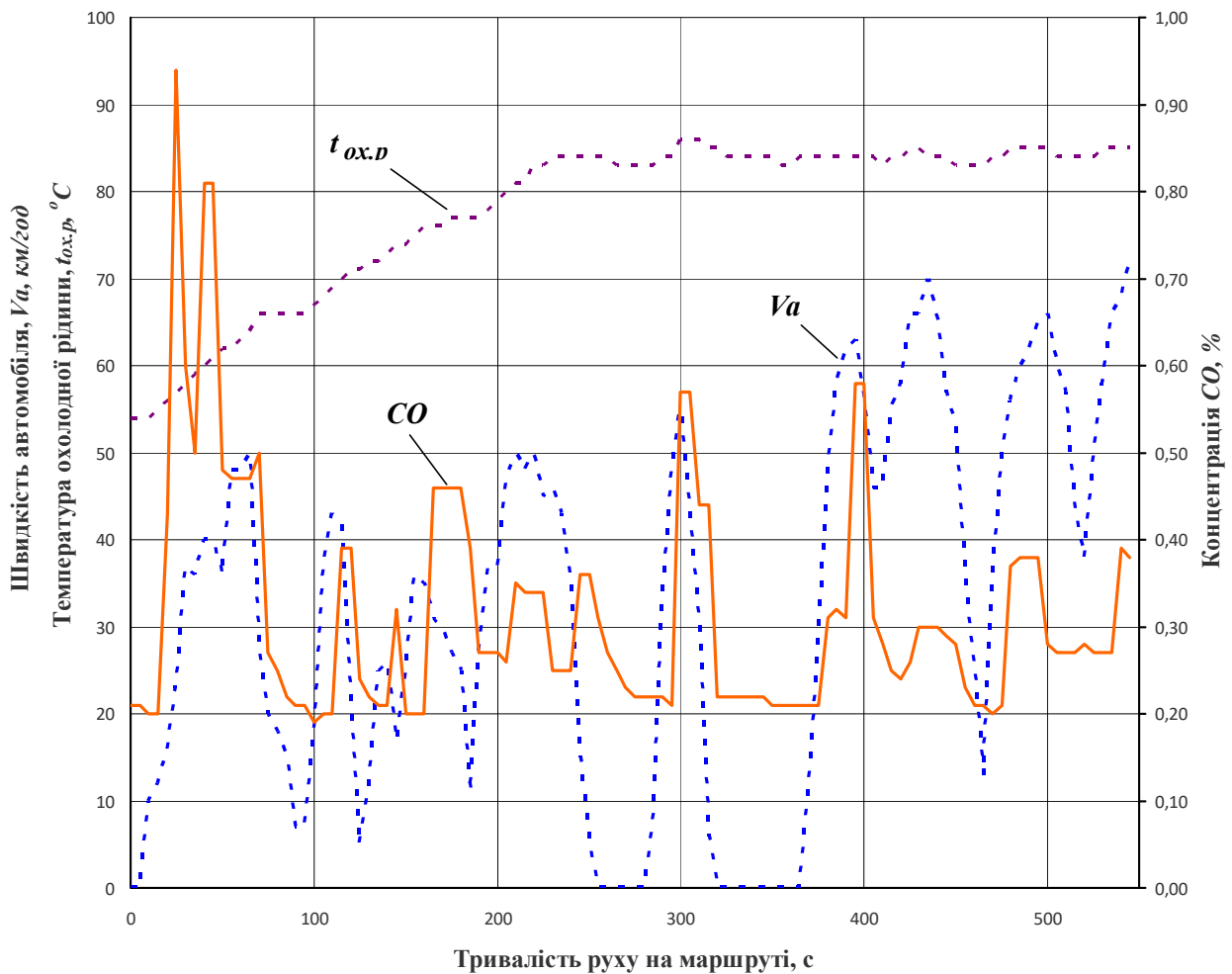


Рисунок 2 – Зміна концентрації оксидів вуглецю CO під час руху автомобіля
 Figure 2 – Changes in the concentration of carbon oxides CO during the car movement

На рисунку показані лінії зміни швидкості руху автомобіля, концентрацій оксидів вуглецю та температури охолодної рідини. Випробування тривали близько 9 хвилин. На початку випробувань, за розгону автомобіля, концентрації CO різко зростають. Це пояснюється низькою температурою охолодної рідини двигуна (близько 55 °С) і необхідністю збільшення подачі палива для забезпечення ефективного розгону автомобіля в транспортному потоці. В подальшому концентрації CO знижуються і не перевищують 0,56 % в навантажувальних режимах і 0,2 % в режимах активного холостого ходу. За руху автомобіля без зупинки, але зі сповільненням і прискоренням концентрації нижчі ніж за розгону автомобіля після повної зупинки. Збільшення концентрацій забруднюючих речовин при збільшенні навантаження на двигун підтверджено навантажувальною характеристикою двигуна (рис.3).

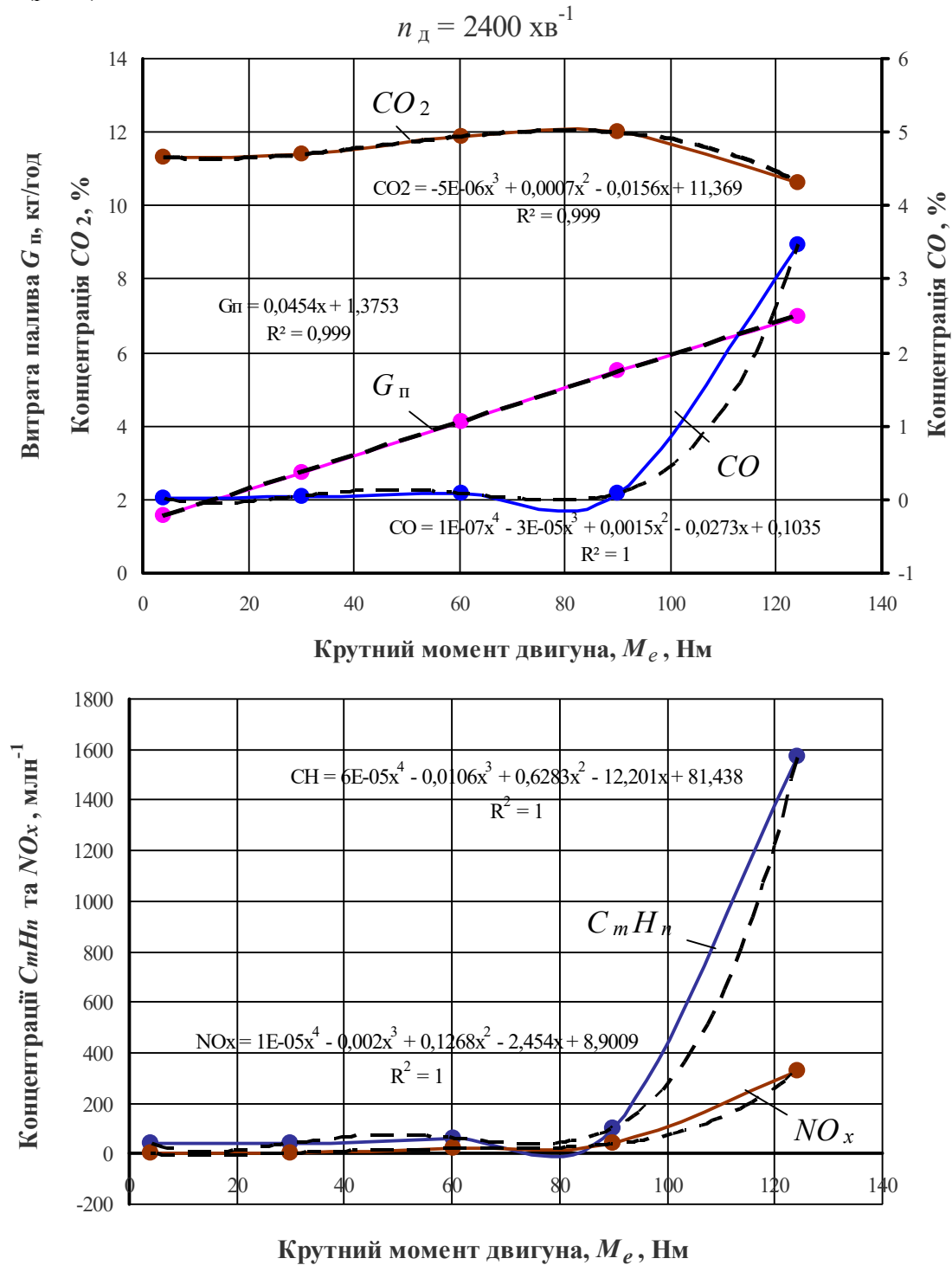


Рисунок 3.– Навантажувальна характеристика двигуна автомобіля Hyundai Getz
Figure 3 – Load characteristics of the engine of the car Hyundai Getz

Як видно з графіків, із збільшенням навантаження на двигун витрата палива зростає пропорційно, концентрація CO_2 збільшується до досягнення 75% навантаження, а далі зменшується через збагачення суміші, що надходить в циліндри двигуна до $\alpha = 0,98$ і стрімкого зростання концентрації CO до 3,3%.

Концентрації оксиду вуглецю не показують повної картини забруднення середовища, але встановити концентрації оксидів азоту і точно визначити концентрації вуглеводнів можливо тільки стаціонарними приладами. Саме тому дослідження продовжили за імітації руху автомобіля за режимами Нового європейського їздового циклу (NEDC) на стенді з 48-дюймовим роликом [2]. Точність вимірювання концентрацій забруднюючих речовин у розбавлених відпрацьованих газах забезпечила газоаналізуюча система моделі MEXA-7400DEGR фірми HORIBA (Японія). Результати випробувань представлені на рис.4,5,6.

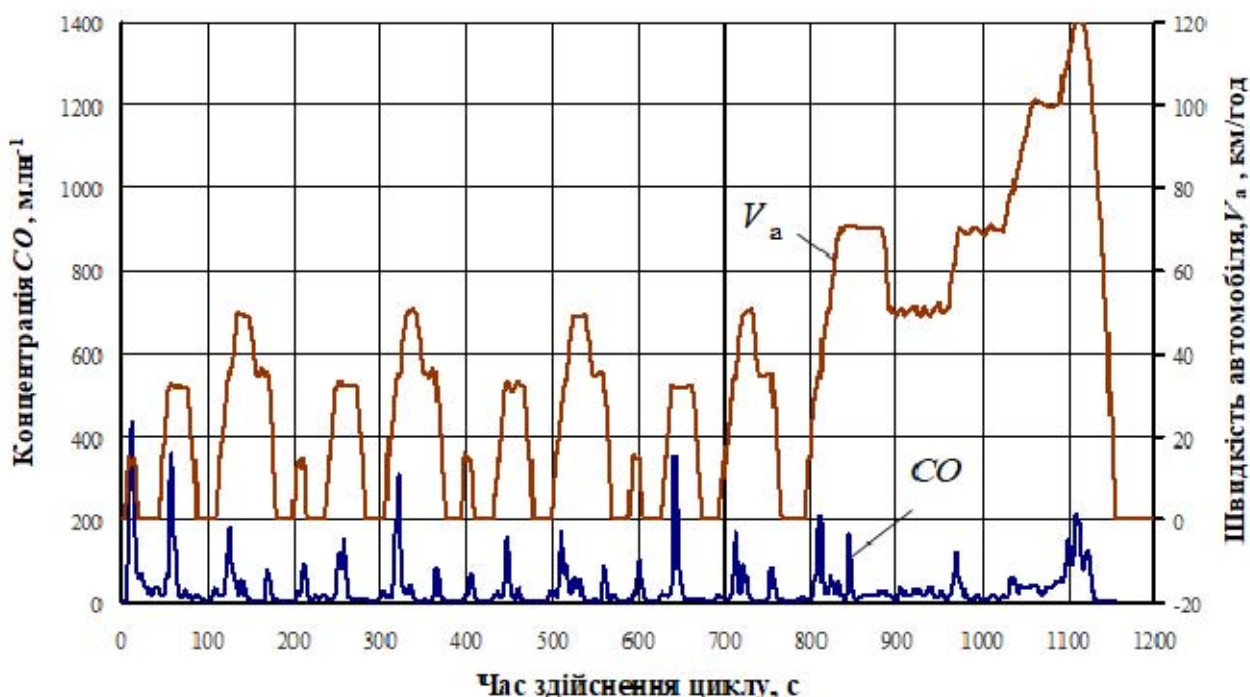


Рисунок 4 – Зміна концентрації оксиду вуглецю CO у ВГ автомобіля за руху за режимами Нового європейського їздового циклу
 Figure 4 – Changes in the concentration of carbon oxide CO in the car's exhaust gases while driving according to the modes of the New European driving cycle

Випробування проводили на автомобілі з прогрітим двигуном, але після певної паузи, яка була необхідна для перевірки налаштування обладнання. Це привело до охолодження системи випуску, що відобразилося на графіках збільшення концентрацій забруднюючих речовин на початку виконання циклу. З рис. 4. видно, що максимальна концентрація оксиду вуглецю CO становить $435,2 \text{ млн}^{-1}$. З додаткових досліджень виявлено, що концентрація CO у непрогрітого двигуна у 7,8 разів вища ніж у прогрітого [2]. Концентрації оксидів вуглецю зростають за розгонів автомобіля і зменшуються за руху з приблизно постійною швидкістю чи за вибігу автомобіля перед зупинкою, як і за дорожніх випробувань, приведених вище. До того ж, за руху магістральним циклом концентрації CO нижчі, ніж за фрагментами міського циклу, навіть за плавного розгону до швидкості 120 $км/год$.

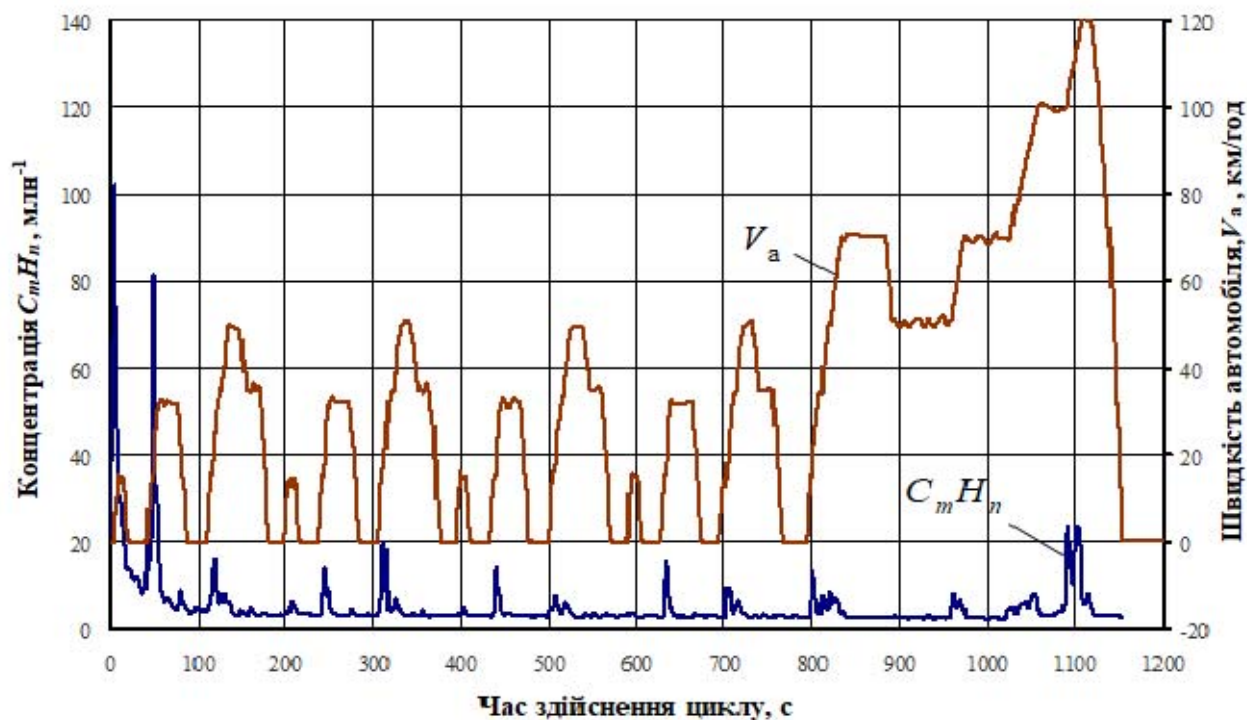


Рисунок 5 – Зміна концентрації вуглеводнів C_mH_n у ВГ автомобіля за руху за режимами Нового європейського їздового циклу

Figure 5 – The change in the concentration of hydrocarbons C_mH_n in the car's exhaust gases while driving according to the modes of the New European driving cycle

Максимальна концентрація вуглеводнів складає $102,3 \text{ млн}^{-1}$, а у непрогрітого двигуна вона вища у 5 разів [2]. На відміну від концентрацій CO концентрація вуглеводнів C_mH_n підвищується за розгону до 120 км/год. В той же час за руху з швидкістю до 100 км/год концентрація вуглеводнів не перевищує 15 млн^{-1} за руху в режимах магістрального циклу.

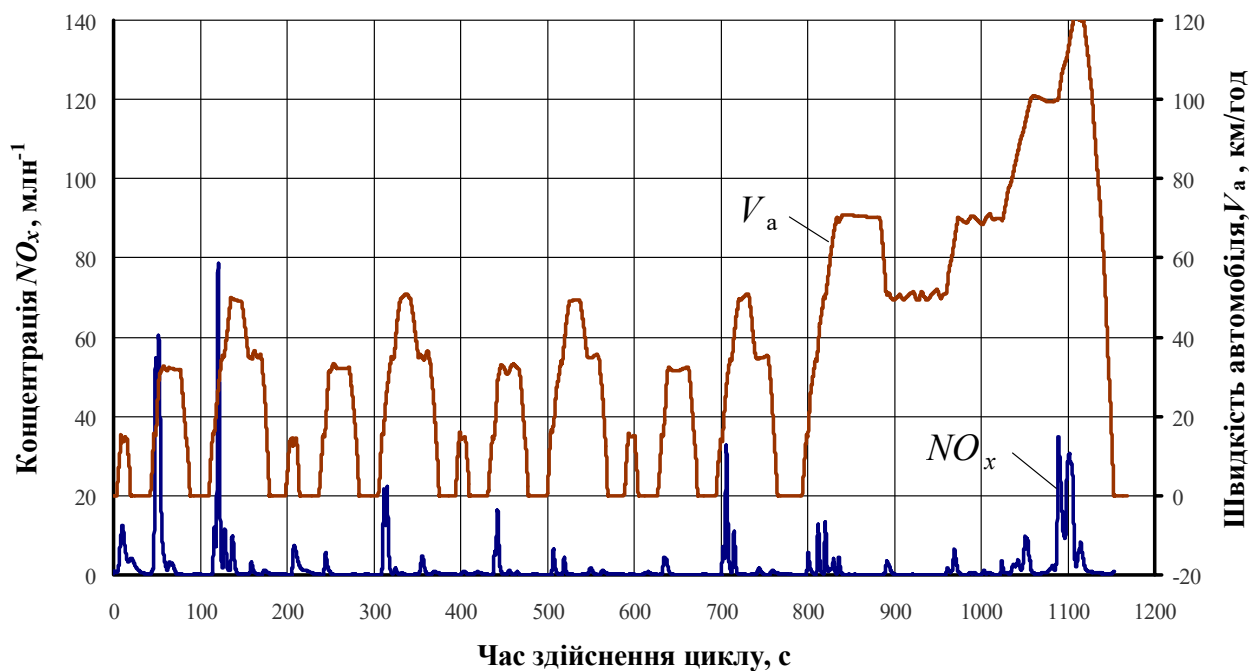


Рисунок 6 – Зміна концентрації оксидів азоту NO_x у ВГ автомобіля за руху за режимами Нового європейського їздового циклу

Figure 6 – Changes in the concentration of nitrogen oxides NO_x in the car's exhaust gases while driving according to the modes of the New European driving cycle

Концентрації оксидів азоту не перевищують 78,6 млн⁻¹. Непрогрітий двигун викидає в довкілля в 2,7 разів більше оксидів азоту [2]. За руху магістральним циклом також збільшуються концентрації за розгону до максимальної швидкості.

На всіх характеристиках відмічається підвищення концентрацій забруднюючих речовин у відпрацьованих газах за розгонів автомобіля, коли навантаження на двигун зростає, особливо на початку руху.

Висновки.

Дослідження показали можливість визначення концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобільного двигуна в експлуатаційних умовах великого мегаполісу/

За результатами виконання експериментальних досліджень встановлено, що зменшення концентрацій забруднюючих речовин досягається збільшенням питомої ваги режимів руху з постійною швидкістю, збільшенням вибігу автомобіля при наближенні до регульованих перехресть, що супроводжується роботою двигуна автомобіля в режимі активного холостого ходу. Також збільшення концентрацій забруднюючих речовин залежить від теплового стану двигуна легкового автомобіля. Зниження температури охолодної рідини двигуна також призводить до збільшення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барабаш О.В. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації. Екологічні науки: науково-практичний журнал. Вип. 4 (27). 2019. С. 102–108.

2. Кухтик Н. Порівняння витрати палива та викидів шкідливих речовин непрогрітого та прогрітого двигуна легкового автомобіля за Європейським їздовим циклом. // Systemy i środki transportu samochodowego. Badania i technologia silników spalinowych. Wybrane zagadnienia. Monografia. Nr 17. Seria: Transport. Rzeszów. 2019. P. 35–41.

3. Кухтик Н. Вплив методу прогріву двигуна легкового автомобіля на токсичність відпрацьованих газів. // Systemy i środki transportu samochodowego. Badania i technologia silników spalinowych. Wybrane zagadnienia. Monografia. Nr 13. Seria: Transport. Rzeszów. 2018. P. 41–48.

4. Кухтик Н.О. Визначення витрати палива та концентрацій шкідливих речовин за прогріву двигуна легкового автомобіля в умовах низьких температур середовища. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. Житомир, 2018. Вип. 2 (82). С. 88–93.

REFERENCES

1. Barabash O.V (2019). Otsinka rivnia zabrudnennia atmosferного povitria metodom dendroindikatsiyi [Estimation of the level of atmospheric air pollution by dendroindication method] / Environmental sciences: a scientific and practical journal – Nr 4 (27), 102–108 [in Ukrainian]

2. Kukhtyk N. (2019) Porivniannia vytraty palyva ta vykydiv shkidlyvukh rehovyn neprogritogo ta progritogo dvyguna legkovogo avtomobilia za ievropeiskim izdovym tsyklom [Comparison of fuel and emissions of harmful substances of unlocked and progressed light car engines by the european driving cycle] / Monografia pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy. issue 17, Seria: Transport / Systemy I Środki transportu samochodowego / Rzeszów. Politechnika Rzeszowska., 35-41. [in Ukrainian].

3. Kukhtyk N. (2018) Vplyv metodu progrivu dvyguna legkovogo na toksychnist vidpratsovanykh gaziv [The influence of the warm up engine method of passenger car on the toxicity of exhaust gases] / Systemy i środki transportu samochodowego. Badania i technologia silników spalinowych. Wybrane zagadnienia. Monografia. Issue 13. Seria: Transport. Rzeszów., Politechnika Rzeszowska., 41–48. [in Ukrainian].

4. Kukhtyk N.O. (2018) Vyznachennia vytratu palyva ta kontsentratsii shkidlyvykh rehovyn za progrivu dvyguna legkovogo avtomobilia v umovakh nyzkykh temperatur seredovyshcha [Determination fuel consumption and concentration of harmful substances for warming the engine of a car in conditions of low ambient temperatures] / Journal of Zhytomyr State Technological University. Series: Technical Science Journal Zhytomyr state technological university: science. Zh. / Zhytomyr. state. techn. Univ. - Exactly: Printed - Zhytomyr, Nr 2 (82)., 88-93. [in Ukrainian], [https://doi.org/10.26642/tn-2018-2\(82\)-88-93](https://doi.org/10.26642/tn-2018-2(82)-88-93).

РЕФЕРАТ

Кухтик Н.О. Характер зміни концентрацій забруднюючих речовин у відпрацьованих газах в процесі руху легкового автомобіля / Н.О. Кухтик, В.В. Кухтик, О.В. Барабаш // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 3 (53).

Метою роботи є представлення об'єктивної інформації щодо збільшення концентрацій забруднюючих речовин за різних режимів руху легкового автомобіля.

Метод дослідження – експериментальне визначення характеристик зміни концентрацій забруднюючих речовин у відпрацьованих газах двигуна легкового автомобіля.

Випробування проводились за руху автомобіля міськими дорогами загального призначення в залежності від дорожньої ситуації та за імітування руху автомобіля за режимами міського та заміського їздового циклу.

Характер зміни концентрацій забруднюючих речовин у відпрацьованих газах залежить від навантаження на двигун в період руху легкового автомобіля. Збільшення навантаження в період розгону призводить до підвищення концентрацій оксидів вуглецю та вуглеводнів. Це особливо чітко прослідковується за навантажувальною характеристикою двигуна. В той же час збільшення концентрацій оксидів азоту спостерігається за довготривалого руху з високими швидкостями, що характерно для заміських умов експлуатації.

Більшість параметрів, що характеризують процес руху легкового автомобіля з бензиновим двигуном отримані прямим вимірюванням на сучасному обладнанні.

За результатами виконання експериментальних досліджень встановлено, що зменшення концентрацій забруднюючих речовин досягається збільшенням питомої ваги режимів руху з постійною швидкістю, збільшенням вибігу автомобіля при наближенні до регульованих перехресть, що супроводжується роботою двигуна автомобіля в режимі активного холостого ходу. Також збільшення концентрацій забруднюючих речовин залежить від теплового стану двигуна легкового автомобіля. Зниження температури охолодної рідини двигуна також призводить до збільшення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЛЕГКОВИЙ АВТОМОБІЛЬ, ДВИГУН, РЕЖИМИ РУХУ, ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ, ТЕМПЕРАТУРА ОХОЛОДНОЇ РІДИНИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ

ABSTRACT

Kukhtyk N.O., Kukhtyk V.V. Barabash O.V. The nature of changes in the concentration of pollutants in exhaust gases during the movement of a car. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 3 (53).

The purpose of the work is a presentation of an objective information on the increase in the concentrations of pollutants under different driving modes of a car.

The research method is an experimental determination of the characteristics of changes in the concentrations of pollutants in the exhaust gases of a car engine.

The tests were carried out while the car was driving on general purpose city roads, depending on the road situation, and simulating the car's movement in urban and suburban driving cycle modes.

The nature of changes in the concentrations of pollutants in exhaust gases depends on the engine load during the period of the car's movement. An increase in the load during the acceleration period leads to an increase in the concentrations of carbon oxides and hydrocarbons. This is especially clearly observed in the load characteristic of the engine. At the same time, an increase in the concentration of nitrogen oxides is observed during long-term driving at high speeds, which is typical for suburban operating conditions.

Most of the parameters that characterize the movement of a car with a gasoline engine are obtained by direct measurement on modern equipment.

According to the results of experimental studies, it was found that reducing the concentration of pollutants is achieved by increasing the relative density of driving modes with a constant speed, increasing the coasting of the car when approaching regulated intersections, which is accompanied by the operation of the car engine in the mode of active idling. Also, the increase in concentrations of pollutants depends on the thermal state of the car engine. A decrease of the engine coolant temperature also leads to an increase in emissions of pollutants with exhaust gases.

KEY WORDS: CAR, ENGINE, DRIVING MODES, EXHAUST GASES, COOLANT TEMPERATURE, POLLUTANTS

АВТОРИ:

Кухтик Наталія Олександрівна, доктор філософії, Національний транспортний університет, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, e-mail: natakuchtik@mail.com, тел. +380442885100, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омеляновича-Павленка, 1, к. 312., orcid.org/0000-0001-9467-891X

Кухтик Віктор Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: viktorkuhtik@gmail.com, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омеляновича-Павленка, 1, к. 303А., orcid.org/0000-0001-5402-0603

Барабаш Олена Василівна, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, e-mail: el_barabash@ukr.net, тел. +380442885100, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омеляновича-Павленка, 1, к. 312., orcid.org/0000-0001-5206-2922

AUTHOR:

Kukhtyk Nataliya O., Doctor of Philosophy, National Transport University, associate professor of Department of Ecology and Environmental Protection Technologies, e-mail: natakuchtik@mail.com, тел. +380442885100, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, of. 312., orcid.org/0000-0001-9467-891X

Kukhtyk Victor V., Candidate of Science (Engineering), associate professor, National Transport University, associate professor of department Engines and Heating Engineering, e-mail: viktorkuhtik@gmail.com, тел. +380442804716, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, of. 303A., orcid.org/0000-0001-5402-0603

Barabash Olena V., Doctor of Technical Science, associate professor, National Transport University, professor of Department of Ecology and Environmental Protection Technologies, el_barabash@ukr.net, тел. +380442885100, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, of. 312., orcid.org/0000-0001-5206-2922

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гришук О.К., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, проректор з навчальної роботи, Київ, Україна.

Захарчук В.І., доктор технічних наук, професор, Луцький національний технічний університет, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцьк, Україна

REVIEWER:

Hryshchuk O.K., Candidate of Science (Engineering), Professor, National Transport University, Vice-Rector for Academic Work, Kyiv, Ukraine.

Zaharchuk V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Lutsk National Technical University, Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Lutsk, Ukraine.