

А.В. Ільченко

УПРАВЛІННЯ ОСНОВНИМИ РЕГУЛЮВАЛЬНИМИ ПАРАМЕТРАМИ КАРБЮРАТОРА ДААЗ-2107-1107010-20 З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВИГУНА

У статті зазначається: для того щоб оцінити дію автомобільного парку на навколишнє середовище, недостатньо розглядати окремо взятий автомобіль як джерело викидів відпрацьованих газів. Необхідний комплексний підхід до проблеми «Водій-автомобіль-транспортні умови-навколишнє середовище», оскільки стаціонарні умови випробування, згідно з діючим ГОСТом 17.2.2.03-87, не передбачають такої оцінки впливу всіх систем автомобіля на масові викиди токсичних компонентів. Обґрунтована необхідність і створені передумови для розробки методики екологічного діагностування автомобіля за їздовим циклом, яка найповніше виявляє рівень технічного стану автомобіля за екологічними критеріями.

Пропонується програмно-апаратний комплекс для створення математичної моделі впливу експлуатаційних параметрів карбюратора ДААЗ-2107-1107010-20 на токсичність відпрацьованих газів, яка визначається при різноманітних режимах руху автомобіля.

Основними токсичними компонентами відпрацьованих газів карбюраторних двигунів є окис вуглецю CO , вуглеводні CH та окиси азоту NOx . Згідно з [1] технічний стан автомобіля вважається несправним, якщо він не відповідає вимогам ряду нормативних документів, що регламентують вміст токсичних компонентів у відпрацьованих газах. ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охорона природи. Атмосфера. Норми і методи вимірювання вмісту окису вуглецю і вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з бензиновими двигунами. Вимоги безпеки» обмежує можливість вмісту CO і CH для двох режимів випробувань:

- при частоті обертання колінчастого вала на холодному ходу;
- при підвищеній частоті обертання колінчастого вала (в діапазоні $2\,000\text{ хв}^{-1} \dots 0,8n_{ном}$).

Вони повинні бути в межах, які встановлює підприємство-виробник, але не вище тих, які наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Частота обертання, хв^{-1}	Гранично допустимий вміст окису вуглецю, об'ємна частка, %	Гранично допустимий вміст вуглеводнів, об'ємна частка, млн^{-1}	
		для двигунів з кількістю циліндрів до 4	більше 4
n_{min}	1,5	1200	3000
$n_{пов}$	2,0	600	1000

Вимірювання і регулювання вмісту CO та CH у відпрацьованих газах двигуна повинні проводитися на всіх без винятку автомобілях після проведення технічного обслуговування або після ремонту систем живлення, запалювання, газорозподільних і кривошипно-шатунних механізмів, а також після капітального ремонту і заводської обкатки чи при серійному випуску автомобілів.

Стандартом також визначено метод вимірювання, за яким на нерухомому автомобілі для двох стаціонарних режимів роботи двигуна (попередньо прогрітому до робочої температури) за допомогою газоаналізатора визначається об'ємна частка окису вуглецю і вуглеводнів. При цьому слід звертати увагу на положення повітряної заслонки карбюратора і робочий стан системи випуску відпрацьованих газів.

У поданому методі вимірювання є незначний недолік – не враховується вплив зовнішнього навантаження в динаміці, його сприйняття двигуном і автомобілем в цілому, і, як наслідок, одержання результатів, де мова йде про відносну, а не реальну токсичність, бо не повністю оцінюються технічні параметри всього автомобіля.

На екологічну ситуацію перш за все впливають масові викиди токсичних компонентів, які залежать від режимів руху автомобіля, робочого стану практично всіх його систем, що впливають на середню швидкість руху і витрати палива.

Тому найсучаснішим є метод оцінки технічного стану автомобіля за екологічними критеріями, запроваджений у США, Японії та багатьох країнах Європи – метод визначення екологічних показників за їздовим циклом (за яким нормується також і вміст NOx). Метод передбачає визначення токсичних компонентів, які припадають на кілометр пробігу автомобіля (табл. 2) [2].

Таблиця 2

Токсичні компоненти, г/км	Норми ЄЕК ООН		Норми Японії до 1999 року
	«Євро-2», 1996 р.	«Євро-3», 1999 р.	
CO	2,2	1,0	2,1
CH	0,5	0,1	0,25
Nox	-	0,1	0,25

Склад відпрацьованих газів тісно пов'язаний з паливною економічністю не лише двигуна, але й всього автомобіля. Можна виділити основні групи факторів, які впливають на витрати палива автомобілем (токсичність відпрацьованих газів):

- характеристики двигуна та їх зміни у процесі експлуатації;
- те ж трансмісії;
- те ж ходової частини (опір коченню);
- те ж решти систем, що впливають на середню швидкість руху автомобіля;
- маса автомобіля (його завантаження);
- аеродинамічні характеристики автомобіля (зміни аеродинамічних характеристик автомобіля на лінії);
- маршрут і режими руху (їздовий цикл);
- кваліфікація водія.

Окремо слід відмітити і такий фактор як якість палива, що використовується (випари, октанове число, вміст сірки, свинцю, фосфору та ін.).

Склад відпрацьованих газів залежить від температурного режиму роботи двигуна. Очевидно, слід враховувати масові викиди токсичних компонентів у режимі прогрівання двигуна, що непередбачено ГОСТом 17.2.2.03-87.

Як видно із наведеного переліку, існуюча в нашій країні методика оцінки стану автомобіля за екологічними критеріями торкається лише частково технічного стану двигуна автомобіля.

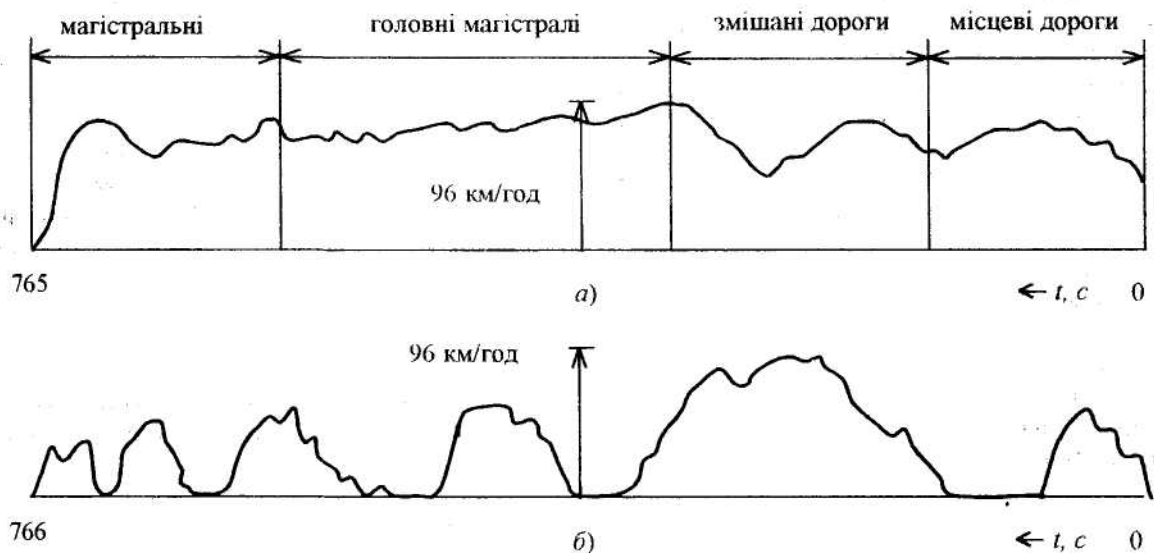


Рис. 1. Їздові цикли EPA для випробувань автомобілів на токсичність відпрацьованих газів (початок циклу розміщено у правій частині рисунка) [3]: а) на шосе; б) у місті

Протягом багатьох років виробники автомобілів багатьох країн створювали свої їздові цикли, які, на їхню думку, більш повно відображали режими руху автомобіля в реальних умовах. На жаль, ці цикли настільки відрізняються один від одного, що не дають можливості порівняти автомобілі різних виробників за екологічними критеріями. З усіх стандартних циклів у США необхідним і обов'язковим для виробників автомобілів можна вважати цикли EPA

(Environmental Protection Agency – Агенція з охорони навколишнього середовища), які відповідають спостереженням і вимірюванням, що проводилися під час руху на вулицях Лос-Анджелеса (для міського режиму). Режим руху також імітує магістралі, змішані та місцеві дороги. Цикли ЕРА подані на рис. 1.

Найбільш «жорсткою» для виробників автомобілів є методика державних випробувань США FTP (Federal Test Procedure), за якою вміст CO , CH та NOx визначається з моменту повороту ключа запалювання до кінця їздового циклу (рис. 2). В режимі пуску і на початку руху за даною методикою автомобільний двигун змушений працювати на збагаченій суміші і викиди CO та CH можуть досягти 3–4 допустимих параметрів. Кількість NOx , що виділяються при холодному пуску, досягають 10 % (від загальної кількості за цикл) [3]. Тому головну увагу при цьому слід приділяти викидам CO та CH .

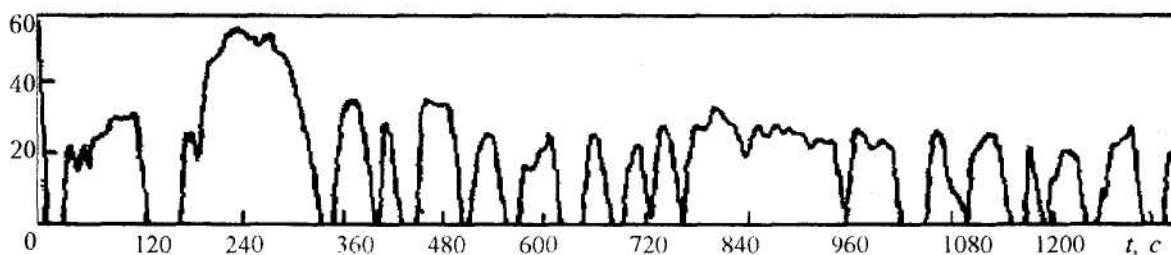


Рис. 2. Випробування автомобіля на токсичність відпрацьованих газів за методикою FTP [3]

Під час випробувань проводиться відбір невеликих порцій відпрацьованих газів однакового обсягу і концентрація токсичних речовин пропорційна їх масі у відібраній порції.

Існують також ресурсні випробування (цикл АМА), за якими автомобіль повинен підтвердити свою відповідність нормам токсичності протягом пробігу до 80 тисяч кілометрів незалежно від моменту його випуску. Цей цикл включає в себе різні ділянки руху із середньою і високою швидкістю (88 км/год) з багатьма зупинками і розгонами. Довгота випробувального циклу 65,4 км [3]. Даний цикл змушує виробника приділяти значну увагу стабільності експлуатаційних параметрів усіх систем автомобіля.

В [4] було показано, що для більшості автомобілів, що експлуатуються у Житомирській області, контроль за викидами і своєчасне налагодження регулювальних параметрів карбюратора дає можливість зменшити вміст токсичних компонентів у відпрацьованих газах до передбачених рівнів. У зв'язку з тим, що перехід на випробування автомобіля за екологічними критеріями за їздовим циклом стає найнеобхіднішим; необхідно проводити дослідження впливу основних регулювальних параметрів систем двигуна (карбюратора, системи запалювання тощо) на токсичність відпрацьованих газів під час руху автомобіля.

Вирішення цього завдання ускладнюється тим, що, по-перше, відсутні чітко сформульовані методики визначення складу відпрацьованих газів автомобіля під час руху (переважно їздові цикли, способи вимірювання більше потребують витрат часу та ін.), по-друге, необхідна розробка системи дистанційного управління основними регулювальними параметрами двигуна, його систем.

До основних регулювальних параметрів карбюратора відносяться:

- рівень палива у поплавковій камері;
- положення гвинтів кількості та якості суміші.

Ці регулювальні параметри впливають на роботу майже всіх систем карбюратора, на коефіцієнт надлишку повітря і, відповідно, на потужність і економічні показники роботи двигуна. Від них залежатиме і токсичність відпрацьованих газів.

Як керувати положенням гвинтів кількості та якості суміші карбюратора ДААЗ-2107-1107010-20 можна вирішити за допомогою програмно-апаратного комплексу. Цей комплекс складається з:

- IBM-сумісної ЕОМ, адаптованої до живлення від бортової системи автомобіля;
- блока формувачів-ключів управління виконавчими пристроями;
- блока аналого-цифрового перетворювача;
- виконавчих пристроїв;
- газоаналізатора 102ФА01М;
- програми управління.

Як виконавчі механізми використовуються крокові двигуни, які здатні перетворити шифровий електричний вхідний сигнал у механічний рух.

Комплекс має такі переваги:

- автоматичний збір і обробка даних;
- робота в реальному часі;
- відсутність накопиченої помилки розташування гвинтів внаслідок застосування крокових виконавчих пристроїв;
- реверсивне регулювання з кроком $0,9^\circ$ повертання гвинта;
- можливість керування двигуном з підвищеним моментом (3-фазне керування);
- за реєстраційний пристрій використовується стандартний газоаналізатор, який має зв'язок з ЕВМ безпосередньо через протокол RS-232;
- є можливість розширення функцій, наприклад, для керівництва регульовальними параметрами системи запалювання;
- запис швидкісного і навантажувального режимів роботи двигуна у реальному часі для відомих маршрутів руху автомобіля дає можливість вибирати найхарактерніші для нашого регіону маршрути з метою створення їздового циклу.

Комплекс керує розташуванням гвинтів кількості та якості суміші карбюратора дистанційно за сигналами оператора під час руху автомобіля при різних режимах.

Швидкісний режим роботи двигуна визначається за сигналами датчика обертів колінчастого вала під час руху на відомій передачі. Є також датчик розташування дросельної заслонки для визначення навантажувального режиму роботи двигуна.

Управління кроковими двигунами здійснюється за допомогою стандартного паралельного порту бортового персонального комп'ютера, що встановлений у салоні автомобіля. З цією метою розроблені формувачі-ключі фазних сигналів двигуна.

Схема формувача-ключа для однієї фази зображена на рис. 3.

Формувачем керують через порт бортової ЕОМ. Функція формувача – у створенні вхідного сигналу для управління ключем фази двигуна. Сигнал для управління ключем повинен мати прямокутну форму. Він формується за допомогою тригера Шмідта, виконаного на двох інверторах D1.1–D1.2, і резистора R4. Конденсатор C1 служить для фільтрування вхідних перешкод, а діод D1 виключає появу сигналів зворотної полярності на виході порту. Ключ виконаний на базі біполярного р-п-р транзистора T1. Діод D3 служить для ліквідації довільного відкриття ключа під час руху ротора крокового двигуна, а D4 – для захисту транзистора.

Схема працює таким чином. Під час подачі з порту бортової ЕВМ на формувач сигналу низького рівня на виході D1.2 тригера Шмідта з'являється сигнал низького рівня, що відкриває транзисторний ключ T1, через обмотку фази Ф1 йде струм, величина якого задається дільником R7-R8. Довгота струму регулюється програмною затримкою. Після повороту ротора на заданий кут на вхід формувача подається логічна «1», і ключ T1 замикається. ЕДС самоіндукції фази Ф1 гаситься за допомогою діода D4.

У комплексі при необхідності програмно можна реалізувати 1-, 2-, 3-фазне і напівкрокове управління. При 1-фазному управлінні крок здійснюється за допомогою збудження однієї фази двигуна. В цьому випадку крок складає $1,8^\circ$ повороту ротора. Для зменшення коливань ротора (наприклад, при управлінні кутом випередження запалювання) можна застосовувати 2-фазне управління. Воно дає можливість зменшити час перехідних коливальних процесів ротора більш як в 2 рази [5]. 3-фазне управління реалізується лише у тому випадку, коли з'являється необхідність створити підвищений момент на валу ротора двигуна, величина якого гарантує поворот регульовального гвинта карбюратора. Поворот із запасом моменту дає можливість спростувати систему, не застосовуючи зворотного зв'язку контролю повороту ротора.

Напівкроковий режим, при якому завжди навіть на одній із фаз присутній утримувальний момент, зменшує коливальну складову струму, що виникає при русі ротора під час зменшення величини кроку відповідно до $0,90^\circ$.

Алгоритм управління кроковим двигуном під час реалізації однофазного управління виглядає таким чином:

1. Прямий рух:

- подати керівну дію на фазу 1, для чого слід видати у молодший розряд порту логічний «0», решта розрядів повинні мати логічну «1»;
- зняти керівну дію з фази 1, подати керівну дію на фазу 2, для чого видати у наступний розряд порту логічний «0», при цьому молодший розряд повинен мати логічну «1»;

- зняти керівну дію з фази 2, подати керівну дію на фазу 3, тоді у наступний розряд порту подати логічний «0», при цьому інші розряди повинні мати логічну «1»;
- і т. д.

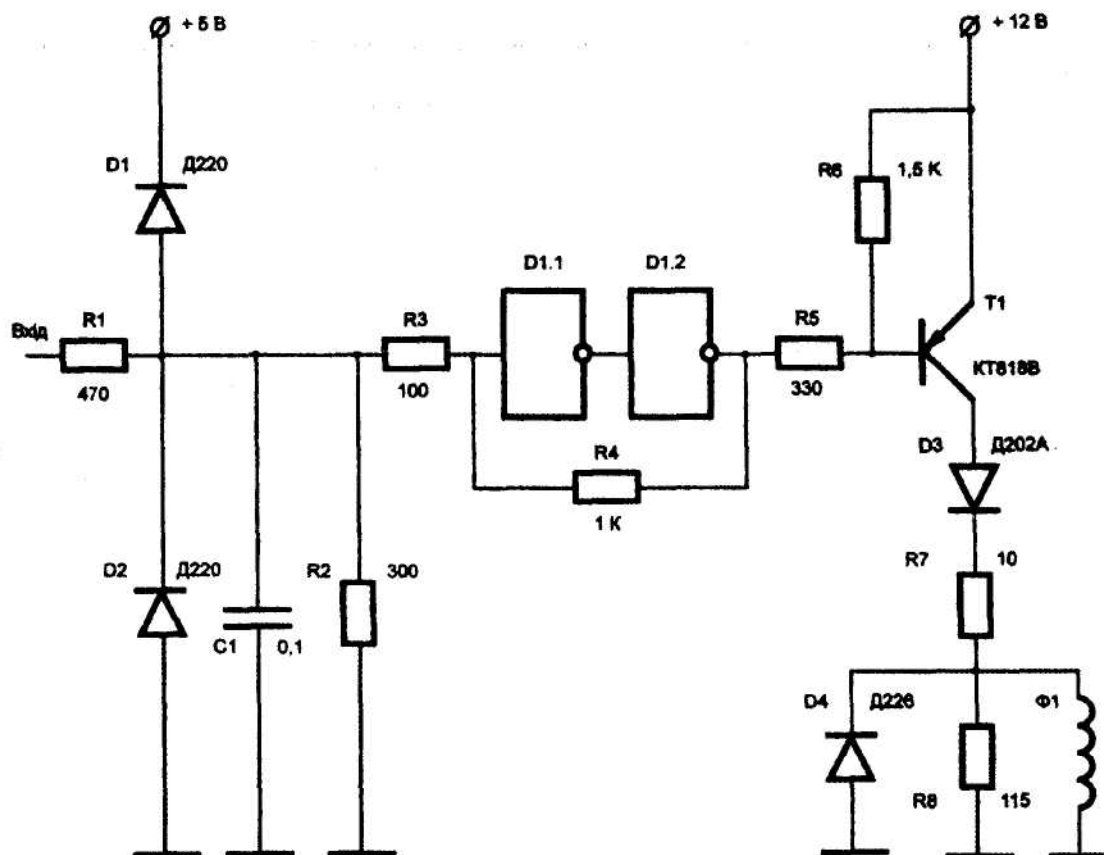


Рис. 3. Формувач-ключ фазного сигналу крокового двигуна

2. Реверсивний рух:

- щоб реалізувати реверсивний рух, логічний «0» необхідно подати в порт у зворотному порядку: спочатку на четверту фазу, тоді на третю, другу, першу і т. д.

Блок програми однофазного управління 4-фазним двигуном ДШП-200-3-3, що реалізує даний алгоритм, виглядає таким чином (мається на увазі, що порт управління існує за адресою 278h, і фази Ф1-Ф4 крокового двигуна з'єднані від молодшого розряду порту послідовно до старшого):

- прямий рух:
 - out &h278,&b1110
 - out &h278,&b1101
 - out &h278,&b1011
 - out &h278,&b0111
- реверсивний рух:
 - out &h278,&b0111
 - out &h278,&b1011
 - out &h278,&b1101
 - out &h278,&b1110

Формувачі-ключі виготовлені у вигляді єдиного блока, що встановлюється у салоні автомобіля. Живлення блока здійснюється від бортової мережі автомобіля.

Керування блоком здійснюється за допомогою стандартної ІВМ-сумісної ЕОМ. Наявність у конфігурації першого паралельного порту дає можливість одночасно управляти п'ятьма 4-фазними кроковими двигунами. Другий паралельний порт забезпечує запит датчиків розташування дросельної заслонки і обертів колінчастого вала. Погодженість сигналів датчиків відбувається за допомогою стандартного аналого-цифрового перетворювача типу Ф7077/1 (ТУ 25-04.3333-77).

Програма дає можливість оператору вибрати номер двигуна для подальшого управління, направлення кроку і необхідну їх кількість. Для встановлення регулювальних параметрів карбюратора після закінчення діагностування на початку роботи програми здійснюється запам'ятовування всіх змін регулювальних параметрів і автоматичне повернення регулювальних гвинтів у попереднє положення.

Комплекс забезпечує точність вимірів, не гірше:

- за каналом обертів колінчастого вала – 0,5 %;
- за каналом положення дросельної заслонки карбюратора – 0,5 %;
- за каналом CO – 0,5 %;
- за каналом CH – 250 млн⁻¹.

За допомогою програмно-апаратного комплексу для встановлених їздових циклів є можливість отримати математичну модель у вигляді

$$dQ / dt = f(X1, X2, X3), \quad (1)$$

де Q – вміст CO (CH) у відпрацьованих газах автомобіля під час руху за їздовим циклом, % (млн⁻¹);

$X1$ – рівень палива у поплавковій камері;

$X2$ – положення гвинта кількості суміші системи холостого ходу;

$X3$ – положення гвинта якості суміші.

Параметри, які виміряли, автоматично записуються в базу даних, обробка і пред'явлення якої у вигляді твердих копій здійснюється після діагностування. Форма наданої інформації може бути цифровою, графічною, схематичною або у вигляді текстового звіту.

Висновки

1. Методика екологічного діагностування автомобіля за їздовим циклом дозволяє виявити технічний стан автомобіля за екологічними критеріями. Створення характерних їздових циклів за екологічними показниками є однією з актуальних проблем сьогодення.

2. При виборі рішень про технічну дію значне місце займає математична модель впливу експлуатаційних параметрів двигуна і його окремих систем на токсичність відпрацьованих газів, що визначається при різноманітних режимах руху автомобіля.

3. Програмно-апаратний комплекс дає можливість реєструвати параметри руху легкового автомобіля на найбільш характерних маршрутах і екологічні показники роботи автомобіля при різноманітних регулювальних параметрах карбюратора.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – Київ, 1998. – 16 с.
2. *Нарбут А.Н.* Тойота-Приус – рекордсмен по економії палива и чистоте вихлопа // Автомобильная промышленность, 1998. – № 8. – С. 37–38.
3. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями / Под ред. Д.Хилларда и Дж.С. Скрингера. – М.: Машиностроение, 1988. – 504 с.
4. *Грбар І.Г., Ільченко А.В., Опанасюк Є.Г.* Шляхи підвищення екологічної безпеки автомобільних бензинових двигунів // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту, 1998. – № 7. – С. 27–31.
5. *Кенио Т.* Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.
6. *Прохоров Б.В., Чванов А.И. и др.* Карбюраторы и топливные насосы автомобилей ВАЗ. – Тольятти: ВАЗ, 1988. – 188 с.
7. Правила проведения государственного технического осмотра механических транспортных средств и прицепов. – М.: Транспорт, 1989. – 23 с.
8. *Мороз С.М.* Бортовая информационно-диагностическая система // Автомобильная промышленность, 1998. – № 7. – С. 21–22.

ІЛЬЧЕНКО Андрій Володимирович – асистент кафедри технічної механіки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- паливна економічність і екологічна безпека автомобільного транспорту;
- мікропроцесорні засоби і комп'ютерні системи в автомобілі;
- діагностика автомобілів.