

УДК 621.434

Н.Г.Куць

Луцький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНІХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Закон України «Про енергозбереження» визначає правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, розташованих на території України, а також для громадян і основними пунктами в ньому є: раціональне використання та економія паливно-енергетичних ресурсів і енергозберігаючі технології транспортного комплексу.*

Ключові слова: *транспорт, енергетична ефективність, двигун.*

**Постановка проблеми.** Транспортний сектор - основне джерело викидів парникових газів. Автотранспортній галузі належить найбільша частина цих викидів - близько 80%. На рубежі століть стало очевидним, що автомобіль породив ряд проблем, три з яких можна сміливо вважати загальнолюдськими. – екологічні, ресурсні та проблеми утилізації.

Екологічні та енергетичні проблеми нині мають глобальний і загальнодержавний характер для окремо взятої країни, проте вирішуватися вони мають на регіональному та локальному рівнях.

**Мета дослідження.** Концентрація автомобільного транспорту у великих містах, функціонування існуючих і прокладання нових транспортних коридорів та автомагістралей через населені пункти чи поблизу них, поряд з різким розширенням автомобільного парку застарілих і зношених моделей, призводять до підвищення рівнів забрудненості повітря. Вже нині світовий автомобільний транспорт викидає в атмосферу щорічно близько 400 млн т вуглекислого газу, понад 70 млн т вуглеводнів і понад 40 млн т окислів азоту. Вихлопні гази автомобілів містять понад 200 хімічних сполук - продуктів згорання пального, переважна більшість яких токсичні та канцерогенні.

Сучасний автомобіль дуже далекий від ідеалу і шляхом його вдосконалення можна внести великий вклад у вирішення екологічної безпеки та енергетичних проблем. Аналіз сучасних досягнень в створенні нових двигунів та тенденцій зміни структури паливних ресурсів показує, що поршневі двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) в найближчому майбутньому збережуть своє провідне становище, як джерела енергії дорожніх транспортних засобів (ДТЗ). Тому, підвищення економічної та екологічної безпеки ДТЗ з ДВЗ є важливою народногосподарською і соціальною проблемою, актуальність якої з кожним роком зростає.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Тенденції розвитку транспорту тісно слідує за загальною динамікою економічного розвитку України. Транспорт, як і деякі інші галузі економіки, все ще має багато проблем таких, як нераціональна структура та висока енергоємність. Незадовільний стан енергетичного господарства на транспорті обумовлений цілою низкою інституційних, економічних, науково-технічних, інформаційно-освітніх та інших причин.

Основними споживачами палив і джерелами забруднюючих викидів є енергоустановки ДТЗ, ефективність паливовикористання і величини викидів яких, визначають рівень екологічної безпеки, як окремого автомобіля чи автобуса, так і парку ДТЗ загалом. Паливна економічність та екологічні показники енергетичних установок визначаються її конструктивною схемою, яка формується шляхом вибору конструктивних елементів ДВЗ, систем подачі палива і повітря та випуску відпрацьованих газів (ВГ). В процесі експлуатації з метою підвищення рівня екологічної безпеки ДТЗ конструктивна схема двигуна може бути змінена шляхом удосконалення окремих систем, заміни або додаткового введення окремих елементів, переобладнання для роботи на альтернативному виді палива, повної заміни установки.

На цей час відсутні комплексні дослідження системи „дорожній транспортний засіб”, які з системних позицій дозволили б розробити наукові методи та інженерні методики оцінки впливу конструктивних та експлуатаційних факторів на ефективність паливовикористання та забруднення середовища і вибору ефективних способів підвищення екологічної безпеки ДТЗ. Це відноситься до паливної економічності, до екологічної безпеки, до надійності зі всіма похідними, до комфортабельності, до пасивної та активної безпеки на ДТЗ.

Очевидно, що підвищення енергетичної ефективності будь-якої машини безпосередньо пов'язано з підвищенням коефіцієнта корисної дії її систем, агрегатів, вузлів та елементів. Найбільшого ефекту слід очікувати від підвищення коефіцієнта корисної дії тих систем, в яких найбільші втрати енергії, тобто, в системі «двигун – трансмісія – автомобіль». Шляхом енергетичної вдосконаленості такої технічної системи можна внести великий вклад у вирішення і екологічних проблем.

Методологія підвищення екологічної безпеки базується на основі системного підходу, який використовується під час проведення досліджень, як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації транспортних засобів (ТЗ) з виділенням основних процесів системи за цільовими функціями, за визначенням основних функціональних елементів і зворотних зв'язків. З точки зору системного підходу і параметрів управління процесами та зв'язками, технічна система розширюється і досліджується як: «паливо – двигун – трансмісія – автомобіль – середовище». В такій системі можна виділити наступні основні процеси, що пов'язані між собою: - перетворення хімічної енергії палива в теплову та механічну роботи, тобто робочий процес ДВЗ; - збільшення коефіцієнта корисної дії (к.к.д.) ДВЗ (індикаторного, термічного та механічного); - передача енергії від ДВЗ до коліс з перетворенням параметрів руху, тобто робочий процес трансмісії ДТЗ; - перетворення обертального руху коліс в поступальний рух ДТЗ, тобто процес взаємодії ходової частини та кузова ДТЗ з середовищем (дорогою та повітрям); - умови експлуатації (режими руху, типи доріг, кліматичні умови).

У сучасному автомобілі енергія, одержувана при згоранні палива, витрачається на внутрішні втрати в цьому двигуні, в трансмісії (23%), на подолання кочення коліс (5,2%-8,1%), на опір повітря (3,6%-13%), і на розгін поступально рухомої маси автомобіля (до 9%). Найбільша величина втрат: від 57,4% (міський цикл) до 64,2% (магістральний цикл), складають внутрішні втрати в ДВЗ, обумовлені недосконалістю його робочого процесу в газорозподільчому механізмі (ГРМ) і тертям в кривошипно-шатунному механізмі (КШМ) та циліндро-поршневій групі. Значну величину складають також втрати при роботі на холостому ході.

Одним з недоліків більшості сучасних методів проектування ДВЗ, є застосування оцінки якості двигуна по витраті палива при фіксованому навантаженні і обертах двигуна. Найчастіше такою оцінкою є мінімальна витрата палива по зовнішній характеристиці. Практично двигуни рідко знаходяться в роботі в таких умовах. У моделях реальних робочих процесів не враховується існування двох класів втрат - усувних і неусувних. Усувні – це коефіцієнт корисної дії, ступінь стиснення, горіння, кути подачі іскри, автоматика управління і т.д. Неусувні – це внутрішні втрати на тертя. Їх можливе зниження до певної межі.

Необхідно звернути увагу саме на режими з навантаженням, на яких автомобіль працює понад 30 – 40% часу, тобто, на перехідні режими часткових навантажень, а також, на короткочасність навантажень (до 80-90% часу) - режими розгону. Саме вони поглинають основну частку палива і тут треба шукати резерви.

Режими руху з неправильним використанням гальм перед світлофором і при постійному недотриманні дистанції між ТЗ, неекономічне управління дросельними заслінками -- рахуються невірними та нетиповими. Відповідно, необхідний прогноз на дорозі, управління швидкістю повинно керуватись органами управління ДВЗ, враховуючи потужність механічних втрат на кожному етапі та умови експлуатації на цих етапах.

Аналіз проведених досліджень та основних тенденцій зміни в структурі парку ДТЗ показує, що найбільш ефективними способами зменшення витрати палива та забруднюючих викидів ДТЗ, які знаходяться в експлуатації, є: - застосування регулювання потужності двигуна зміною робочого об'єму шляхом відключення частини циліндрів для ДТЗ з багатоциліндровими бензиновими двигунами; - застосування комбінованого регулювання частоти обертання двигуна для ДТЗ з дизелями; - застосування фазообертачів на газорозподільних валах для постійного регулювання фаз впуску та випуску; - використання системи регулювання величини підйому клапанів; - заміна бензинових двигунів більш економічними дизелями; - переобладнання рідкопаливних двигунів для роботи на природному газі; - використання гібридних силових установок та інше.

Великі механічні втрати прослідковуються при передачі енергії від ДВЗ до коліс з перетворенням параметрів руху, тобто при робочому процесі трансмісії ДТЗ. Результатом передачі енергії трансмісією є крутний момент на колесах, величина якого залежить від передаточних відношень коробки передач, головної передачі та к.к.д. трансмісії і частоти обертання коліс ДТЗ.

Внаслідок взаємодії ДТЗ через ходову частину (колеса) і кузов з середовищем (дорогою і повітрям) здійснюється перетворення обертального руху коліс в поступальний рух ДТЗ. На виході отримується швидкість ДТЗ та його прискорення, яке визначає режим руху ДТЗ (розгін, усталений рух, сповільнення).

Управління процесами для реалізації закону руху ДТЗ або той чи інший їздовий цикл, чи в кожний момент швидкість ДТЗ (імітує дії водія) в залежності від дорожніх, транспортних, атмосферних та інших факторів, які мають місце на реальному маршруті, через задання значень величини і швидкості відкриття органу управління паливopoдачею, частоти обертання двигуна -- відбувається переключення на більш високу передачу при розгонах, вибір передаточного відношення коробки передач і часу переключення передачі. Ці параметри визначають режими роботи двигуна, тобто значення витрат палива та повітря, необхідних для отримання крутного моменту і частоти обертання двигуна для реалізації того чи іншого закону руху ДТЗ.

Система „дорожній транспортний засіб” функціонує в зовнішньому середовищі, є відкритою, так як обмінюється з середовищем речовиною, енергією, інформацією. Основні взаємозв'язки з середовищем, які враховуються при дослідженні системи: характеризується тиском, температурою і відносною вологістю, а середовищу віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі рівня роботи системи (продукти згоряння, частина теплової енергії, акустичне випромінювання). Середовищу віддається частина теплової енергії, яка утворюється в процесі взаємодії ДТЗ з повітрям і враховує силу опору повітря, відображає взаємодію ДТЗ з дорогою; враховує силу опору кочення і силу опору підйому; враховує інформацію, що характеризує транспортні, атмосферні та інші умови, характерні для реального маршруту.

Всі ці способи пов'язані зі зміною конструктивних схем двигунів, які неоднозначно впливають на масові, габаритні, тягово-швидкісні, економічні та екологічні показники ДТЗ, тому потребують всебічної оцінки їх ефективності для підвищення екологічної безпеки ДТЗ.

**Результати досліджень.** Згідно галузевої програми енергозбереження та впровадження альтернативних видів палива на транспорті до 2030 року, транспортний комплекс України визначає стратегічні завдання, напрями та механізми впровадження енергозберігаючих технологій обслуговування та ремонту рухомого складу, заходів з раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, покращення енергоефективності, екологічної безпеки та застосування альтернативних палив, зокрема стиснутого природного газу (СПГ) та біопалив, добавок і присадок до палив, на автомобільному транспорті. Тому, обґрунтування використання СПГ та інших альтернативних видів палива, зміна конструктивних параметрів двигунів та транспортних засобів в цілому, базується на таких положеннях:

1. Основними соціально-економічними стимулами використання СПГ моторного пального є: підвищення рівня енергетичної безпеки країн внаслідок зменшення залежності від імпорту нафти та нафтопродуктів; покращення екологічної ситуації довкілля за рахунок зменшення шкідливих викидів в атмосферу ( $\text{CO}_2$  на 60%, ароматичних вуглеводнів на 40%); оптимізація економічних показників експлуатації автотранспорту. Обсяги заміщення рідкого моторного палива на СПГ розраховувались відповідно до показників, передбачених політичною ініціативою Європейської комісії на підставі програми „Мета 2020”, Європейської Асоціації транспортних засобів на газовому паливі („Target 2020” the European Natural Gas Vehicle Association ). Згідно з цією програмою до 2020 року 10% рідкого моторного палива має бути заміщено природним газом.

Впровадження нетрадиційних видів палива: «біопаливо» – рідке або газове паливо для транспорту, що виготовлене з біомаси; «біодизель» метилефірдизельної якості, що виготовлений з рослинної або тваринної; «біоетанол» – етанол, що виготовлений з біомаси або частки відходів, що зазнають біологічного розкладу та інше.

2. Запас потужності двигунів V6, V8, V12 такий, що при русі з постійною швидкістю вони працюють тільки на 25% своєї потужності. Спосіб регулювання потужності відключення групи циліндрів обумовлює збільшення наповнення циліндрів свіжим зарядом та збіднення складу суміші в працюючих циліндрах, що веде до росту індикаторного к.к.д. та зменшення насосних втрат.

Американський концерн General Motors проектує восьмициліндрові двигуни з системою відключення циліндрів Displacement-on-Demand („робочий об'єм за вимогою”). Коли двигун нагрівається, електроніка „оцінює” реальну потребу в використанні всіх циліндрів, регулюючи подачу палива в циліндр. За результатами досліджень такий двигун „економить” біля 8% бензину.

Відключення окремих циліндрів втілив в життя Mercedes-Benz на 6,0-літровому двигуні V12 (W140), а потім і V8, робочим об'ємом 5,0 л (W220), де процесом керує електронна система. Відбувається це зразу ж після переходу двигуна на режим часткових навантажень за рахунок відключення відповідних впускних і випускних клапанів. Витрата палива зменшується від 7% до 15% в певних експлуатаційних умовах.

Японія представила оновлену Inspire (в США – Acura TL), обладнану V-подібною 3,0-літровою 250-сильною шісткою з системою Variable Cylinder Management. При малих навантаженнях керуючий процесор відключає три із шести циліндрів - їх клапани залишаються закритими і циліндри не працюють. Для зменшення підвищених вібрацій конструктори Honda передбачили «активну» гідроопору силового агрегату, яка управляється центральним процесором і змінює жорсткість в такт запалюванням у циліндрах. Крім того створена система active noise control (активне гашення шуму).

Роботи над вирішенням «дросельної проблеми» ведуться і в Україні. Відключення групи циліндрів шляхом припинення подачі палива через одну із камер багатоканального карбюратора. Суть даного методу заключається в тому, що по мірі зміни навантаження, за рахунок подачі палива в різні циліндри, відключається частина робочих циклів, що забезпечує отримання необхідної потужності на даному режимі. Дросельна заслінка у всьому діапазоні зміни навантаження двигуна залишається повністю відкритою, що веде до збільшення індикаторного і механічного к.к.д. двигуна. Економія палива на режимах часткових навантажень складає 20-23% з одночасним зменшенням в 2,5-4 рази токсичності відпрацювавших газів

3. Девіз двигуна наших днів -- більша потужність, менша витрата енергії. Перешкоди на шляху створення такого двигуна наступні: - механічні втрати; - неповне використання енергії згорання палива; - питання, що пов'язані з економічністю, собівартістю сучасних двигунів і систем управління; - збільшення маси мотора; - поліпшення всіх характеристик двигуна.

Механічні втрати в сучасних двигунах можна понизити декількома способами: - значно посилити допуски на виготовлення деталей двигунів; зменшити інерційність кривошипно-шатунної групи, тобто необхідне максимальне полегшення поршнів, шатунів, колінчастого і розподільного вала а також маховика; - використовувати сучасні моторні масла з низькою в'язкістю, які знижують втрати на тертя, як при русі по масляних каналах, так і в середині самого масла; - розширити застосування різних антифрикційних покриттів, здатних значно зменшити силу тертя, а також використання деталей, виготовлених на основі кераміки.

Висновки. Отже, резерви підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки лежать в пріоритетному впорядкуванні режимів роботи двигуна, трансмісії та автомобіля в цілому, у виборі типів палив і у взаємодії з навколишнім середовищем шляхом оптимального підбору їх параметрів і характеристик, за рахунок оптимального управління автомобілем і його системами, у підвищенні використання ексергії (потенціальної працездатності) палива.

На автомобільному транспорті передбачається здійснення заходів з оптимізації дорожнього руху, вдосконалення структури автотранспорту через технічне регулювання та введення стимулюючих диференційованих механізмів економічного характеру, розширення використання альтернативних видів палива, добавок і присадок до палив, застосування енергозберігаючих технологій обслуговування та ремонту рухомого складу.

Нині розробляють інтелектуальні транспортні системи (такі, як навігаційні системи, системи стягнення плати за створення заторів дорожнього руху та інтегрованої (спільної) допомоги водієві), що має підвищити безпечність, енергоефективність і поліпшити поведінку водіїв .

1. Стародетко Г.Е. Методические материалы.-Национальная академия наук Белоруссии, Минск. – 1999 . -2000-4/556
2. Гащук П.М. Енергія та упорядкований рух – Львів:Українські технології. 2004 – 608с. – 300іл., 19табл.
3. Матейчик В.П.. Наукові основи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: дис... д-ра техн. наук: 05.22.02 / Національний транспортний ун- т. - К., 2004. – 36
4. Гутаревич Ю.Ф., Матейчик В.П., Ковбасенко С.В., Куць Н.Г. Шляхи покращення екологічних показників бензинового двигуна з відключенням циліндрів // Прогресс – Качество – Технология: сб. научн. тр. -Харьков: ХАИ, ИМС. -1998. - С. 207-211.