

УДК 621.43+621.43.016.4-57+536.421+541.6:541.183

ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМУ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З УРАХУВАННЯМ ПРОГРІВУ В ПРОЦЕСІ РУХУ

В.П. Матейчик, професор, д.т.н., М.П. Цюман, доцент, к.т.н., НТУ
В.П. Волков, професор, д.т.н., І.В. Грицук, доцент, к.т.н., ХНАДУ

***Анотація.** У статті описується алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху. В межах розробленого алгоритму, показана системна взаємодія його складових при визначенні основних енергетичних, паливно-економічних і екологічних показників двигуна і транспортного засобу.*

***Ключові слова:** транспортний засіб, двигун, прогрів, процес руху, алгоритм, паливна економічність, екологічні показники.*

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА ИССЛЕДОВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ПРОГРЕВА В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ

В.П. Матейчик, профессор, д.т.н., Н.П. Цюман, доцент, к.т.н., НТУ
В.П. Волков, профессор, д.т.н., И.В. Грицук, доцент, к.т.н., ХНАДУ

***Аннотация.** В статье описывается алгоритм исследования топливной экономичности и экологических показателей транспортного средства с учетом прогрева в процессе движения. В рамках разработанного алгоритма, показано системное взаимодействие его составляющих в процессе определения основных энергетических, топливно-экономических и экологических показателей двигателя и транспортного средства.*

***Ключевые слова:** транспортное средство, двигатель, прогрев, процесс движения, алгоритм, топливная экономичность, экологические показатели.*

FEATURES OF ALGORITHM THE RESEARCH OF FUEL ECONOMY AND ENVIRONMENTAL INDEXES OF VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT THE WARMING UP IN THE PROCESS OF MOVEMENT

V. Mateichyk, Prof. D. Sc. (Eng.), M. Tsiuman, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.), NTU
V. Volkov, Prof. D. Sc. (Eng.), I. Grytsuk, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.), KhNAHU

***Abstract.** This paper describes an algorithm of study the fuel economy and environmental indexes of the vehicle, taking into account warming up in the process of movement. As part of the algorithm, is shown the systemic interaction between components in the process of determining the main power, fuel-economic and environmental indexes of the engine and the vehicle.*

***Keywords:** vehicle, engine, warming up, the process of movement, the algorithm, fuel economy, environmental indexes.*

Вступ

Вирішення проблеми формування оптимального температурного стану (ОТС) двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) і транспортного засобу (ТЗ) в процесі

передпускової і післяпускової теплової підготовки та експлуатації ТЗ – це складна задача, що може вирішуватись використанням системних методів дослідження [1]. Складовою частиною такого дослідження є визначення паливної

економічності та екологічних показників ТЗ з урахуванням прогріву в процесі руху [1]. Для одночасного впливу на основні системні об'єкти двигуна і ТЗ застосовується комплексна система комбінованого прогріву (КСКП) на основі теплових акумуляторів (ТА) з теплоакумуючим матеріалом (ТАМ), що мають фазовий перехід [1, 2].

Аналіз публікацій

Основні положення або напрямки системного підходу успішно застосовували в дослідженнях об'єктів автомобільної техніки і транспорту такі вчені, як А.Н. Островцева, Є.С. Кузнецов, М.Я. Говорущенко та А.М. Туренко, В.В. Рудзінський, Н.М. Маяк, П.Р. Левковець, Ю.Г. Котиков, В.В. Скалозуб та В.М. Ільман, Ю.В. Горбик, В.Д. Мигаль, А.Н. Пойда, Г.Б. Безбородова та В.Г. Галушко, А.С. Терехова, А.В. Серов, В.Н. Луканін і Ю.В. Трофименко, Ю.Ф. Гутаревич, В.П. Матейчик і М.Ф. Дмитриченко, І.О. Вашуркин, В.О. Романов, Р.М. Сафіулліна та інші [3-7].

Мета і постановка завдання

Метою статті є обґрунтування і розробка алгоритму дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху. Дослідження в рамках вирішення даної проблеми проведено на кафедрах НТУ і ХНАДУ, де на основі математичної моделі системи «двигун-нейтралізатор» розроблено методику і алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням особливостей прогріву транспортного двигуна в процесі його руху.

Формування алгоритму визначення і оцінювання окремих критеріїв забезпечення оптимального температурного стану ДВЗ і ТЗ в умовах експлуатації

В процесі розробки заходів для формування ОТС двигуна і ТЗ в різних умовах експлуатації серед основних етапів побудови ієрархічної структури дослідження (ІСД) можливо виділити вибір способу забезпечення оптимального температурного стану ДВЗ і ТЗ. Основні стадії і етапи вибору способу забезпечення і оцінювання ОТС ТЗ в

умовах експлуатації показані на рис. 1. В блоках 1 - 7 здійснюється вибір способу забезпечення оптимального температурного стану ДВЗ і ТЗ на основних етапах вибору: на стадії проектування ДВЗ і ТЗ (блоки 1, 3 – 5, 7) і на стадії використання та експлуатації ДВЗ і ТЗ (блоки 2 - 7). Зворотні зв'язки з блоку 8 - порівняння за умовами експлуатації і вимогами виробників ДВЗ і ТЗ - показують, що рішення щодо забезпечення ОТС двигуна і ТЗ в умовах експлуатації може бути прийнято за результатами оцінки на кожному окремому етапі або після виконання оцінки забезпечення ОТС на всіх визначених попередньо етапах. Зворотній зв'язок відображає ітераційний характер процесу побудови ІСД [7].

Основні системні положення формування алгоритмів визначення паливної економічності та екологічних показників двигуна і ТЗ з урахуванням прогріву в процесі руху

При цьому, для формування і дослідження ОТС двигуна і ТЗ в різних умовах експлуатації необхідно обов'язково розглядати можливості варіантів його забезпечення в процесі руху ТЗ. Для цього необхідно визначати енергетичні, паливо-економічні і екологічні показники двигуна і ТЗ. В процесі такого дослідження з урахуванням прогріву в процесі руху, доцільно враховувати особливості застосування основних методів, що базуються на системному підході і логічній організації вирішення проблеми теплової підготовки і управління тепловим станом двигуна і ТЗ.

В процесі оцінювання економічності та екологічних показників ТЗ з урахуванням прогріву в процесі руху доцільно використовувати розроблені методики оцінки, як у випадку використання окремих режимів руху ТЗ, так і в русі ТЗ на маршруті.

В першому випадку описуються, як окремі режими руху ТЗ, так і характерні режими його руху в їздовому циклі. При цьому враховуються особливості роботи двигунів ТЗ в неусталених режимах в процесі руху, а також процес прогріву двигуна і ТЗ при сумісній роботі двигуна і трансмісії ТЗ. Після перевірки достовірності результатів за вимогами споживача, за вимогами виробника

і за експериментальними даними можливо проводити визначення паливної економічності та екологічних показників

двигуна і ТЗ з урахуванням прогріву в процесі руху в умовах їздових циклів (рис. 2).

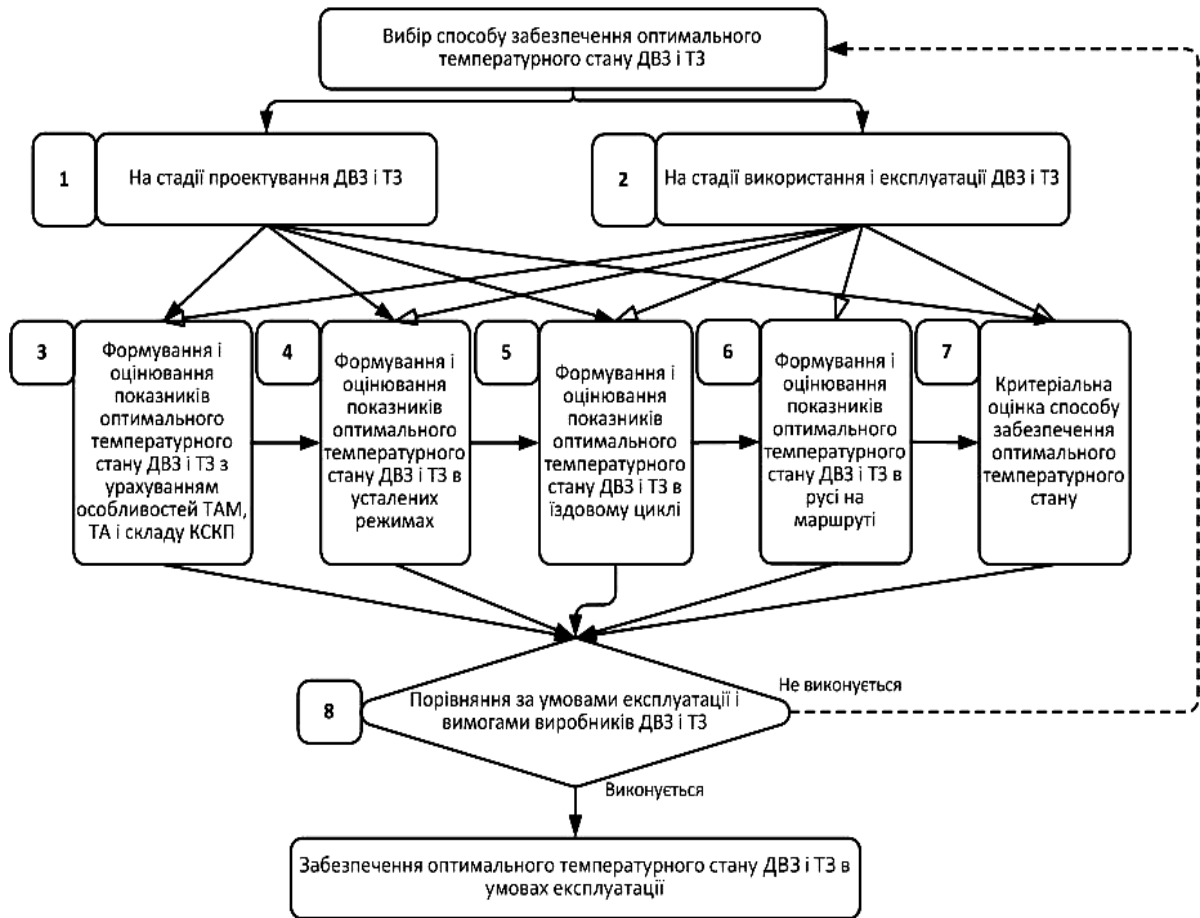


Рис. 1. Стадії та етапи вибору способу забезпечення і оцінювання оптимального теплового стану ТЗ в умовах експлуатації

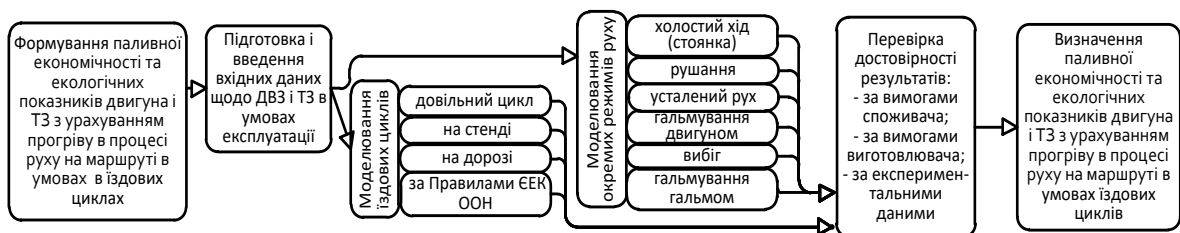


Рис. 2. Схема алгоритму визначення паливної економічності та екологічних показників двигуна і ТЗ з урахуванням прогріву в процесі руху в умовах їздових циклів

В другому випадку описуються відповідні показники в процесі руху на маршруті, де поряд з моделюванням окремих режимів руху ТЗ моделюються маршрутні умови, які дозволяють враховувати дорожні, транспортні умови та умови керування ДВЗ та трансмісією ТЗ. Після виконання перевірки достовірності результатів за

вимогами споживача, за вимогами виробника і за експериментальними даними можливо проводити визначення паливної економічності та екологічних показників двигуна і ТЗ з урахуванням прогріву в процесі і в умовах руху на маршруті (рис. 3).

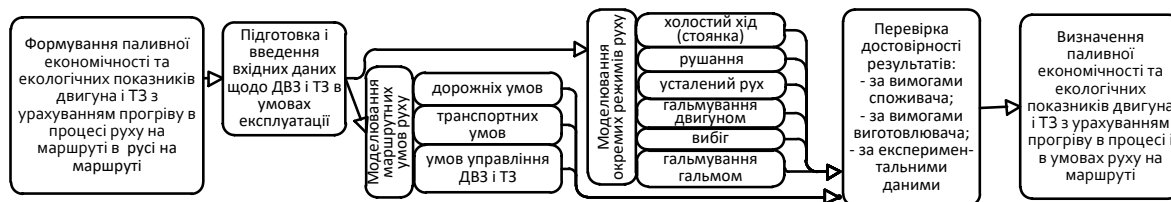


Рис. 3. Схема алгоритму визначення паливної економічності та екологічних показників двигуна і ТЗ з урахуванням прогріву в процесі і в умовах руху на маршруті

На кожному етапі визначення і оцінювання паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху проводиться перевірка достовірності результатів шляхом порівняння з експериментальними та статистичними даними, діючими нормами. Наприкінці алгоритму проводиться загальна економічна оцінка досліджуваних варіантів і формується загальний висновок щодо забезпечення паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху у відповідних умовах експлуатації. Використання запропонованих методик визначення і оцінювання паливної економічності та екологічних показників ТЗ з урахуванням прогріву в процесі руху має свої особливості.

Методика і алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху

Для досягнення поставленої мети було розроблено методику і алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників ТЗ з урахуванням його прогріву в процесі руху. В основу розробленого алгоритму були покладені відповідні залежності математичної моделі системи «двигун-нейтралізатор» [8-10].

Крім цього, в основу алгоритму вирішення поставленої проблеми покладені методики дослідження основних експлуатаційних показників ТЗ в режимах їздового циклу ТЗ згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05. Такий цикл використовується для оцінювання показників екологічної безпеки ТЗ, зокрема, викидів шкідливих речовин і паливної економічності легкових автомобілів та вантажних автомобілів малої вантажопідйомності. Цикл складається з

чотирьох елементарних міських циклів загальною протяжністю 4,052 км за час 780 с і максимальною швидкістю 50 км/год та магістрального циклу протяжністю 6,955 км за час 400 с і максимальною швидкістю 120 км/год. [11].

В основу моделювання руху ТЗ в їздовому циклі згідно Правил ЄЕК ООН № 83-05 покладено залежності необхідного крутного моменту двигуна M_e і частоти обертання колінчастого валу n_o , які забезпечують відповідні швидкості V_a і прискорення j_a автомобіля при русі в циклі. Необхідний крутний момент двигуна визначається із залежності [11], Н·м:

$$M_e = \frac{[M_a \cdot g \cdot \psi + M_a \cdot j_a \cdot (1,04 + 0,04 \cdot U_i^2) + C_x \cdot \rho_n \cdot F \cdot \frac{V_a^2}{2}] \cdot r_o}{U_i \cdot U_0 \cdot \eta_{mp}}$$

де M_a - маса автомобіля з водієм, кг; g - прискорення вільного падіння, m/c^2 ; ψ - коефіцієнт дорожнього опору; j_a - прискорення автомобіля, m/c^2 ; U_i - передаточне число i -тої передачі КПП; U_0 - передаточне число головної передачі; C_x - коефіцієнт аеродинамічного опору; ρ_n - густина повітря, kg/m^3 ; F - площа фронтального перерізу автомобіля, m^2 ; V_a - швидкість автомобіля, m/c ; r_o - динамічний радіус колеса, m ; η_{mp} - к.к.д. трансмісії.

Частота обертання колінчастого валу, xv^{-1} :

$$n_o = \frac{30 \cdot U_i \cdot U_0 \cdot V_a}{\pi \cdot r_o} \quad (2)$$

На ділянках розгону циклу визначаються значення необхідного крутного моменту і частоти обертання колінчастого валу двигуна

в початковий і кінцевий моменти ділянки для подібних умов в усталених режимах і приймається, що зміна цих показників двигуна відбувається лінійно. При сповільненні із включеним зчепленням необхідний крутний момент не визначається і приймається, що витрата палива відсутня. При сповільненні з виключеним зчепленням приймається, що частота обертання колінчастого вала двигуна відповідає мінімальній частоті обертання холостого ходу.

Визначення ефективності роботи каталітичного нейтралізатора здійснюється в

залежності від коефіцієнту надлишку повітря і температури каталітичного блоку. Для математичного опису впливу температури каталітичного блоку на ефективність нейтралізації були використані експериментальні залежності ступеня перетворення основних шкідливих речовин в каталітичному нейтралізаторі від температури каталітичного блоку [12].

Розроблений алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху показаний на рис. 4.

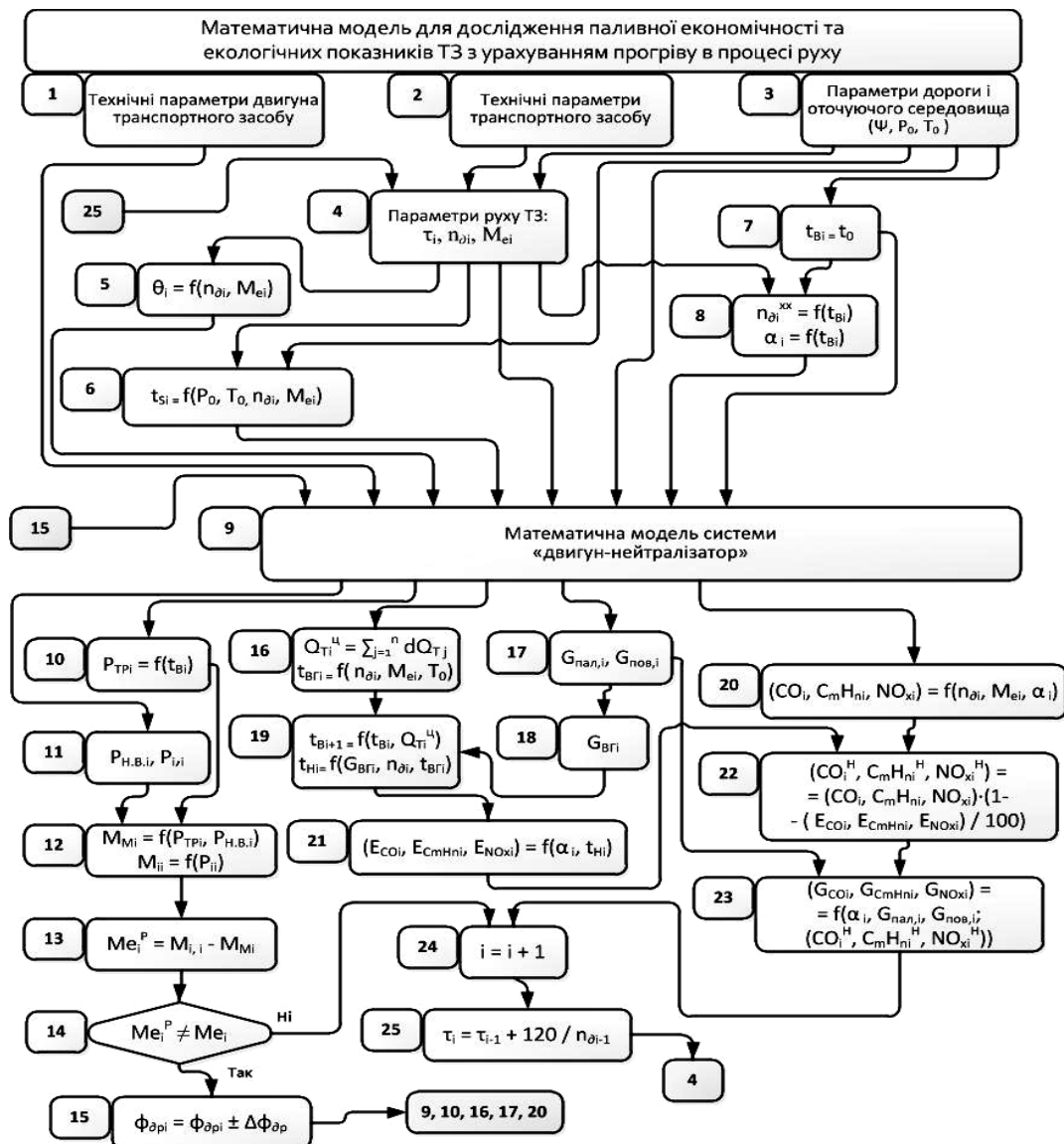


Рис. 4. Алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху

На початку розрахунків в блоках 1-3 проводиться введення початкових даних для здійснення розрахунку.

У блоках 1 і 2 проводиться встановлення параметрів ТЗ і його двигуна. Для прикладу,

в табл. 1 показані технічні параметри автомобіля KIA CEE'D 2,0 5MT2, а в табл. 2 – технічні параметри транспортного двигуна

G4GC (4Ч 8,2/9,35), що встановлюється на автомобілі KIA CEE'D 2,0 5MT2, необхідні для розрахунків.

Таблиця 1 Технічні параметри автомобіля KIA CEE'D 2,0 5MT2

№ п/п	Назва параметру	Кількісне значення
1.	Маса автомобіля з водієм, кг	1500
2.	Площа фронтального перерізу автомобіля, м ²	2,139
3.	Коефіцієнт аеродинамічного опору	0,3
4.	Динамічний радіус колеса, м	0,285
5.	Передаточне число 1-ї передачі КПП	3,308
6.	Передаточне число 2-ї передачі КПП	1,962
7.	Передаточне число 3-ї передачі КПП	1,257
8.	Передаточне число 4-ї передачі КПП	0,976
9.	Передаточне число 5-ї передачі КПП	0,778
10.	Передаточне число головної передачі	4,188
11.	К.к.д. трансмісії	0,9

Таблиця 2 Технічні параметри транспортного двигуна G4GC автомобіля KIA CEE'D 2,0 5MT2

Параметри	Позначення параметрів	Розмірність	Значення параметра
Діаметр циліндра	d	м	82
Хід поршня	S	м	93,5
Довжина шатуна	l	м	150,01
Ступінь стиску	ε	-	10,1:1
Число циліндрів	i	-	4
Атмосферний тиск	p_0	Па	101000
Температура навколишнього середовища	T_0	°C	-20, 0, 20
Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг палива	l_0	кг/кг	14,7
Фази газорозподілу:			
Кут відкриття випускного клапану	$\varphi_{в.о.}$	град п.к.в.	42
Кут відкриття впускного клапану	$\varphi_{вп.о.}$	град п.к.в.	11
Кут закриття випускного клапану	$\varphi_{в.з.}$	град п.к.в.	6
Кут закриття впускного клапану	$\varphi_{вп.з.}$	град п.к.в.	59
Діаметр тарілки випускного клапану	$d_{в.}$	мм	26,5
Діаметр тарілки впускного клапану	$d_{вп.}$	мм	31,0
Кількість впускних клапанів	$i_{в.}$	шт.	8
Кількість випускних клапанів	$i_{вп.}$	шт.	8
Нижча теплота згорання палива	H_u	Дж/кг	$43,70 \cdot 10^6$
Діаметр корінної шийки	d_1	мм	56,942-56,962
Діаметр шатунної шийки	d_{12}	мм	44,946-44,966
Діаметр поршневого пальця	d_{23}	мм	20,001-20,006
Кількість компресійних та маслоснімних кілець	i_k	шт.	2+1

У блоці 3 проводиться становлення параметрів дороги і оточуючого середовища: коефіцієнту дорожнього опору, ψ , атмосферного тиску, p_0 , Pa , температури навколишнього середовища, T_0 , K .

В блоках 4 - 8 алгоритму проводиться підготовка необхідних вихідних даних для роботи математичної моделі «двигун-нейтралізатор» Так, в блоці 4 відбувається

визначення параметрів режиму роботи двигуна ТЗ в поточний момент часу: τ_i – поточне значення часу з моменту пуску двигуна ТЗ, с, $n_{\partial i}$ – поточне значення частоти обертання колінчастого валу двигуна, xv^{-1} , M_{ei} – поточне значення ефективного крутного моменту двигуна, Н·м.

В блоці 5 здійснюється визначення кута випередження запалювання θ_i , град п.к.в., як

функції $\theta_i = f(n_{oi}, M_{ei})$. В блоці 6 – визначення температури у впускному трубопроводі двигуна $t_{si} = f(P_o, T_o, n_{oi}, M_{ei})$, К. В блоці 7 встановлюється початкове значення температури охолоджуючої рідини, $t_{vi} = t_o$.

В блоці 8 відбувається визначення поточних значень частоти обертання колінчастого валу двигуна n_{oi}^{xx} в режимі холостого ходу і коефіцієнта надлишку повітря, як функцій від t_{vi} : $n_{oi}^{xx} = f(t_{vi})$, $\alpha_i = f(t_{vi})$.

Всі підготовлені вихідні (початкові) дані поступають в блок 9, де проводяться розрахунки на математичній моделі системи «двигун-нейтралізатор». На виході з неї весь подальший розрахунок проводиться в 3-х паралельних гілках, в яких послідовно виконуються операції щодо визначення основних груп енергетичних, паливно-економічних і екологічних показників двигуна і ТЗ.

В блоці 10 проводиться визначення середнього тиску втрат на тертя в двигуні ТЗ, $P_{TRI} = f(t_{vi})$, Па. В блоці 11 проводиться визначення середнього тиску насосних втрат $P_{H.V.i}$, Па, і середнього індикаторного тиску циклу $P_{i,i}$, Па, двигуна ТЗ. В блоці 12 здійснюється визначення моменту механічних втрат $M_{Mi} = f(P_{TRI}, P_{H.V.i})$, Н·м, і індикаторного крутного моменту $M_{ii} = f(P_{ii})$, Н·м, двигуна ТЗ. В блоці 13 проводиться визначення розрахункового ефективного крутного моменту: $Me_i^P = M_{i,i} - M_{Mi}$, Н·м.

В блоці 14 проводиться перевірка умови відповідності значень розрахункового Me_i^P і необхідного ефективного крутного моменту Me_i двигуна ТЗ. Якщо виконується умова перевірки щодо $Me_i^P \neq Me_i$, то подальший розрахунок відбувається в блоці 15, де проводиться визначення скоректованого значення кута відкриття дросельної заслінки $\varphi_{др}$ з урахуванням величини корекції кута відкриття дросельної заслінки $\Delta\varphi_{др}$ (град), а саме: $\varphi_{дри} = \varphi_{ори} \pm \Delta\varphi_{др}$. Якщо умова $Me_i^P \neq Me_i$ не виконується, то подальший розрахунок проводиться в блоці 24.

В блоці 16 відбувається визначення кількості теплоти, що відводиться від робочого тіла в циліндрі в систему охолодження двигуна (СОД) за один робочий цикл Q_T^H з урахуванням кількості теплоти, що відводиться від робочого тіла в циліндрі в

СОД за j -тий розрахунковий проміжок робочого циклу dQ_{Tj} : $Q_T^H = \sum_{j=1}^n dQ_{Tj}$, Дж, і температури ВГ у впускному колекторі $t_{VГi} = f(n_{oi}, M_{ei}, T_o)$, К. При використанні комплексної системи комбінованого прогріву (КСКП) [1, 2] з тепловими акумуляторами (ТА) фазового переходу – в блоці 16 додатково відбувається коректування кількості теплоти, що відводиться від робочого тіла в циліндрі в СОД на величину додаткового прогріву ОР від елементів КСКП в процесах передпускової і післяпускової теплової підготовки ДВЗ і ТЗ. При цьому враховується теплота (3), що накопичена в ТА фазового переходу елементів КСКП [2, 13]:

$$Q_{AKK} = m_T \cdot \int_{T_1}^{T_\Phi} C_{TB}(T) dT + m_T \cdot r_T + m_T \cdot \int_{T_\Phi}^{T_2} C_P(T) dT = Q_{zap} \quad (3)$$

де m_T – маса ТАМ, що зазнає фазовий перехід плавлення-кристалізація, кг; $C_{TB}(T)$, $C_P(T)$ – питомі масові теплоємності ТАМ залежно від його температури, відповідно в твердій і рідкій фазах, Дж/(кг·К); r_T – питома теплова енергія фазового переходу плавлення-кристалізація, Дж/кг; T , T_2 , T_Φ – температури ТАМ відповідно початкова, кінцева і фазового переходу, К.

В блоці 17 здійснюється визначення годинної витрати палива $G_{нал,i}$, кг/год, і годинної витрати повітря $G_{нов,i}$, кг/год, двигуном ТЗ. Після цього, в блоці 18, проводиться визначення годинного виходу ВГ, $G_{VГi}$, кг/год. Визначення температури охолоджувальної рідини $t_{vi+1} = f(t_{vi}, Q_T^H)$, К, і температури каталітичного блоку нейтралізатора $t_{Hi} = f(G_{VГi}, n_{oi}, t_{VГi})$, К, проводиться в блоці 19.

Екологічні показники двигуна і ТЗ визначаються в блоках 20 - 23. В блоці 20 визначаються концентрації CO (%), $C_m H_n$ (млн⁻¹), NO_x (млн⁻¹) до каталітичного нейтралізатора: $(CO_i, C_m H_{ni}, NO_{xi}) = f(n_{oi}, M_{ei}, \alpha_i)$, в блоці 21 - визначаються ефективність нейтралізації CO , $C_m H_n$, NO_x , %, а саме: $(E_{COi}, E_{C_m H_{ni}}, E_{NO_{xi}}) = f(\alpha_i, t_{Hi})$, а в блоці 22 - визначаються концентрації CO (%), $C_m H_n$ (млн⁻¹), NO_x (млн⁻¹) після каталітичного нейтралізатора, а саме: $(CO_i^H, C_m H_{ni}^H, NO_{xi}^H)$

$= (CO_i, C_m H_{ni}, NO_{xi}) \cdot (1 - (E_{CO_i}, E_{C_m H_{ni}}, E_{NO_{xi}}) / 100)$. Крім цього в блоці 23 проводиться визначення масових викидів $CO, C_m H_n, NO_x$, (кг/год), саме: $(G_{CO_i}, G_{C_m H_{ni}}, G_{NO_{xi}}) = f(\alpha_i, G_{нал,i}, G_{нов,i}; (CO_i^H, C_m H_{ni}^H, NO_{xi}^H))$.

Після визначення основних енергетичних, паливно-економічних і екологічних показників двигуна і ТЗ, в блоці 24 здійснюється зміна порядкового номеру циклу розрахунку i на наступний, $i = i + 1$, а в блоці 25 – поточного часу з моменту пуску двигуна ТЗ: $\tau_i = \tau_{i-1} + 120 / n_{\partial i-1}$.

Висновки

Розроблено алгоритм дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху. В межах розробленого алгоритму, показана системна взаємодія його складових при визначенні основних енергетичних, паливно-економічних і екологічних показників двигуна і транспортного засобу. Застосування цього алгоритму дозволяє визначити показники паливної економічності та екологічні показники транспортного засобу з урахуванням його прогріву в процесі руху, як в умовах їздових циклів, так і в процесі руху на маршруті.

Література

1. Грицук І.В. Організація управління процесом формування оптимального температурного стану двигуна і транспортного засобу / І.В. Грицук // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково - технічний збірник – К.: НТУ, 2015. – Випуск 2 (32), с. 71-80.
2. Волков В.П. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування: монографія / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.Ф. Гутаревич, В.Д. Александров, та інш. - Донецьк: Ноулідж, 2015.– 316 с.
3. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. / М.Ф. Дмитриченко, В.П. Матейчик, О.К. Грицук, М. П. Цюман. – К.: НТУ, 2014. – 168.
4. Вашуркин И. О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой / И.О. Вашуркин. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2001.-148 с.
5. Матейчик В.П. Методи оцінки показників енергоустановок на різних етапах їх вибору для ДТЗ / В.П. Матейчик // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів: зб. наук. пр., 2002. - Вип. 14. - С. 73-76.
6. Матейчик В. П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів / В.П. Матейчик // Вісник НТУ“ХП” №7 (т.2). – 2002. – С.162-167.
7. Сафиуллин Р.Н. Теоретические основы комплексной оптимизации основных величин и параметров ДВС АТС при применении топлив различного качества ДВС / Р.Н. Сафиуллин // Журнал «Вестник гражданских инженеров» № 4 (45), 2014. - с. 104-111.
8. Матейчик В.П. Дослідження впливу регулювальних параметрів на паливну економічність і екологічні показники бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів / В.П. Матейчик, М.П. Цюман // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2010. - № 28. – С. 331-335.
9. Цюман М.П. Методика визначення механічних втрат поршневого двигуна / М.П. Цюман, О.С. Голубов // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2012. – Вип. 57. – С.100-107.
10. Матейчик В.П. Особливості визначення складових механічних втрат двигуна внутрішнього згорання / В.П. Матейчик, М.П. Цюман // Вісник Національного транспортного університету. – Київ, НТУ. –2006. - №13, ч.1. – С.51-55.
11. ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно викидів забруднювальних речовин залежно від палива, необхідного для двигунів.
12. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / Луканин В.Н., Трофименко Ю.В., под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2001. – 273 с.
13. Александров В. Д. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів / В. Д. Александров, Ю. Ф. Гутаревич, І. В. Грицук, Ю. В. Прилепський,

В. А. Постніков, А. М. Гушин,
Д. С. Адров, В. С. Вербовський,
З. І. Краснокутська // Донецьк: Вид-во
«Ноулідж» (Донецьке відділення),
2014.- 230 с.

Рецензент: В.Д. Мигаль, професор, д.т.н.,
ХНАДУ.

Стаття надійшла в редакцію 15.10.2015