

ПОКРАЩАННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ З ДИЗЕЛЕМ ПІД ЧАС ЗУПИНОК З ПРАЦЮЮЧИМ ДВИГУНОМ ВИКОРИСТАННЯМ БІОПАЛИВА

В. Ф. Шапко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: shapko46@mail.ru

Наведено, що під час визначення екологічних показників автомобіля необхідно враховувати режими його зупинок з працюючим двигуном у загальних циклах руху. Коли двигун працює на режимі холостого ходу температура та тиск у циліндрах ДВЗ незначні, тому й незначні викиди оксидів азоту навіть без використання систем їх очищення. В той же час, має місце значні викиди продуктів неповного згорання: оксиду вуглецю, вуглеводнів та сажі. Особливо значна доля викидів оксиду вуглецю. На цих режимах очищення відпрацьованих газів нейтралізатором незначне, через низьку їх температуру. Значно покращити екологічні показники автомобіля на режимах холостого ходу можна використанням альтернативних палив, зокрема біопалива. Встановлено, що при використанні біопалива у якості домішки до дизельного палива з його вмістом у суміші 30 %, екологічні показники під час зупинок автомобіля, коли двигун працює на режимі холостого ходу, покращуються за викидами оксиду вуглецю на 14 %, вуглеводнів – на 30 %, сажі – на 32 %.

Ключові слова: автомобіль, режими холостого ходу двигуна під час зупинок, дизельне паливо, біопаливо, екологічні показники автомобіля.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ С ДИЗЕЛЕМ ВО ВРЕМЯ ОСТАНОВОК С РАБОТАЮЩИМ ДВИГАТЕЛЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТОПЛИВА

В. Ф. Шапко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: shapko46@mail.ru

Представлено, что во время определения экологических показателей автомобиля необходимо учитывать режимы его остановок с работающим двигателем в общих циклах движения. Когда двигатель работает на режиме холостого хода температура и давление в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания незначительные, поэтому незначительные и выбросы оксидов азота, даже без использования систем их очистки. В то же время имеет место значительные выбросы продуктов неполного сгорания: оксида углерода, углеводородов и сажи. Особенно значительная доля выбросов оксида углерода. На этих режимах очистка отработавших газов нейтралізатором незначительна из-за низкой их температуры. Значительно улучшить экологические показатели автомобиля на режиме холостого хода можно использованием альтернативных топлив, в частности биотоплива. Установлено, что при использовании биотоплива в качестве добавки к дизельному топливу с его содержанием в смеси 30 %, экологические показатели во время остановок автомобиля, когда двигатель работает на режиме холостого хода, улучшаются по выбросам оксида углерода на 14 %, углеводородов – на 30 %, сажи – на 32 %.

Ключевые слова: автомобиль, режим холостого хода двигателя во время остановок, дизельное топливо, биотопливо, экологические показатели автомобиля.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В економічно розвинутих країнах автомобільний транспорт за об'ємом вантажних та пасажирських перевезень займає перше місце [1].

За даними роботи [2] наприкінці двадцятого століття в експлуатації знаходилося близько 600 млн. автомобілів, а вже зараз їх кількість перевищила 1 мільярд і продовжує неухильно зростати.

Постійне зростання виробництва автомобілів, обладнаних двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ), призводить до збільшення їх впливу на довкілля.

Найбільш вагомим джерелом забруднення навколишнього середовища автомобілями є викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами (ВГ) двигунів.

Людство вживає заходів щодо поліпшення природоохоронної ситуації на планеті, що знайшло відображення в документах, прийнятих ООН [3], в законодавствах більшості розвинутих країн. Положення про захист довкілля викладені й в Основному Законі нашої держави – Конституції України.

В розвинених країнах світу діє більш ніж 90 нормативно-технічних документів (НТД), національних і міжнародних стандартів, які регламентують допустимі межі шкідливих викидів автомобілів та їх двигунів. Постійне посилення вимог НТД щодо зменшення викидів шкідливих речовин з ВГ вимагає від виробників автомобілів зосереджувати значні зусилля для пошуку шляхів комплексного вирішення проблеми екологічної безпеки автомобільного транспорту.

Важливим режимом, особливо для автобусів, є зупинки автомобіля з працюючим двигуном.

Для автобусів, які використовуються для перевезення пасажирів в містах, зупинки є плановими, на автобусних зупинках має місце накопичення людей, а ВГ видаляються майже на рівні їх знаходження.

В останні роки в результаті значного збільшення кількості автомобілів стрімко підвищилася роль використання режимів холостого ходу, особливо у великих містах, через так звані «пробки», часті зупинки на перехрестях доріг.

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

МЕТОЮ РОБОТИ є дослідження екологічних показників під час зупинок автомобіля, коли двигун працює на режимі холостого ходу за умов використання біопалива у якості домішки до дизельного палива з його вмістом у суміші 30 %

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Сучасними стандартами більшості країн проводять оцінку токсичності ВГ за оксидом вуглецю (CO), вуглеводнями (C_nH_m), «твердими частками», або сажею (C) та оксидами азоту (NO_x).

За цими показниками, зокрема, визначають відповідність автомобіля вимогам екологічної безпеки згідно з Правилами ЄЕК ООН.

Для оцінювання екологічних показників ДВЗ і автомобіля використовують питомі показники:

- викиди *i*-го компонента на одиницю потужності двигуна g_i ;
- викиди *i*-го компонента на одиницю пройденого автомобілем шляху q_i .

Питомі викиди *i*-го компонента на одиницю потужності двигуна визначають за формулою,

$$\frac{g_i}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$$

$$g_i = \frac{G_i}{N_e}, \quad (1)$$

де G_i – годинна витрата *i*-го компонента, г/год; N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Питомі викиди *i*-го компонента на одиницю пройденого автомобілем шляху S (г/км) визначають за формулою

$$q_i = \frac{m_i}{S}, \quad (2)$$

де m_i – кількість викидів *i*-го компонента, г;

S – пройдений автомобілем шлях, км.

Питомі та шляхові викиди шкідливих компонентів використовуються для оцінювання екологічних характеристик автомобіля та їх нормування правилами ЄЕК ООН.

Згідно з Правилами ЄЕК ООН № 49 екологічні показники автомобільного дизеля визначають за викидами CO, C_nH_m, NO_x, «твердих часток» та димності шляхом проведення випробувань за 13 ступінчастим циклом [4].

До таблиць 1 і 2 наведені результати випробувань дизеля ЯМЗ-238 М2 за 13 ступінчастим циклом, згідно з Правилами ЄЕК ООН № 49 та результати розрахунків годинних викидів за кожним компонентом під час використання стандартного дизельного палива (ДП) без нейтралізатора (таблиця 1) та оснащеного окислювальним каталітичним нейтралізатором (таблиця 2).

З 13 режимів випробувань 3 режиму є режимами холостого ходу із значними коефіцієнтами вагомості режимів K_e .

Існують багато інших випробувальних циклів і в кожному з них передбачена значна доля режимів холостого ходу.

Як видно з результатів випробувань найбільші концентрації на режимі холостого ходу спостерігаються за викидами CO, а найменші – за викидами NO_x.

Розрахунки годинних викидів з урахуванням коефіцієнту вагомості режиму проводилися за формулою, г/м³

$$G_i = Q_{ВГ} \cdot C_{im} \cdot K_e = Q_{ВГ} \cdot C_{ippm} \cdot \frac{\mu_i}{22,4} \cdot 10^{-3} \cdot K_e, \quad (3)$$

Таблиця 1 – Результати випробувань дизеля ЯМЗ-238 М2 без нейтралізатора за режимами 13 ступінчастого циклу згідно з Правилами ЄЕК ООН № 49

Режими випробувань				Результати вимірювань				Результати розрахунків					
№ ре жи му	<i>n</i> об/хв	<i>M_e</i> Н·м	<i>N_e</i> кВт	<i>C_{CO}</i> ppm	<i>C_{NOx}</i> ppm	<i>C_{CnHm}</i> ppm	<i>D</i> %	<i>K_e</i>	<i>N_e·K_e</i> кВт	<i>G_{CO}</i> г/год	<i>G_{NOx}</i> г/год	<i>G_{CnHm}</i> г/год	<i>G_C</i> г/год
1	800	0	0	510	70	20	8,0	0,25	0	45,5	6,7	8,16	1,68
2	1500	80	13	433	262	20	8,6	0,08	1,00	23,2	15,0	4,84	1,08
3	1500	200	31	351	461	19	9,7	0,08	2,51	18,8	26,4	4,66	1,22
4	1500	400	63	307	837	20	16,8	0,08	5,02	16,4	48,0	4,94	2,21
5	1500	600	94	381	1268	24	30,5	0,08	7,54	20,4	72,7	5,94	4,39
6	1500	800	126	573	1754	31	51,0	0,25	31,40	95,8	314,1	23,93	26,81
7	800	0	0	510	70	20	8,0	0,25	0,00	45,5	6,7	8,16	1,68
8	2100	800	176	794	2040	59	56,5	0,1	17,58	74,3	204,6	25,33	17,54
9	2100	600	132	528	1475	46	33,9	0,02	2,64	9,9	29,6	3,93	1,74
10	2100	400	88	426	974	38	18,6	0,02	1,76	8,0	19,5	3,27	0,87
11	2100	200	44	486	537	36	10,7	0,02	0,88	9,1	10,8	3,08	0,48
12	2100	80	18	601	305	37	9,5	0,02	0,35	11,2	6,1	3,20	0,42
13	800	0	0	510	70	20	8,0	0,25	0	45,5	6,7	8,16	1,68
Сума										423,5	766,9	107,6	61,81
Доля викидів режиму холостого ходу за режимом № 1, %										10,7	0,9	7,6	2,7

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

Таблиця 2 – Результати випробувань дизеля ЯМЗ-238 М2 з окислювальним каталітичним нейтралізатором за режимами 13 ступінчастого циклу згідно з Правилами ЄЕК ООН № 49

Режими випробувань				Результати вимірювань				Результати розрахунків					
№ ре- жи- му	<i>n</i> об/хв	<i>M_e</i> Н·м	<i>N_e</i> кВт	<i>C_{CO}</i> ppm	<i>C_{NOx}</i> ppm	<i>C_{CnHm}</i> ppm	<i>D</i> %	<i>K_e</i>	<i>N_e·K_e</i> кВт	<i>G_{CO}</i> г/год	<i>G_{NOx}</i> г/год	<i>G_{CnHm}</i> г/год	<i>G_C</i> г/год
1	800	0	0	510	70	20	7,0	0,25	0	45,5	6,7	8,16	1,47
2	1500	80	13	327	262	18	7,4	0,08	1,00	17,5	15,0	4,39	0,92
3	1500	200	31	197	461	16	8,2	0,08	2,51	10,5	26,4	3,85	1,03
4	1500	400	63	70	837	13	13,6	0,08	5,02	3,8	48,0	3,17	1,75
5	1500	600	94	48	1268	13	24,1	0,08	7,54	2,5	72,7	3,25	3,32
6	1500	800	126	54	1754	16	39,7	0,25	31,40	9,0	314,1	11,85	19,02
7	800	0	0	510	70	20	7,0	0,25	0,00	45,5	6,7	8,16	1,47
8	2100	800	176	66	2040	28	44,2	0,1	17,58	6,2	204,6	11,91	12,31
9	2100	600	132	48	1475	22	26,3	0,02	2,64	0,9	29,6	1,92	1,29
10	2100	400	88	59	974	21	14,7	0,02	1,76	1,1	19,5	1,84	0,67
11	2100	200	44	215	537	28	8,9	0,02	0,88	4,0	10,8	2,37	0,39
12	2100	80	18	403	305	33	8,1	0,02	0,35	7,5	6,1	2,79	0,36
13	800	0	0	510	70	20	7,0	0,25	0	45,5	6,7	8,16	1,47
Сума										199,5	766,9	71,8	45,46
Доля викидів режиму холостого ходу за режимом № 1, %										22,8	0,9	11,4	3,2

де Q_{BG} – витрата ВГ, $м^3/год$; C_{im} – масові концентрації, $г/м^3$; C_{ippt} – об’ємні концентрації, ppm ;

μ_i – молярна маса компонента ВГ, $кг/м^3$;

K_e – коефіцієнт вагомості режиму.

Витрату ВГ визначено експериментально через витрату повітря. Концентрації шкідливих компонентів у ВГ визначалися за допомогою газоаналізатора.

Концентрації сажі розраховувалися за лінійним показником димності D , яка вимірювалася за допомогою димоміра

$$C_C = -\frac{0,121}{L} \cdot \ln\left(1 - \frac{D}{100}\right). \quad (4)$$

Коли двигун працює на режимі холостого ходу температура та тиск у циліндрах ДВЗ незначні, тому й незначні викиди оксидів азоту навіть без використання систем їх очищення. В той же час, має місце значний вплив викидів NO_x на режимах навантажень

За результатами розрахунків шкідливих викидів дизеля без нейтралізатора (таблиця 1) видно, що доля CO лише за одним режимом холостого ходу перевищує 10 %. За всіма режимами холостого ходу, які передбачені Правилами ЄЕК ООН № 49, вона у тричі більша.

При оснащенні дизеля окислювальним нейтралізатором доля впливу викидів продуктів неповного згоряння на режимі холостого ходу значно збільшується (таблиця 2).

За викидами CO лише з урахування впливу тільки одного випробувального режиму холостого ходу їх доля у загальних викидах за цикл перевищує 20 %.

Значний вплив режиму холостого ходу також за викидами C_nH_m .

Для автомобіля, оснащеного окислювальним каталітичним нейтралізатором, це пояснюється тим, що на режимах холостого ходу очищення ВГ нейтралізатором майже не відбувається через низьку температуру ВГ. В той же час на режимах навантажень збільшується температура ВГ, з підвищенням якої ефективність очищення нейтралізатором збільшується.

Через те, що режим холостого ходу суттєво впливає на загальні викиди, необхідно забезпечувати зниження концентрацій шкідливих компонентів ВГ не тільки на навантажувальних режимах, а й на режимах холостого ходу. Це можна забезпечити, зокрема, шляхом підігріву ВГ на режимах холостого ходу.

Значно покращити екологічні показники автомобіля на режимах холостого ходу можна використанням альтернативних палив, зокрема біопалива (БП).

Для дизельного автомобіля доцільно використовувати БП у якості домішки до дизельного палива з його вмістом у суміші 25 ... 50 %.

За методикою Правил ЄЕК ООН № 49 були проведені випробування дизеля ЯМЗ-238 М2 з використанням суміші БП з ДП з вмістом БП 30 % (суміш Б30). Під час використання Б30 отримано зниження концентрацій за всіма компонентами неповного згоряння CO , C_nH_m і сажі на всіх режимах, у тому числі на режимі холостого ходу. Доли викидів на режимі холостого ходу у загальних викидах майже такі, як і під час використання ДП.

Під час зупинок автомобіля не можливо оцінювати його екологічність, як за показником шляхових витрат через те, що автомобіль нерухомий, так і за показником витрат на одиницю потужності, через те, що ефективна потужність дорівнює нулю.

На цьому режимі загального руху автомобіля відмінність викидів під час використання ДП та

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

БЗ0 оцінку проводили шляхом порівняння кількості викидів за час зупинки безпосередньо за характеристиками холостого ходу двигуна.

За час тривалості зупинки викиди за кожним компонентом

$$m_i = Q_{BG} \cdot C_{im} \cdot t, \quad (5)$$

де t – тривалість зупинки автомобіля, год.

Витрата ВГ однакова незалежно від типу палива, тому за кожним компонентом відносна різниця викидів

$$\Delta m_i = \frac{Q_{BG} \cdot C_{имд} \cdot t - Q_{BG} \cdot C_{имд30} \cdot t}{Q_{BG} \cdot C_{имд} \cdot t} = 1 - \frac{C_{имд30}}{C_{имд}}. \quad (6)$$

Таким чином, порівняння можна проводити за відносною різницею концентрацій шкідливих компонентів ВГ.

До таблиці 3 зведені значення концентрацій CO , C_nH_m , NO_x та сажі на режимі холостого ходу дизеля ЯМЗ-238 М2 під час використання ДП та суміші суміш БЗ0.

Таблиця 3 – Порівняння концентрацій у ВГ CO , C_nH_m , NO_x та димності на режимі холостого ходу дизеля ЯМЗ-238 М2 під час використання різних палив

Тип палива	Компоненти ВГ			
	CO , ppm	NO_x , ppm	C_nH_m , ppm	D , %
ДП	510	70	20	8
БЗ0	439	70	14	5,4
Різниця, %	13,9	0	30,1	32,8

Таким чином, при використанні біопалива у якості домішки до дизельного палива з його вмістом у суміші 30 % екологічні характеристики під час зупинок, коли двигун працює на режимі холостого ходу, покращуються за викидами CO на 14 %, C_nH_m – на 30 %, за викидами сажі – на 32 %.

ВИСНОВКИ. Екологічність автомобіля залежить не тільки від показників, які формують під час його руху, а й суттєво залежать від екологічних показників на режимах холостого ходу двигуна під час зупинок автомобіля.

При використанні біопалива у якості домішки до дизельного палива з його вмістом у суміші 30 % екологічні показники під час зупинок автомобіля, коли двигун працює на режимі холостого ходу, покращуються за викидами оксидів вуглецю на 14 %, вуглеводнів – на 30 %, сажі – на 32 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Канило П.М. Автомобиль и окружающая среда / П.М. Канило, И.С. Бей, О.И. Ровенский – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.
2. Хортов В.П. Велотрон – транспорт будущего / В.П. Хортов // Автомобильная промышленность. – 1997. – № 11. – С. 13.
3. Хромов С.С. Проблема защиты окружающей среды в деятельности ООН / С.С. Хромов – М.: Наука, 1984. – 190 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Экология та автомобільний транспорт. / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В.Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Коргач, Л.П. Мержиевська. – К: Аристей, 2006. – с. 300.

IMPROVEMENT EKOLOGICAL OF AUTOMOBILE WITH DIESEL DURING STOPS WITH WORKING ENGINE WHEN USE OF BIOFUEL

V. Shapko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: shapko46@mail.ru

That during determination of ecological indexes of automobile it is necessary to take into account the modes of his stop with an engine-on in the general cycles of motion is resulted. When an engine works on the mode of idling a temperature and pressure in the cylinders of internal combustion engine are insignificant, that is why and insignificant emission of nitrogen oxides even without the use of the systems of their cleaning. At the same time, the considerable emissions of products of incomplete combustion take place: carbon oxide, hydrocarbons and carbon black emission. Fate of emission of carbon oxide is especially considerable. On these modes the cleaning of exhaust gases of catalytic neutralizer is through their low temperature. Considerably improving the ecological indexes of automobile on the modes of idling is possible the use of alternative fuels, in particular biofuel. It is set that at the use of biofuel in quality of admixture to the diesel fuel with his content in mixture 30 %, ecological indexes during the stops of automobile, when an engine works on the mode of idling, get better after the emission of carbon oxide on 14 %, hydrocarbons – on 30 %, of carbon black emission – on 32 %.

Keywords: automobile, modes of idling of engine during stops, diesel fuel, biofuel, ecological indexes of car.

REFERENCES

1. Kanilo, P.M. Avtomobil i okrugayushaya sreda / P.M. Kanilo, I.S. Bey, O.I. Rovenskiy – H.: Prapor, 2000. – 304 s.
2. Hortov, V.P. Velotron – transport budushego / V.P. Hortov // Avtomobilnaya promyshlennost. – 1997. № 11. – S. 13.
3. Chromov, S.S. Problema zashity okrugayushei sredy v deyatelnosti OON / S.S. Chromov – M.: Nauka, 1984. – 190 s.
4. Gutarevich, U.F. Ecologiya ta avtomobilnyi transport. / U.F. Gutarevich, D.V. Zerkalov, A.G. Govorun, A.O. Korpach, L.P. Mergievska. – K: Aristey, 2006. – 300 s.