

УДК 504.3.054:656.13

О.С. ЛЕВИЦЬКА, О.Ф. ПРИЩЕПОВ

*Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна***АНАЛІЗ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ НА ЇХ ТОКСИЧНІСТЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УМОВАХ МІСТА**

Стаття присвячена режимам роботи двигунів автомобілів в умовах населених пунктів із засобами регулювання дорожнього руху та впливу перших на токсичність відпрацьованих газів. Визначено оптимальну швидкість руху автомобіля по відношенню до маси викидів. Наведено приклад впливу засобів регулювання дорожнього руху на викиди шкідливих речовин автомобілями. Розраховано масу токсичних компонентів, в залежності від типу двигуна внутрішнього згорання, та загальну їх масу на відрізок автомагістралі довжиною 1 км., для міст південного регіону України на прикладі міста Миколаєва. Надано пропозиції щодо шляхів покращення якості атмосферного повітря на автомагістралях міст.

Ключові слова: *режими роботи ДВЗ, двигун автомобіля, швидкість руху, маса викидів, токсичні компоненти, автомагістралі міста, якість атмосферного повітря.*

Вступ

Бурхливе зростання числа автомобілів в сучасному світі привело до того, що в містах їх масового скупчення (наприклад, в містах) вони стали однією з основних причин забруднення довкілля. Основними причинами утворення токсичних речовин в ДВЗ є недосконалість процесів згорання палива в двигуні і забруднення палива різними домішками і добавками. У ідеальному випадку при повному згоранні вуглеводневого палива в двигуні в результаті цього процесу повинні утворюватися вуглекислий газ і водяна пара. Але отримати ідеальний процес згорання палива на різних режимах роботи двигуна або мати ідеально чисте паливо в реальній практиці експлуатації автомобілів практично неможливо.

До основних токсичних речовин, що містяться у відпрацьованих газах ДВЗ, відносяться оксид вуглецю (СО), незгорілі частки палива (СН), сажа (С), оксиди азоту (NO_x).

Умови, при яких відбувається утворення токсичних речовин в ДВЗ, різні. Так, утворення першої групи (СО, СН і С) пов'язане з хімічними реакціями окислення палива, що протікають як в передпалум'яний період, так і в процесі згорання-розширення. Друга група речовин (NO_x) носить термічний характер і не пов'язана безпосередньо з реакціями окислення палива. Максимальні значення концентрацій у вихлопних газах цих двох груп речовин різні при різних режимах роботи двигунів автомобілів та типу ДВЗ.

На режим руху автомобіля на дорогах, його швидкість, потужність двигуна впливає велика група факторів. До таких факторів належать коефіцієнт опору коливання, кут повздовжнього профілю доро-

ги, інтенсивність і склад транспортного потоку, відстань між перехрестями та світлофорами, наявність дорожніх знаків різного призначення та ін. [1]. Саме тому автори поставили собі за мету провести аналіз проблеми впливу режимів роботи двигунів автомобілів на їх токсичність. В статті представленні результати аналізу та математичних розрахунків.

Аналіз останніх досліджень показує, що небезпека забруднення повітряного басейну міст шкідливими викидами автомобілів базується на тому, що вони створюють несприятливі умови безпосередньо в зоні руху транспортних засобів і пішоходів, на прилягаючих до магістралей тротуарах і перехрестях.

На центральних вулицях більшості міст і в місцях перехрестя транспортних магістралей зареєстровані пікові значення концентрацій СО, що перевищують гранично допустимі в 5-10 і більше разів [2].

Миттєві та інтегральні (в часі) значення швидкості, прискорення автомобіля, витрата палива, викиди шкідливих речовин в окремих фазах руху та на маршруті Луканін В.Н. та Трофименко Ю.В. оцінюють на основі наступних вихідних даних – навантаження та швидкісних режимів роботи двигуна і концентрацій компонентів відпрацьованих газів (СО, С_xН_y, NO_x, СО₂, твердих частинок), витрати палива [3].

Багаточисленні дослідження проведені Гутаревичем Ю.Ф. показують, що режими роботи двигунів автомобілів в основному нестабільні. При цьому значну частину складають часткові навантажувальні і швидкісні режими. Режим роботи бензинового двигуна вчений характеризує частотою обертання п та кутом відкриття дросельних заслінок φ_{др}.

Широке застосування режимів малих наванта-

жень, самостійного і примусового холостого ходу являється причиною підвищеного викиду в атмосферу насамперед продуктів неповного згорання.

Основна частина

В результаті аналізу залежностей викидів шкідливих речовин легковими автомобілями з бензиновими ДВЗ від швидкості руху в режимі $v_a = \text{const}$, виведених Луканіним В.Н. [3], можна сказати, що найбільші викиди CO та C_xH_y спостерігаються при швидкостях руху автомобіля до 40 км/год. При швидкостях руху в межах 40 – 100 км/год. маса викидів даних речовин найменша. При перевищенні швидкості руху автомобіля позначки 100 км/год., маса викидів знову зростає. Тобто оптимальна швидкість руху автомобіля по відношенню до маси викидів CO та C_xH_y дорівнює 40-100 км/год. Але перш за все, обсяги викидів даних речовин перебувають у прямій залежності від витрати палива, що в свою чергу визначається швидкістю руху автомобіля.

Щодо викидів NO_x , то мінімальна їх кількість спостерігається при швидкості руху автомобіля 20 – 60 км/год. При перевищенні даної швидкості – маса викидів NO_x різко зростає. Тому оптимальна швидкість руху автомобіля, враховуючи рівень викидів трьох перелічених вище речовин, складає 40 – 70 км/год.

Швидкість руху автомобілів в місті теоретично дорівнює 40 – 60 км/год. Тому один кілометр шляху автомобіль має долати за 1 (одну) – 1,5 (півтори) хвилини, за умови, якщо швидкість руху постійна, відсутні засоби регулювання (світлофори, перехрестя) і без значного впливу на повітряне середовище. Але для міських умов експлуатації – характерні невисокі швидкості руху і тому викиди шкідливих речовин, наприклад, CO в 1,46 – 2,2 рази вищі в порівнянні з викидами під час вільного руху. Тому що для міст характерні чотири найбільш типові дорожньо-транспортні ситуації під час руху змішаного транспортного потоку: в центральній частині міста по вулицях з 4 – 6 смуг з відстанню між світлофорами 260 м (ситуація 1); по вулицях з 4 – 6 смугами в районах, близьких до центру, з середньою відстанню між світлофорами 450 м (ситуація 2); по 6 – 8 смуговим магістралям з середньою швидкістю між світлофорами 650 м. (ситуація 3); теж, 850 м. (ситуація 4). Останні дві ситуації характерні для великих міст. Така класифікація дозволила отримати кількісні характеристики режимів руху автомобілів в реальних умовах експлуатації [2].

Тривалість найбільш характерних режимів роботи автомобілів і автобусів в умовах великих міст, в залежності від загального балансу часу перебування на лінії, надається в табл. 1.

Таблиця 1

Тривалість режимів роботи автомобілів і автобусів в залежності від загального балансу часу перебування на лінії

Режим руху і тривалість в загальному балансі часу, %	Автомобілі		Автобуси
	легкові	вантажні	
Холостий хід	22	17	29
Розгін	37	42	38
Постійна швидкість	12	16	9
Сповільнення	29	25	24

З табл. 1 видно, що більшу частину часу автомобілі перебувають в режимі розгону та сповільнення, і лише в середньому близько 12% часу автотранспорт рухається на постійній швидкості.

Вказані вище співвідношення режимів руху в

загальному балансі часу роботи автомобіля на лінії несприятливі з точки зору токсичності відпрацьованих газів. Так для легкових автомобілів викиди шкідливих речовин в умовах великих міст представляють наступну картину (табл. 2).

Таблиця 2

Викиди шкідливих речовин в залежності від режиму роботи автомобіля

Режим роботи	Питомий викид відпрацьованих газів, %	Оксид вуглецю		Вуглеводні	
		г/км	%	г/км	%
Холостий хід	9,0	5,5	20,9	0,30	12
Розгін	39,0	12,7	48,3	1,40	58
Постійна швидкість	48,0	6,9	26,0	0,45	19
Сповільнення	4,0	1,2	4,8	0,28	11

Для співставлення впливу фаз прискорення, сповільнення та руху автомобіля зі $v_a = \text{const}$ на пробігові викиди використовуються коефіцієнти:

$$K_p = W_{j, \text{прискор}}(i) / W_{j, v_a = \text{const}}(i);$$

$$K_3 = W_{j, \text{сповільн}}(i) / W_{j, v_a = \text{const}}(i);$$

де w_j – питомий викид j-ї речовини під час прискорення автомобіля в діапазоні швидкостей (0 – i), сповільнення в діапазоні швидкостей (i – 0) або під час руху з постійною швидкістю i. В табл. 3 наведені коефіцієнти для різних фаз руху автомобілів з

бензиновими та дизельними ДВЗ [3].

В автомобілів з бензиновими ДВЗ при розгоні суттєво зростають викиди CO та NO_x, при чому зі збільшенням об'єму двигуна значення коефіцієнтів k_p знижуються. Витрата палива і викиди C_xH_y також зростають (в 3,5-7,9 разів). В автомобілів з дизельними ДВЗ зростають викиди твердих частинок (сажі) та витрата палива. Під час сповільнення значення питомих викидів знижуються в 3-10 разів.

Отримані результати підтверджують необхід-

ність удосконалення уже зараз в містах організації дорожнього руху та управління транспортними потоками на принципово новій основі.

Важливу роль набувають питання організації дорожнього руху. Оскільки засоби регулювання дорожнього руху (світлофори, перехрестя) значно впливають на викиди шкідливих речовин автотранспортом [2]. Вплив засобів регулювання на викиди шкідливих речовин легковим автомобілем з карбюраторним двигуном показано в табл. 4.

Таблиця 3

Значення k різних груп автомобілів під час розгону (сповільнення)

Розгін (сповільнення) до v _a	Розгін					Сповільнення			
	група	CO	C _x H _y	NO _x	частинки	CO	C _x H _y	NO _x	частинки
20 км/год	BM1	13,1	5,2	13,2	—	0,3	0,3	0,1	—
	BM3	16,9	5,6	6,3	—	0,2	0,3	0,04	—
	DM3	1,3	1,5	5,6	18,2	0,2	0,2	0,1	0,22
60 км/год	BM1	17,8	3,7	6,0	—	0,06	0,05	0,01	—
	BM3	6,5	2,9	0,7	—	0,08	0,16	0,01	—
	DM3	1,3	0,7	1,3	6,2	0,09	0,03	0,01	0,02

Таблиця 4

Вплив засобів регулювання на викиди шкідливих речовин легковим автомобілем

Режим руху автомобіля	Викиди шкідливих речовин, г/км		
	CO	CH	NO _x
Без зупинок на перегоні	18,2	1,37	1,09
З наявністю засобів регулювання (світлофор)	19,6	1,5	1,07
На перегоні за наявністю одного перехрестя	21,5	1,56	1,06
На перегоні за наявності двох перехресть	24,2	1,62	1,05

Авторами обрано відрізок автомагістралі пр. Леніна, розміром 1 км обмежений вул. 8 Березня та вул. Професора Бузніка, в м. Миколаєві та розраховано для нього масу викидів токсичних компонентів. При цьому були враховані такі показники як: витрата палива, питомий викид шкідливих речовин при спалюванні палива, інтенсивність руху автотранспорту, режим руху транспорту, тип ДВЗ.

На даному відрізку дороги наявні три перехрестя, тому характерні невисокі швидкості руху транспорту.

Норма витрати палива на 1 км. (Q) шляху складає: бензину – 0,3 л.; дизельного палива – 0,23 л. А враховуючи, що густина (ρ) бензину дорівнює 0,74 кг/л., а дизельного палива – 0,825 кг/л., норма витрати бензину складає 0,222 кг/км та дизельного палива – 0,190 кг/км.

При згоранні 1 кг. палива при середніх швидкостях і навантаженнях виділяється: при згоранні бензину – 300-310 г.; при згоранні дизельного палива – 80-100 г. токсичних компонентів (m) [4]. Виходячи з цього, авторами розраховано масу токсичних компонентів, що викидається одним автомобілем на 1 км. шляху, в залежності від типу ДВЗ, за формулою:

$$M_{т.к.} = M * m, \quad (1)$$

де M_{т.к.} – маса токсичних компонентів, кг/км; M –

норма витрати палива кг/км.; m – питомий викид токсичних компонентів, г/кг.

Маса токсичних компонентів, що викидається бензиновим та дизельним двигуном відповідно дорівнює 0,067 кг/км та 0,017 кг/км.

За даними міської санепідемстанції м. Миколаєва інтенсивність руху транспорту на розі пр. Леніна та вул. 8 Березня складає 2440 авт/год. Ця магістраль складається з трьох смуг в кожному напрямку, тобто по одній смузі проходить 350-450 авт/год. Припущено, що в загальному потоці транспорту 80 % автомобілів з бензиновими двигунами та 20 % автомобілів на дизельному паливі. Таким чином, загальну масу токсичних компонентів відпрацьованих газів на 1 км шляху за 1 год. можна визначити так:

$$M_{т.к.з.} = A * M_{т.к.б.} + A * M_{т.к.д.}, \quad (2)$$

де M_{т.к.з.} – загальна маса токсичних компонентів, кг/км*год; M_{т.к.б.} – маса токсичних компонентів, що викидається бензиновими ДВЗ, кг/км; M_{т.к.д.} – маса токсичних компонентів, що викидається дизельними ДВЗ, кг/км; A – інтенсивність руху транспорту, авт./год.

Загальна маса токсичних компонентів дорівнює 139,08 кг/км*год. З огляду на це зрозуміло, як гостро стоїть питання зменшення викидів відпрацьованих газів автомобілів та зниження токсичності ДВЗ.

До шляхів покращення якості атмосферного

повітря в центральній частині міста можна віднести: забезпечення рівномірного руху автомобілів; встановлення в містах швидкості автомобільного транспорту 60 км/год., за якої кількість вихлопних газів найменша; створення економічних двигунів.

Формування однорідності транспортних потоків, правильне планування і регулювання дорожнього руху сприятиме скороченню кількості та тривалості зупинок транспортних засобів. Подібні організаційні заходи зменшують тривалість роботи двигуна на токсичних режимах.

Висновки

В результаті проведеного аналізу авторами виявлено, що найбільш тривалими режимами роботи двигуна в умовах міста є режим розгону та сповільнення, крім того, режим розгону автомобіля є найбільш небезпечним, з точки зору маси викидів.

Автори дійшли висновку, що внаслідок правильно обраних швидкостей руху автомобілів можна суттєво знизити забруднення атмосфери населених пунктів шкідливими викидами двигунів.

Виявлено таку закономірність: зі збільшенням кількості засобів регулювання дорожнього руху збільшується маса викидів оксиду вуглецю і вуглеводнів та зменшується маса викидів оксидів азоту.

Покращення екологічної ситуації на магістралях автори вбачають не в покращенні конструкції двигунів, а в організації території з метою створення умов для кращого розсіювання шкідливих речовин на вулицях міста.

Література

1. Гутаревич Ю.Ф. *Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей* / Ю.Ф. Гутаревич. – К.: Урожай, 1989. – 224 с.
2. Иванов В.Н. *Экология и автомобилизация* / В.Н. Иванов, В.К. Стерчевус. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1990. – 126 с.
3. Луканин В.Н. *Промышленно-транспортная экология* / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко. – М.: Высшая школа, 2001. – 273 с.
4. Говоруценко Н.Я. *Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте* / Н.Я. Говоруценко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.

Надійшла до редакції 29.05.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри медичних приладів та систем О.С. Каіров, Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ НА ИХ ТОКСИЧНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА

О.С. Левицкая, О.Ф. Прищепов

Статья посвящена режимам работы двигателей автомобилей в условиях населенных пунктов со средствами регулирования дорожного движения и влияния первых на токсичность отработанных газов. Определено оптимальную скорость движения автомобиля по отношению к массе выбросов. Приведен пример влияния средств регулирования дорожного движения на выбросы вредных веществ автомобилями. Рассчитана масса токсичных компонентов в зависимости от типа двигателя внутреннего сгорания и общую их массу на отрезке автомагистрали длиной 1 км, для городов Южного региона Украины на примере города Николаева. Предоставлены предложения относительно путей улучшения качества атмосферного воздуха на автомагистралях городов.

Ключевые слова: режимы работы ДВС, двигатель автомобиля, скорость движения, масса выбросов, токсичные компоненты, автомагистрали города, качество атмосферного воздуха.

THE ANALYSIS OF THE MODES' INFLUENCE OF CARS ENGINES' OPERATIONS AT THEIR TOXICNESS DURING EXPLOITATION IN THE CITY'S CONDITIONS

O.S. Levytska, O.F. Pryshchepov

The paper provides the modes engines' operations of cars in the conditions of settlements with facilities of traffic regulation and influence of the first on toxicness exhaust gases. Certainly, optimum speed of car's movement in relation to mass of exhaust gases. The example of facilities' influence of traffic regulation is resulted on the extract of harmful matters by cars. Mass of toxic components is expected depending on as an engine of internal combustion. Their also it is defined general mass on the segment of motorway long a 1 km, for the cities of the South region of Ukraine on the example of Mykolaiv city. Authors suggests the relation to the ways of improvement of quality of atmosphere on the motorways of cities.

Key words: the modes engines' operations, car's engine, speed of movement, mass of exhaust gases, toxic components, motorways of city, quality of atmosphere.

Левицька Оксана Станіславівна – аспірант кафедри техногенної безпеки Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: dog@kma.mk.ua.

Прищепов Олег Федорович – канд. техн. наук, доцент, декан факультету еколого-медичних наук Чорноморського державного університету ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна.