

Н.О. Кухтик, ст. викладач  
Національний транспортний університет

## Визначення витрати палива та концентрацій шкідливих речовин за прогріву двигуна легкового автомобіля в умовах низьких температур середовища

(Представлено д.т.н., проф. Сахно В.П.)

Останнім часом спостерігається швидкий ріст використання автомобільного транспорту і концентрація його в містах. Це є причиною того, що забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автомобілів в даний час розглядається як найбільш гостра проблема.

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 та інші фактори.

Досліджено методи прогріву автомобільного двигуна та їх вплив на витрату палива та динаміку зміни концентрацій шкідливих речовин. Встановлено, що метод прогріву двигуна суттєво впливає як на час прогріву двигуна і нейтралізатора, так на і витрату палива двигуном автомобіля та на зниження концентрацій оксиду вуглецю і вуглеводнів при виході на робочий режим. Визначено комбінований режим, який при встановленні оптимальних співвідношень часу прогріву в режимі холостого ходу і в русі найбільш доцільний.

Отримані дані для подальшої оцінки методів з точки зору забруднення автомобілем навколишнього середовища.

**Ключові слова:** автомобіль; прогрів двигуна; витрата палива; відпрацьовані гази; концентрації шкідливих речовин.

**Постановка проблеми.** Сучасні автомобільні бензинові двигуни повинні відповідати жорстким екологічним стандартам, які вже впроваджені в Європі, і які також впроваджує Україна. Автомобілі, залежно від дати реєстрації в Україні, повинні відповідати стандартам Євро-3, Євро-4 чи Євро-5. Впровадження екологічного стандарту Євро-6 для автомобілів в Україні перенесено до 2020 року [1].

Зазначені стандарти містять вимоги до максимальних викидів бензинових двигунів та дизелів і відіграють важливу роль у зниженні шкідливих речовин, до яких належать оксид вуглецю (CO), оксиди азоту ( $NO_x$ ), вуглеводні ( $C_mH_n$ ) і тверді частинки (сажа).

З кожним роком стандарти Євро послідовно ставали жорсткішими. Ефект їх застосування полягає у поетапному впровадженні інноваційних рішень в конструкцію автомобіля, які зменшують викиди відпрацьованих газів. Крім модернізації автомобілів на кожному етапі введення нових норм Євро впроваджувалися і більш жорсткі вимоги до якості палив. Крім цього, загальновизнано, що забезпечення вимог стандартів Євро можливе тільки завдяки використанню додаткового обладнання (нейтралізаторів) у системі випуску відпрацьованих газів.

Використання автомобіля протягом року передбачає його експлуатацію при різних температурних режимах. Особливо важливою є підготовка до експлуатації в зимовий період, коли температура атмосферного повітря коливається в діапазоні від  $-5$  до  $-24$  °C.

Пускові якості автомобільних двигунів транспортних засобів оцінюються граничною температурою надійного пуску і часом, необхідним для підготовки до прийняття навантаження [2]. При низьких температурах навколишнього середовища і самого автомобільного двигуна пуск ускладнюється, надійність пуску істотно знижується, а час підготовки до прийняття навантаження зростає. Тому на практиці прийнято розділяти роботу автомобільного двигуна при здійсненні передпускової підготовки, пуску і післяпускового прогріву в умовах низьких температур, а саме прогрів в режимі холостого ходу, прогрів в русі, приймання навантаження, тощо [3].

Двигун готовий до прийняття повного навантаження за температури охолоджуючої рідини в системі охолодження  $70-95$  °C. Неповне навантаження двигун може сприймати вже за температури в системі охолодження  $50$  °C. За нижчої температури у двигуні спостерігаються неоднозначні процеси. Особливо велике навантаження на деталі і механізми двигуна в перші хвилини після запуску холодного двигуна. В силу того, що деталі двигуна виготовлені з різних матеріалів, що мають неоднаковий коефіцієнт теплового розширення, в одних вузлах двигуна прослідковуються удари через занадто великі зазори між деталями, в інших механізмах, навпаки, відбувається підвищений знос деталей в зонах тертя через малі зазори і відсутність оливи [4, 5].

Дослідження характеристик прогріву сучасних автомобільних бензинових двигунів, на нашу думку, є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень.** Легкові автомобілі в Україні значний період експлуатують в умовах від'ємних температур атмосферного повітря. Це викликає підвищений інтерес науковців до характеристик експлуатації, зокрема зміни концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах в період пуску двигуна, прогріву його та експлуатаційних режимів (холостого ходу і навантажувальних режимів). Важливою задачею є визначення оптимальних впливів в експлуатації для зменшення витрати палива автомобілями, вартість якого постійно зростає. Ці питання висвітлювались в наукових публікаціях та дисертаційних дослідженнях низки авторів [6–10]. Разом з тим в цих роботах не досліджували вплив багатьох факторів, які мають місце в умовах експлуатації.

**Постановка завдання.** Ефективний прогрів двигуна автомобіля дозволяє пришвидшити початок руху автомобіля, зменшити витрату палива та забезпечити подовження терміну якісної експлуатації транспортного засобу.

Сучасні автомобілі обов'язково обладнують каталітичними нейтралізаторами і ефективний прогрів нейтралізатора дозволяє зменшити вплив транспортного засобу на довкілля через зменшення викидів шкідливих речовин [11].

Дана робота присвячена дослідженню зміни витрати палива та концентрацій шкідливих речовин, що надходять в атмосферне повітря від бензинового двигуна легкового автомобіля, обладнаного системою розподіленого впорскування і каталітичним трикомпонентним нейтралізатором, встановленим безпосередньо біля випускного колектора двигуна.

**Викладення основного матеріалу.** Дослідження проводились на автомобілі HYUNDAI GETZ (універсал), рік випуску 2008, який обладнано рядним, чотирициліндровим, чотиритактним бензиновим двигуном DOHC 4Ч 7,55/7,81 з рідинним охолодженням та п'ятиступеневою механічною коробкою передач.

Двигун обладнаний електронною системою управління KEFICO і системою нейтралізації шкідливих викидів у відпрацьованих газах. Дозування палива, необхідне для ефективної роботи двигуна здійснюється відповідно до сигналів з датчиків, які контролюють частоту обертання колінчастого вала, витрату повітря на впуску в двигун, тиск у впускному колекторі, положення дросельної заслінки, температуру повітря і охолоджуючої рідини. Стехіометричний склад паливоповітряної суміші, необхідний для ефективної роботи системи нейтралізації шкідливих викидів, підтримується за допомогою двох кисневих датчиків (лямбда-зондів).

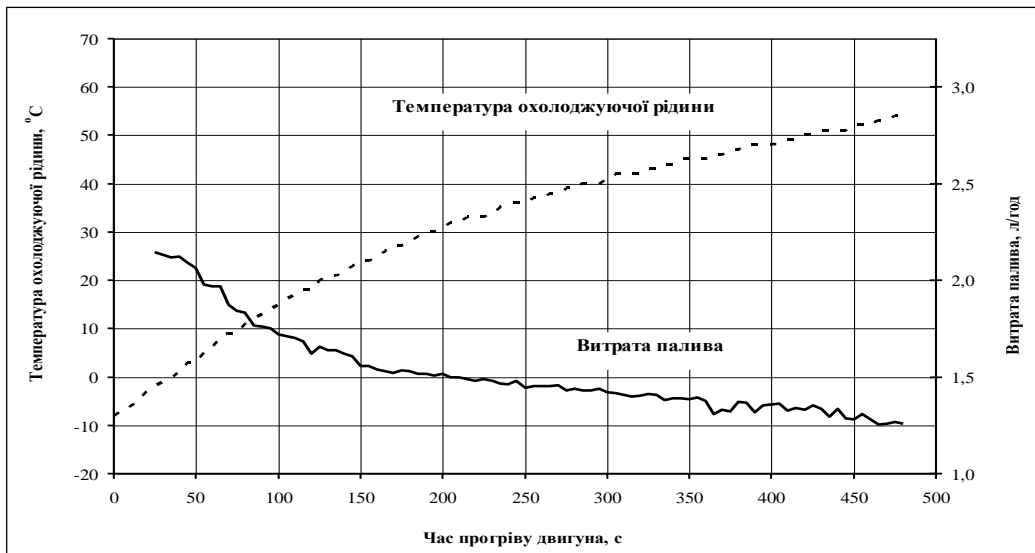
Для визначення характеристик прогріву за початкового запуску двигуна за температур від  $-6^{\circ}\text{C}$  до  $-12^{\circ}\text{C}$  фіксували параметри двигуна (температуру і тиск повітря на впуску, температуру охолоджуючої рідини в системі охолодження, частоту обертання колінчастого вала двигуна, об'ємну миттєву витрату палива в літрах за годину) та вимірювали концентрації оксидів вуглецю та вуглеводнів за різних режимів прогріву двигуна. Такими режимами були обрані: режим активного холостого ходу за мінімальної частоти обертання; комбінований режим, коли частково двигун прогривається в режимі холостого ходу і подальший прогрів здійснюється в режимі руху автомобіля за ощадливого надання навантаження та прогрів двигуна в русі з мінімальним проміжком часу після запуску двигуна до початку руху. За руху автомобіля дорогами міста фіксували поточну швидкість автомобіля та пройдену дистанцію.

Автомобіль досліджували в звичайних умовах експлуатації міста Києва, що включають безгаражне зберігання автомобіля, запуск і прогрів двигуна на відкритих стоянках, рух автомобіля в початковий момент зі швидкістю до 20 км/год для виїзду від місця стоянки в житловому секторі, подальший рух автомобіля вулицями загального користування з світлофорним регулюванням зі швидкістю до 60 км/год.

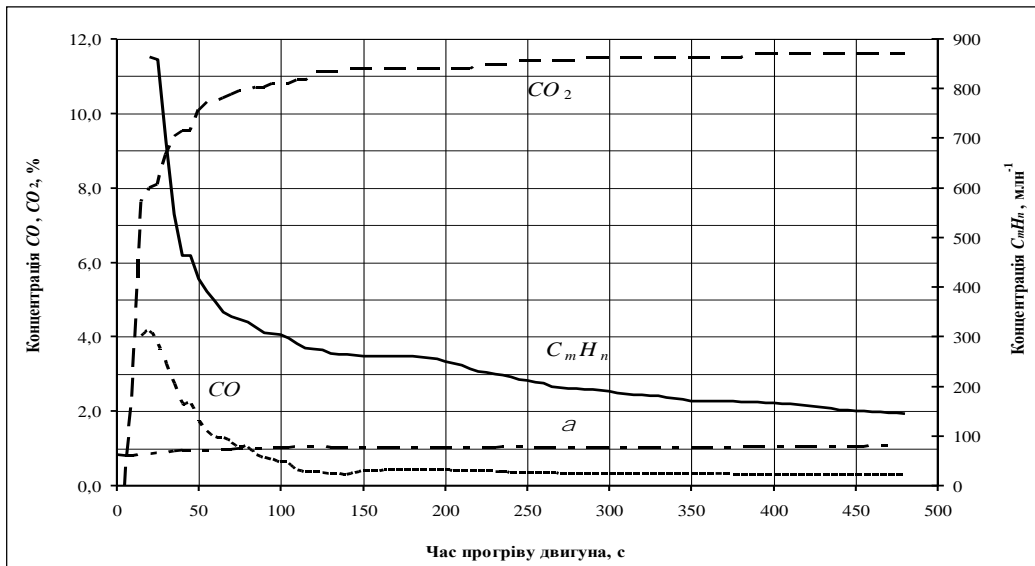
Автомобіль був дообладнаний апаратурою для визначення концентрацій компонентів відпрацьованих газів, яка не потребує втручання в конструкцію автомобіля (багатокомпонентний газоаналізатор МЕТА «Автотест 01» та альфамер STAG AFR).

Результати випробувань за режиму активного холостого ходу показані на рисунку 1, за прогріву двигуна в русі автомобіля на рисунку 2 і за комбінованого режиму прогріву на рисунку 3.

За початкової температури охолоджуючої рідини двигуна  $-8^{\circ}\text{C}$  час прогріву до  $50^{\circ}\text{C}$  склав 420 секунд. При цьому витрата палива двигуном зменшилась з 2,15 до 1,33 л/год. Концентрація оксиду вуглецю  $\text{CO}$  знизилась з 4 до 0,3 %, а концентрація вуглеводнів  $\text{C}_m\text{H}_n$  з 860 до 160 млн<sup>-1</sup>. Найбільш інтенсивне зниження концентрацій  $\text{CO}$  та  $\text{C}_m\text{H}_n$  спостерігалось перші 100 секунд прогріву двигуна із-за швидкого прогріву трикомпонентного нейтралізатора. При цьому режим холостого ходу не забезпечує повного прогріву нейтралізатора, що знижує його ефективність.

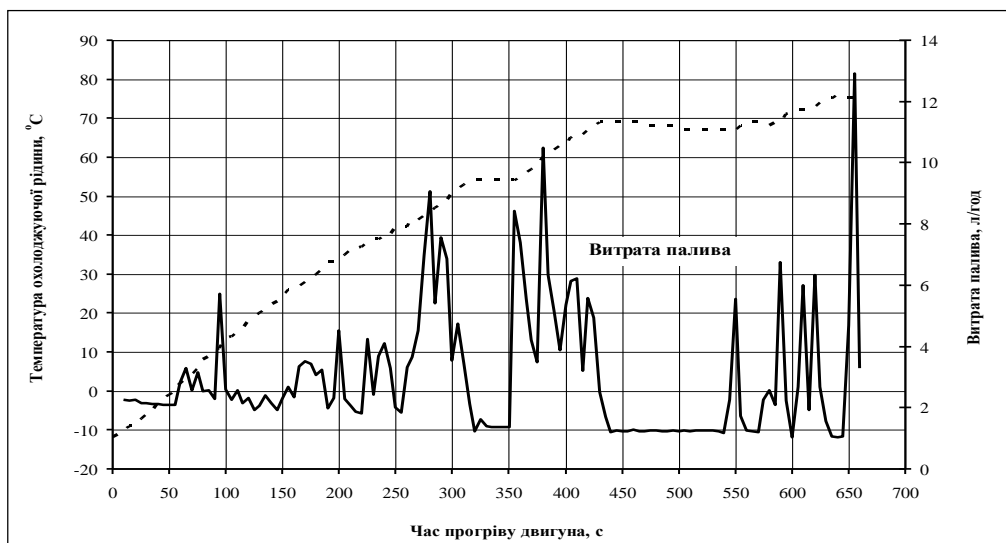


а)



б)

Рис. 1. Витрата палива та температура охолоджуючої рідини (а) та концентрації компонентів відпрацьованих газів (б) за прогріву двигуна в режимі холостого ходу



а)

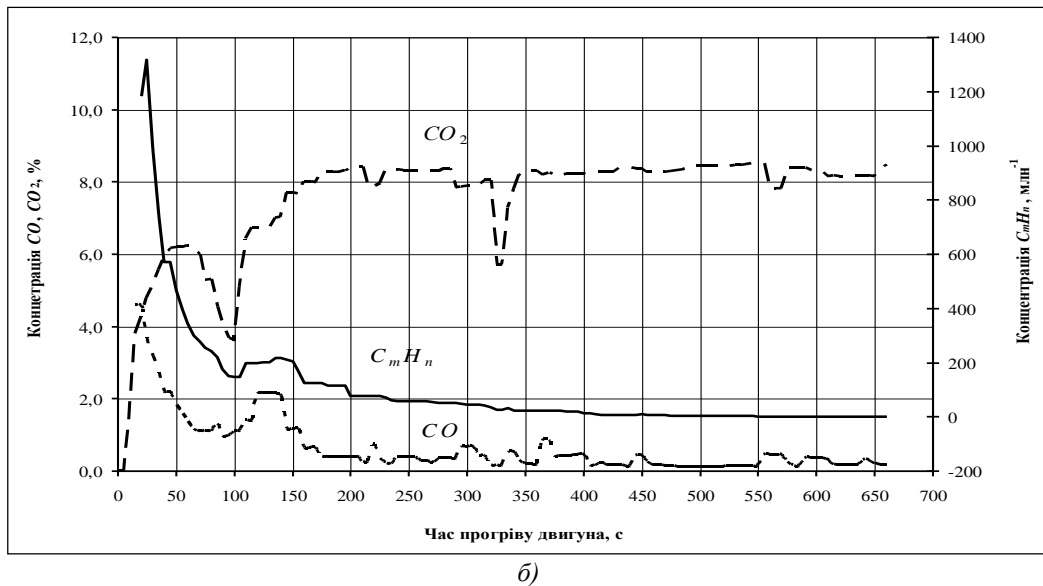
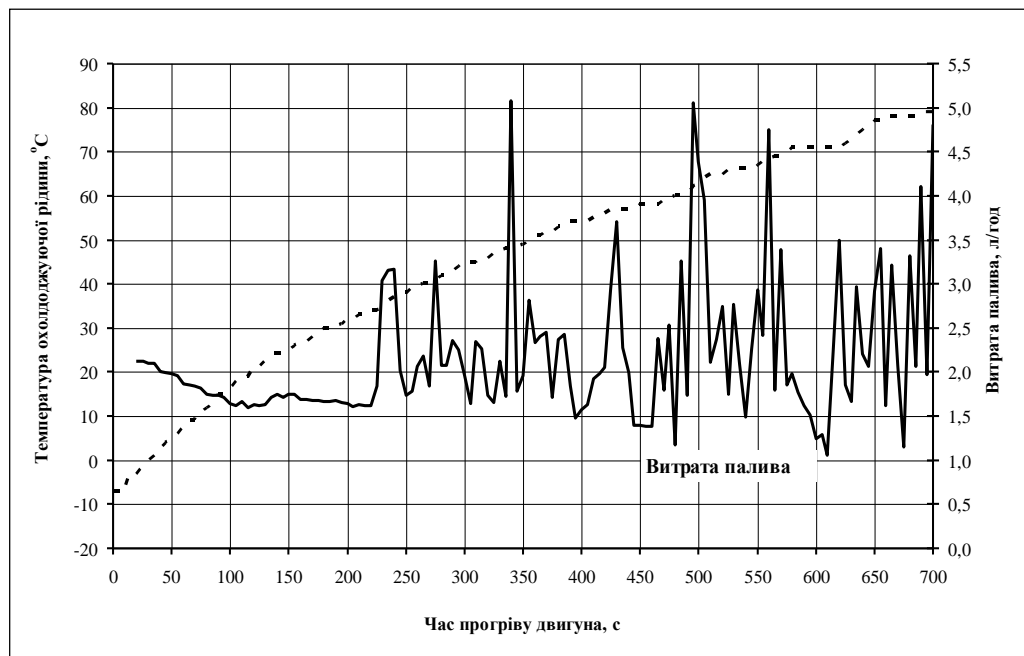
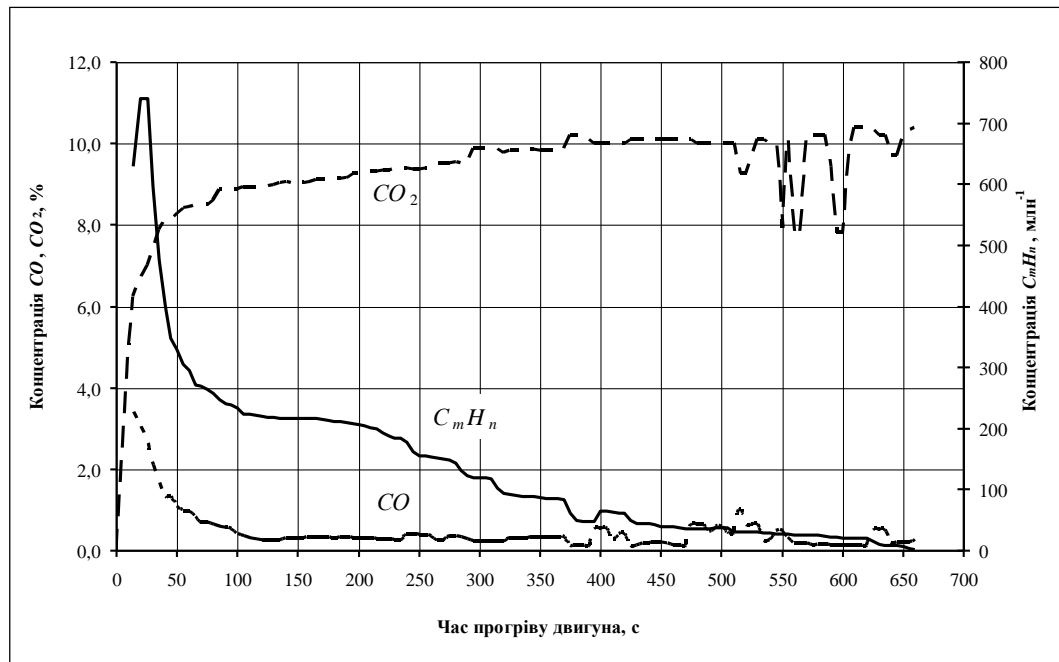


Рис. 2. Витрата палива та температура охолоджуючої рідини (а) та концентрації компонентів відпрацьованих газів (б) за прогріву двигуна в русі

Прогрів в русі досліджувався за початкової температури охолоджуючої рідини  $-12^{\circ}\text{C}$ . Температура на рівні  $50^{\circ}\text{C}$  встановилась вже через 300 секунд прогріву. Концентрація оксиду вуглецю за цей період знизилась з 4,6 до 0,2 %, але при цьому спостерігалось і підвищення концентрації  $\text{CO}$  до 2,15 % при збільшенні навантаження на двигун в період розгону автомобіля. Також збільшення навантаження викликало підвищення витрати палива до 5,7 і навіть до 9 л/год. Подальший прогрів забезпечив збільшення температури охолоджуючої рідини до  $75^{\circ}\text{C}$ . Разом з цим робота двигуна з більшою витратою палива на навантажувальних режимах забезпечила оптимальну температуру нейтралізатора, що призвело до зниження концентрації вуглеводнів до  $0 \text{ млн}^{-1}$ , а оксиду вуглецю до 0,1 %. При цьому збільшення витрати палива, за розгонів на дорозі, призводило і до збільшення концентрації  $\text{CO}$  до 0,5 %.



а)



б)

Рис. 3. Витрата палива та температура охолоджуючої рідини (а) та концентрації компонентів відпрацьованих газів (б) за комбінованого режиму прогріву двигуна

Режим комбінованого прогріву двигуна досліджувався за початкової температури охолоджуючої рідини  $-7^{\circ}\text{C}$ . Як і в попередніх режимах прогріву суттєве зниження концентрацій оксиду вуглецю та вуглеводнів прослідковується за перші 100 секунд прогріву. За прогріву в режимі холостого ходу температура охолоджуючої рідини підвищилась до  $34^{\circ}\text{C}$  за 220 секунд. Подальше підвищення температури пов'язане з прогрівом в русі. Контрольна температура в  $50^{\circ}\text{C}$  встановлюється за 350 секунд прогріву, але при цьому знижується витрата палива, яка і в подальшому не перевищувала в навантажувальних режимах 5 л/год. Аналогічно до попереднього режиму прогріву в русі температура охолоджуючої рідини за 650 секунд підвищується до  $77^{\circ}\text{C}$  а концентрації CO і  $C_mH_n$  знижуються майже до нуля. Таким чином, комбінований режим прогріву поєднав переваги двох попередніх режимів, забезпечуючи ефективне зниження концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах та зниження витрати палива за час прогріву.

**Висновок.** Зниження температури атмосферного повітря призводить до погіршення експлуатаційних та екологічних показників транспортних засобів. Одним із шляхів зменшення негативного впливу на середовище є визначення раціонального режиму прогріву двигуна. В ході досліджень були отримані дані, які підтверджують можливість зниження витрати палива та концентрацій шкідливих речовин використанням комбінованого режиму прогріву двигуна автомобіля. Разом з тим важливим показником при порівнянні режимів прогріву є шлях, пройдений автомобілем за час прогріву. Ці дані будуть отримані при опрацюванні отриманих замірів. Результати експериментів будуть використані для подальшої оптимізації процесів прогріву двигунів, особливо в умовах низьких температур навколишнього середовища.

#### Список використаної літератури:

1. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про деякі питання ввезення на митну територію України та реєстрації транспортних засобів» щодо посилення адаптаційної спроможності та поетапного запровадження в Україні міжнародних екологічних вимог до транспортних засобів»: № 32 : ст. 345 / Верховна Рада. – 2017.
2. *Оберемок В.З.* Пуск автомобільних двигателів / В.З. *Оберемок, І.М. Юрковський.* – М. : Транспорт, 1979. – 118 с.
3. *Гутаревич Ю.Ф.* Снижение вредных выбросов и расхода топлива двигателями автомобилей путем оптимизации эксплуатационных факторов : дис. ... д-ра т.н. : Спец. 05.22.10, 05.04.02 / Ю.Ф. *Гутаревич.* – К., 1985. – 538 с.
4. *Резник Л.Г.* Приспособленность автомобилей к низким температурам воздуха / Л.Г. *Резник, Г.М. Ромалис, С.Т. Чарков.* – Тюмень : ТГУ, 1985. – 105 с.
5. *Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и другие.* – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 2001. – 535 с.
6. *Гутаревич Ю.Ф.* Вплив способу прогріву бензинового двигуна на паливну економічність та екологічні

- показники автомобіля / Ю.Ф. Гутаревич, Р.В. Симоненко / Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів : збірник наук. праць. – К. : НТУ ; ТАУ. – 2002. Вип. 15. – С. 73–77.
7. Симоненко Р.В. Покращення паливної економічності і екологічних показників автомобілів шляхом раціонального прогріву їх двигунів : дис. ... к.т.н. : Спец. 05.22.20 / Р.В. Симоненко. – Київ, 2003. – С. 210.
  8. Грицук І.В. Вплив параметрів і режимів роботи системи комбінованого прогріву на паливну економічність і екологічні показники двигуна внутрішнього згорання / І.В. Грицук, О.С. Добровольський, Д.С. Адров // Вісник СевНТУ : збірник наук. праць. Серія : Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь : СевНТУ, 2012. – Вип. 134/2012. – С.172–175.
  9. Трифонов Д. Підвищення ефективності нейтралізації відпрацьованих газів двигуна з іскровим запалюванням в режимі прогріву : монографія / Д.Трифонов // Systemy i środki tranaportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Systems and means of motor transport. Selected problems. Seria : Transport. – Rzeszów, 2016. – № 7. – Р. 195–202.
  10. Трифонов Д.М. Поліпшення паливної економічності і екологічних показників автомобіля використанням теплових акумуляторів фазового переходу для прогріву двигуна : дис. ... к.т.н. : Спец. 05.22.20 / Д.М. Трифонов. – Київ, 2018. – С. 236.
  11. Кухтик Н.О. Прогрів каталітичного нейтралізатора після запуску холодного двигуна і його вплив на ефективність нейтралізації забруднюючих речовин / Н.О. Кухтик // Вісник Національного транспортного університету. Серія : Технічні науки : наук.-тех. збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37). – С. 195–202.

#### References:

1. Verkhovna Rada Ukrainy (2017), «Pro vnesennya zmin do Zakonu Ukrainy «Pro deyakі pytannya vvezennya na mytnu teritoriyu Ukrainy ta reyestratsiyi transportnykh zasobiv», otnosytel'no Posylennya adaptatsiyanoi spromozhnosti ta poetaрна zaprovadzheniya v Ukraini mizhnarodnykh ekolohichnykh vymoh do transportnykh zasobiv», No. 32, st. 345.
2. Oberemok, V.Z., and Yurkovskiy, I.M. (1979), *Pusk avtomobil'nykh dyvuniv*, Transport, Moscow, 118 p.
3. Gutarevich, Yu. (1985), *Snizheniye vrednykh vybrosov i raskhoda topliva dvigatelyami avtomobiley putem optimizatsii ekspluatatsionnykh faktorov*, Doctor's thesis of diss., KADI, Kyiv, 538 p.
4. Reznik, L.G., Romalis, G.M. and Charkov, S.T. (1985), *Prisposoblennost' avtomobiley k nizkim temperaturam vozdukhа*, TGU, Tyumen', 105 p.
5. Kuznetsov, E.S., Boldin, A.P., Vlasov, V.M. and others (2001), *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley*, Nauka, Moscow, 535 p.
6. Gutarevich, Yu.F., and Symonenko, R.V. (2002), «Vplyv sposobu prohrivu benzynovoho dyvuna na palyvno ekonomichnist' ta ekolohichni pokazately avtomobilya», *Systemni metody keruvannya, tekhnolohiya ta orhanizatsiya vyrobnystva, remontu y ekspluatatsiyi avtomobiliv*, Zbirnyk naukovykh prats', NTU, TAU, Kyiv, Iss. 15, Pp. 73–77.
7. Symonenko, R.V. (2003), *Pokrashchemiya palivnoyi ekonomichnosti y ekolohichnykh pokaznikiv avtomobiliv shlyakhom ratsional'noho prohrivu yikh dyvuniv*, k.t.n. thesis of diss., Kyiv, 210 p.
8. Hrytsuk, I.V., Dobrovol's'kyi, O.S. and Adrov, D.S. (2012), «Vplyv parametriv y rezhimiv roboty systemy kombinovanoho prohrivu na palyvno ekonomichnist' y ekolohichni pokazately dyvuna vnutrishn'oho z'horannya», *Visnyk SevNTU*, zbirnyk nauk. prats', Seriya *Mashinopriladobuduvannya ta transport*, SevNTU, Sevastopol', Iss. 134 Pp. 172–175.
9. Trifonov, D. (2016), «Pidvyshchennya efektyvnosti neytralizatsiyi vidprats'ovanykh haziv dyvuna z iskrovim zapalyuvannya v rezhimi prohrivu», *Systemy i środki tranaportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Systems and means of motor transport. Selected problems*, Seria *Transport*, Monografia, No. 7, Rzeszów, Pp. 195–202.
10. Trifonov, D.M. (2018), *Polipshennya palivnoyi ekonomichnosti y ekolohichnykh pokaznikiv avtomobilya vykorystannya teplovykh akumulyatoriv fazovoho perekhodu dlya prohrivu dyvuna*, k.t.n. thesis of diss., Kyiv, 236 p.
11. Kukhtyk, N.O. (2017), «Prohriv katalitichnoho neytralizatora posle zapusku kholodnoho dyvuna y eho vplyv na efektyvnist' neytralizatsiyi zabrudnyuyuchoy rehovyny», *Visnyk natsional'noho transportnoho universytetu*, Seriya *Tekhnichni nauky*, Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk, NTU, Kyiv, Iss. 1 (37), Pp. 195–202.

**Кухтик** Наталія Олександрівна – старший викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, аспірант кафедри двигунів та теплотехніки Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- експлуатація автомобільного транспорту;
- проблеми автомобільного транспорту;
- екологія транспорту.

Тел.: +38 (097) 395–94–78.

E-mail: natakuchtik@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 20.08.2018.