БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра „Будівельні колійні та вантажно-розвантажувальні машини”

А.М. Кравець

АЛЬТЕРНАТИВНІ ВИДИ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Конспект лекцій з дисципліни
"*ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БКВРМ*"

Харків - 2010

Кравець А.М. Альтернативні види палива для двигунів внутрішнього згоряння: Конспект лекцій. – Харків:

УкрДАЗТ, 2010. – 29 с.

У даному конспекті лекцій розглядається проблема можливості та доцільності переведення двигунів внутрішнього згоряння з дизельного палива та бензину на інші, альтернативні види палива. Наведено фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики найбільш перспективних видів альтернативних палив та порівняно їх із характеристиками бензинів та дизельного палива. Проаналізовано позитивні та негативні наслідки для ДВЗ, обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища від застосування того чи іншого виду альтернативного палива. Наведені деякі рекомендації стосовно можливих шляхів адаптації сучасних ДВЗ до використання палив ненафтового походження.

Рекомендується для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання", що вивчають курс "Основи надійності та експлуатаційні матеріали для БКВРМ", усіх форм навчання.

Іл. 1, табл. 8, бібліогр.: 8назв.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні колійні та вантажно-розвантажувальні машини" 14 вересня 2009 р., протокол № 1.

Рецензент

доц. А.В. Євтушенко

А.М. Кравець

АЛЬТЕРНАТИВНІ ВИДИ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Конспект лекцій з дисципліни
"*ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БКВРМ*"

Відповідальний за випуск Кравець А.М.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 15.09.09 р.
Формат паперу 60х84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,5. Обл.-вид.арк. 1,75.
Замовлення № Тираж 100. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майд. Фейєрбаха, 7

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра "Будівельні колійні та вантажно-розвантажувальні машини"

А.М. Кравець

АЛЬТЕРНАТИВНІ ВИДИ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Конспект лекцій

з дисципліни

"*ОСНОВИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ БКВРМ*"

Харків 2010

Кравець А.М. Альтернативні види палива для двигунів внутрішнього згоряння: Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 30 с.

У даному конспекті лекцій розглядається проблема можливості та доцільності переведення двигунів внутрішнього згоряння з дизельного палива та бензину на інші, альтернативні види палива. Наведено фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики найбільш перспективних видів альтернативних палив та порівняно їх із характеристиками бензинів та дизельного палива. Проаналізовано позитивні та негативні наслідки для ДВЗ, обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища від застосування того чи іншого виду альтернативного палива. Наведені деякі рекомендації стосовно можливих шляхів адаптації сучасних ДВЗ до використання палив ненафтового походження.

Рекомендується для студентів спеціальності 7.090214 "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання", що вивчають курс "Основи надійності та експлуатаційні матеріали для БКВРМ", усіх форм навчання.

Іл. 1, табл. 8, бібліогр.: 8назв.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні колійні та вантажно-розвантажувальні машини" 14 вересня 2009 р., протокол № 1.

Рецензент

доц. А.В. Євтушенко

КЛАСИФІКАЦІЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ

Близько 90 % механічної енергії, яку використовує у своїй діяльності людство, виробляється двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Вони є основними споживачами палив нафтового походження.

Необхідність розроблення і застосування альтернативних видів палива обумовлена двома взаємопов'язаними причинами:

- швидке виснаження світових запасів нафти;
- погіршення екологічної обстановки, що є наслідком інтенсивних викидів ДВЗ, які працюють на нафтових паливах.

При збереженні сучасних темпів споживання нафти її розвіданих запасів вистачить на 40÷50 років. На даний час нафта є чи не єдиним джерелом для виробництва моторних палив – близько 50 % добутої нафти іде на зазначені потреби.

Дуже гостро питання забезпечення ДВЗ паливом постає для України, оскільки вона є країною-імпортером. Добуваючи близько 3 млн т нафти і 1,5 млн т газового конденсату, Україна ще отримує близько 11 млн т нафти з Росії і Казахстану.

До того ж транспорт, який працює на нафтовому паливі, є чи не наймасовішим забруднювачем навколишнього середовища. Найбільш токсичними речовинами у відпрацьованих газах є оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NO_X) та вуглеводні, що не згоріли (CH).

Саме тому велику актуальність мають наукові дослідження і практичні дії щодо пошуку ефективних видів альтернативних палив для ДВЗ.

У даний час за кордоном при оцінці перспективності того чи іншого виду моторного палива обов'язково беруть до уваги не тільки його функціональну ефективність, але й екологічні наслідки від застосування. Тобто у вартість палива, крім його ринкової складової, включають ще і "зовнішню", рівну розміру компенсації збитку, нанесеного здоров'ю населення і навколишньому середовищу.

Для двигунів будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин (БКВРМ) питання переходу на альтернативні види палива є досить актуальним, оскільки вони є значним споживачем моторних палив і працюють у дуже важких умовах, що негативно впливає на їх екологічні показники. Перехід на будь-які ненафтові види палива є завданням, яке має не швидке рішення, але в аспекті названих вище причин дуже перспективним. Переобладнання двигунів БКВРМ на роботу на альтернативних видах палива приведе до певних капітальних витрат, але повинне позитивно позначитися на експлуатаційних витратах і екологічних показниках роботи двигунів.

Загальна класифікація альтернативних видів палива (рисунок 1) базується на відмінностях у джерелах їх походження (видобутку або виробництва).

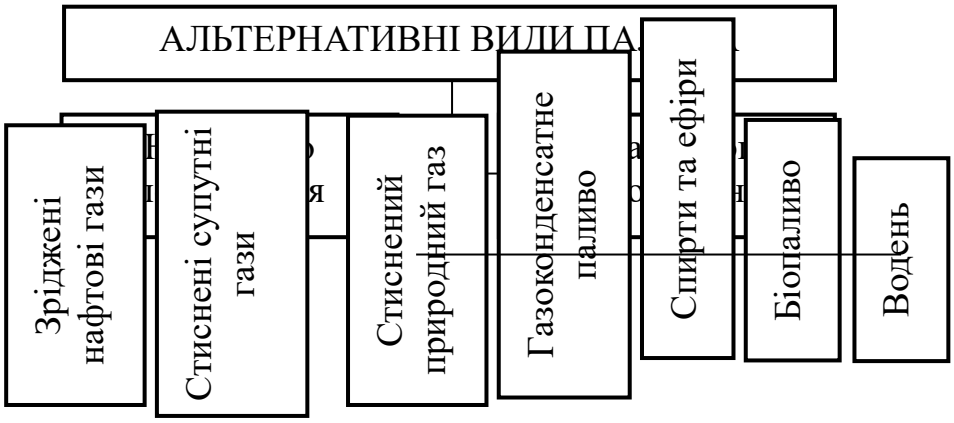

Рисунок 1 – Класифікація альтернативних видів палива

Загальновизнано, що застосування на транспорті альтернативних палив знижує вміст CO_2 і токсичних речовин у відпрацьованих газах. Проте продовжуються суперечки серед фахівців щодо ступеня зниження викидів і можливості фактичного збільшення ступеня забруднення повітря внаслідок утворення інших забруднюючих компонентів при згорянні альтернативних палив. Вважається, що альтернативні палива знижують викиди озоноутворюючих вуглеводнів на 80 % і більше.

З певною часткою умовності до альтернативних моторних палив можна віднести нафтові палива, до складу яких введені різні компоненти і добавки ненафтового походження. До таких палив можуть бути віднесені сумішеві палива, тобто палива, що містять зокрема низькомолекулярні спирти (метанол, етанол), а також автомобільні бензини, що містять такі компоненти, як прості ефіри. Введення останніх у бензини допускається до 15 % від маси, що дозволить економити таку ж кількість бензину або до 30 % нафти, приймаючи вихід бензинової фракції на рівні 50 %.

Роботи з розроблення і застосування різних видів альтернативного палива знаходяться на дуже ранньому етапі, але з часом вони набувають все більшу актуальність.

Головними вимогами до альтернативних видів палива є такий рівень фізико-хімічних властивостей, який би забезпечив можливість застосування цих палив без суттєвої зміни конструкції двигуна та паливної системи, а також збільшення економічної ефективності та покращення екологічних показників роботи двигуна.

ЗРІДЖЕНІ НАФТОВІ ГАЗИ

Зріджені нафтові гази одержують як побічний продукт при деструктивній переробці нафти (близько 30 % від виходу бензину) і супутнього нафтового газу. Основними компонентами цих газів є пропан (C_3H_8), бутан (C_3H_8), їх похідні і суміші в різних пропорціях та природний газ метан (CH_4).

У порівнянні з бензином зріджений газ має такі переваги:

- в 1,5÷2 рази дешевше;
- більш висока детонаційна стійкість (октанове число ≈105), за рахунок чого можна застосовувати більш високі ступені стискання і як результат підвищити потужність та економічність двигунів;
- двигун на ньому працює м'якше, ресурс збільшується приблизно в 1,5 рази (за рахунок зменшення зношування

деталей циліндро-поршневої групи покращення умов роботи свічок запалювання і зменшення нагароутворення);

- термін служби моторної оливи зростає в 2÷2,5 рази (завдяки покращенню процесів випаровування та сумішоутворення рідкого палива, виключенню змивання оливи з дзеркала циліндрів, зменшення розрідження та забруднення оливи різноманітними домішками);

- практично не містить сірки, що викликає корозію деталей і їх знос;

- знижує токсичність відпрацьованих газів (за оксидом вуглецю – в 3÷4 рази, за оксидом азоту – в 1,2÷2 рази, за вуглеводнем – в 1,3÷1,9 рази);

- не накопичує смолянисті відкладення, оскільки нафтовий газ розчиняє їх.

При нормальному атмосферному тиску і температурі навколишнього середовища вище 0°С зріджений газ знаходиться в газоподібному стані, але при невеликому підвищенні тиску (до 0,8÷1,6 МПа) переходить в рідину, що легко випаровується. Критична температура зрідження пропану дорівнює 97°С, а бутану – 126°С. При температурі 20°С та тиску 0,716 МПа для пропану та 0,103 МПа для бутану ці вуглеводні легко зріджуються, а їх суміш являє собою бензоподібну рідину із густиною орієнтовно 600 кг/м^3.

За дослідницьким методом октанове число пропану становить 120, а бутану – 93. Це забезпечує форсування двигунів техніки зі ступенем стиснення до 8,5÷9 та дає змогу збільшити їх потужність.

При переведенні двигуна на зріджений газ потужність падає на 3÷4 %. Цього можна уникнути, якщо суміш охолоджувати в тракті впускання або підвищити ступінь стиснення, оскільки октанове число у газу більше, ніж у бензину. Простіше всього використовувати високу детонаційну стійкість газу шляхом збільшення кута випередження запалення.

ГОСТ 20448-90 ("Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления.

Технические условия") передбачає випуск двох марок зрідженого газу:

- суміш пропан-бутанова технічна зимова – СПБТЗ;
- суміш пропан-бутанова технічна літня – СПБТЛ.

До складу цих газів, окрім пропану і бутану, що складають їх основу, входять й інші гази (таблиця 1). Метан, етан, етилен мають високий тиск насиченої пари, тоді як у зріджених газів він не перевищує 1,6 МПа при температурі 40°С. Додавання цих вуглеводнів у невеликій кількості підвищує тиск насиченої пари суміші, що забезпечує безперебійну роботу двигуна. Пропан забезпечує оптимальний тиск насичених газів. Бутан – найкалорійніша і легко стискувана частина паливної суміші.

Таблиця 1 – Характеристики зріджених газів за ГОСТ 20448-90

Показник		СПБТЗ	СПБТЛ
Масова частка компонентів, %	метан, етан, етилен	5	6
	пропан, пропилен	75	34
	бутан, бутилен	20	60
Надлишковий тиск насичених парів, МПа при температурі	+45°С, не більше	1,6	1,6
	-20°С, не менше	0,16	-
Вміст сірководню, %, не більше		5	5
Вміст загальної сірки, %, не більше		0,015	0,015
Рідкий залишок, %, при температурі 20°С, не більше		1	2
Запах має бути відчутним при концентрації газу, %		0,5	0,4

Для автомобільних двигунів за ГОСТ 27578-87 ("Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. Технические условия") випускаються два види палива (таблиця 2):

- ПА – пропан автомобільний, який застосовується взимку при температурі повітря -20÷-35°С;
- ПБА – пропан-бутан автомобільний, який застосовують за температури повітря вище -20°С.

Для використання зріджених газів як моторне паливо достатньо встановити на машину тонкостінний балон (об'ємом до 250 л і робочим тиском 1,57 МПа), змішувач, редуктор-дозатор та паливовипаровувач для випаровування газу. Переобладнаний двигун може також працювати і на бензині (в разі повної витрати газу або в разі важкого запуску двигуна при низьких температурах).

Таблиця 2 – Характеристики зріджених газів за ГОСТ 27578-87

Показник		ПА	ПБА
Масова частка компонентів, %	Пропан	90±10	50±10
	негранічні вуглеводні, не більше	6	6
Надлишковий тиск насичених парів, МПа, при температурі	+45°С, не більше	1,6	1,6
	-20°С, не менше	-	0,07
	-35°С, не менше	0,07	-
Масова частка сірководню, %, не більше		0,003	0,003
Масова частка сірки і сірчистих сполук, %, не більше		0,01	0,01
Вміст вільної води та лугів		відсутні	

Щоб маса газобалонної апаратури була невеликою, тиск насиченої пари повинен бути мінімальним, але для надійної подачі газу необхідно, щоб тиск газу в балоні був не менше 0,1 МПа. Для створення тиску насиченої пари балон заправляють не більше ніж на 90 %. За рахунок неповної заправки балона створюється парова подушка, що служить для компенсації температурних розширень зрідженого газу, а також джерелом випаровування палива, що використовується для запуску холодного двигуна.

Зріджені гази не мають кольору і запаху, знайти їх витік практично неможливо, тому в ці гази додають спеціальні речовини – одоранти. Найчастіше як одорант застосовують етилмеркаптан (C_2H_5SH), який має різкий неприємний запах,

що відчувається вже при концентрації його 0,19 г на 1000 $м^3$ повітря.

СТИСНЕНІ ГАЗИ

Стиснені гази, що використовуються як моторні палива, одержують з родовищ природного газу (стиснений природній газ) і попутних газів нафтових родовищ (стиснений нафтовий газ). Основним компонентом цих газів є метан (CH_4), але є й інші вуглеводні (таблиця 3), а також вуглекислий газ, кисень, азот, водень та ін. Із усіх вуглеводневих газів метан містить максимальну кількість водню на один атом вуглецю і завдяки цьому він має високу теплотворність, достатньо широкі межі займистості та низький вміст токсичних речовин у продуктах згоряння.

Таблиця 3 – Вміст вуглеводнів у природних газах

У відсотках

Компоненти	Нафтовий газ	Природний газ
Метан	40÷82	82÷98
Етан	4÷20	До 6
Пропан		До 1,5
Бутан		До 1

В експлуатації гази із нафтових і газових родовищ не поділяються і мають загальну назву – стиснений природний газ.

Інтенсивне використовування стисненого природного газу як моторного палива обумовлено такими його перевагами перед зрідженими нафтовими газами:

- цей газ безпечніший, оскільки він легший за повітря і при витоках швидко випаровується;
- має меншу вартість;
- більш поширений у природі;

- відпрацьовані гази екологічно більш чисті (зменшення шкідливих речовин у викидах, особливо CO, порівняно із бензиновими двигунами може досягати 90 %).

Стиснений природний газ дозволяє на 35-40 % збільшити моторесурс двигуна за рахунок відсутності на його деталях нагару. Термін служби свічок запалювання збільшується в середньому на 40 %. За рахунок зменшення забруднення і розрідження подовжується в 2÷3 рази термін служби моторної оливи. Висока детонаційна стійкість (октанове число в межах 102÷103) забезпечує м'яку роботу двигуна і можливість форсувати двигун за ступенем стискання.

Стиснені гази при нормальній температурі зберігають газоподібний стан навіть при високому тиску. У рідкий стан вони переходять при температурі нижче -82°С і тиску 4,5 МПа.

За енергетичними параметрами 1 м^3 природного газу прирівнюється до 1 л бензину.

Промисловістю виробляються дві марки стисненого природного газу: А і Б, які, згідно з технічними умовами ТУ 51-16.6-83, відрізняються вмістом метану та азоту. Взагалі показники якості стиснених природних газів мають відповідати наведеним у таблиці 4.

Основний недолік природного газу як моторного палива полягає в меншій (в 1000 разів) об'ємній енергогустині в порівнянні з рідкими нафтовими паливами, що приводить до:

- зменшення пробігу на одній заправці і необхідності наявності великої кількості балонів для зберігання газу, що знижує вантажопідйомність автомобіля на 9÷14 %;
- зниження технічних характеристик двигуна: потужності на 18÷20 %, максимальної швидкості на 5÷6 %.
- збільшення часу розгону на 24÷30 %.

Таблиця 4 – Характеристики стисненого природного газу

Показник	Нормативне значення
Об'ємна нижча теплота згоряння, МДж/м^3, не менше	32,6÷36,0

Густина відносно повітря, г/см^3, не менше	0,56÷0,62
Розрахункове октанове число, не менше	105
Маса сірководню, г/м^3, не більше	0,02
Маса меркаптанової сірки, г/м^3, не більше	0,036
Маса механічних домішок, г/м^3, не більше	1,0
Сумарна об'ємна частка негорючих компонентів, разом із киснем, %, не більше	7,0
Вміст води, мг/м^3, не більше	9,0

Примітки:

1 Значення показників встановлено за температури 20°С і тиску 0,1013 МПа.

2 Розрахункове октанове число РОЧ визначено за формулою

$$РОЧ = \frac{\sum_{i=1}^{n}(ОЧ_i \cdot C_i)}{\sum_{i=1}^{n} C_i},$$

де $ОЧ_i$ - октанове число i-го горючого компонента стисненого газу;

C_i - об'ємна частка i-го горючого компонента стисненого газу в суміші;

n - кількість горючих компонентів стисненого газу, визначених аналізом

Окрім цього, до недоліків природного газу слід віднести:

- виділення в атмосферу метану (природний газ дуже швидко випаровується);
- утруднення з пуском двигуна в холодну пору року, що пояснюється більш високою температурою запалювання і самозаймання природного газу (187°С і 517°С відповідно);
- збільшення загальної вартості машини орієнтовно на 27 %;
- збільшення трудомісткості обслуговування машини на 7÷8 %;
- підвищення вимог відносно вибухо- та пожежобезпеки

(газ здатен утворювати із повітрям вибухонебезпечні суміші, але за небезпекою спалаху стиснений природний газ значно безпечніший, ніж бензин).

Переведення транспортних засобів на стиснений природний газ можна здійснити за такими напрямками:

- модифікація бензинового двигуна на стиснений природний газ;
- модифікація бензинового двигуна на стиснений природний газ і на бензин, тобто використання двох типів палива;
- переведення дизельних двигунів на стиснений газ із використанням іскрового запалювання;
- переведення дизельного двигуна на використання двох типів палив, тобто газодизельний режим.

Головним недоліком газобалонної апаратури для стиснених газів, що встановлюється на транспортний засіб, є її маса. Балон з легованої сталі місткістю 50 л з газом під тиском 20 МПа важить 62,5 кг, а балон з вуглецевої сталі – 93 кг. Повна заправка 8 балонів, маса яких складає 14 % вантажопідйомності автомобіля, забезпечує 200÷280 км пробігу.

Зменшити масу балонів можна шляхом зріджування газу при низьких температурах (-160°С) і зберіганні його в ізотермічних балонах. При створенні надійних і дешевих кріогенних паливних баків і мережі заправних станцій можливе збільшення парку машин, що працюють на зрідженому природному газі, але на даному етапі розвитку техніки це приведе до значного дорожчання газобалонної системи.

ГАЗОКОНДЕНСАТНЕ ПАЛИВО

Газоконденсатне паливо – це природна суміш

легкокиплячих нафтових вуглеводнів, що знаходиться у природі в підземних пластах в газоподібному стані під тиском 4,9÷9,8 МПа при температурі 150°С. При охолоджуванні і зниженні тиску до атмосферного (в умовах земної поверхні) суміш розпадається на рідку (конденсат) і газову складові.

Усі газові конденсати складаються в основному з нафтенових і парафінових вуглеводнів і майже не містять ароматичних вуглеводнів. Вони мають низьку детонаційну стійкість і в основному використовуються як дизельне паливо марок ГШЗ і ГШЛ (таблиця 5).

Таблиця 5 – Показники якості дизельних та газоконденсатних палив

Показник		Дизельне паливо за ДСТУ 3868-99		Газовий конденсат	
		Л	З	ГШЛ	ГШЗ
Цетанове число, не менше		45	45	42	40
Фракційний склад, °С	$t_{50\%}$, не більше	280	280	260	260
	$t_{96\%}$, не більше	370	370	360	340
Кінематична в'язкість при 20°С, мм^2/с		3,0÷6,0	1,8÷6,0	2,0	1,45
Температура помутніння, °С, не більше		-5	-15	-5	-25
Температура застигання, °С, не більше		-10	-25	-15	-35
Температура спалаху в закритому тиглі, °С, не менше / не більше (для дизелів загального призначення)		40 / -	35 / -	- / 15	- / 12

ГШЗ – газоконденсатне широкофракційне паливо, яке одержують прямою перегонкою газового конденсату або шляхом змішування дизельних фракцій газового конденсату з дизельним паливом, використовують при температурі навколишнього середовища -35°С і вище.

ГШЛ – одержують прямою перегонкою газового конденсату або шляхом змішування дизельних фракцій газового конденсату з товарними дизельними паливами, застосовують при температурах навколишнього середовища

вище -5°С.

Газоконденсатні палива мають цетанове число менше ніж у звичайного дизельного палива. Це приводить до великої затримки самозаймання та зменшення подачі палива, і як результат до зниження потужності двигуна орієнтовно на 7 %. Відповідне регулювання паливної апаратури дозволить уникнути цієї проблеми, а також витримати на належному рівні економічність та ефективність роботи дизеля й навіть поліпшити його динамічні показники.

При застосування газоконденсатного палива слід враховувати, що воно досить токсичне та вибухонебезпечне. Воно шкідливо діє на центральну нервову систему, подразнює слизові оболонки очей і верхніх дихальних шляхів.

СПИРТИ

Разом з газовими моторними паливами як альтернативне паливо найбільш широко використовуються спиртні палива, які являють собою низькомолекулярні спирти – метанол, етанол або так звані оксигенатні палива, що містять у своєму складі разом з вуглеводневим паливом (бензином, дизельним паливом) різні кількості кисневмісних добавок (спиртів та ефірів).

З великого числа аліфатичних спиртів як моторні палива знайшли застосування тільки метанол і етанол. Ця обставина обумовлена такими причинами:

- значні об'єми виробництва – десятки мільйонів тонн;
- високі антидетонаційні властивості (октанове число близько 100), що дозволяє підвищити ступінь стиснення в камері згоряння до 12÷14 і понизити питому витрату енергії на одиницю потужності (підвищити ККД двигуна);
- зниження вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах (вміст оксиду азоту скорочується у 1,5÷2 рази, а вуглеводнів в 1,3÷1,7 рази);
- можливістю економії нафтових ресурсів за умови

виробництва цих спиртів з альтернативних джерел сировини.

Метанол – метиловий або деревний спирт, для виробництва якого сировиною служать природний газ, нафтові залишки, а останнім часом і вугілля, відходи лісового господарства, біомаса та міські відходи. Енергетичний коефіцієнт корисної дії виробництва метанолу з вугілля становить приблизно 45÷50 %, що трохи вище, ніж при виробництві дизельного палива і бензину (40 %). При виробництві метанолу із деревини цей коефіцієнт знаходиться в межах 42÷50 %, а з природного газу – 60÷70 %.

Метанол є безбарвною спалахуючою рідиною із слабим спиртним і трохи гострим запахом, що добре змішується з водою. Його вартість перевищує в півтора-два рази вартість бензину. Добавка 3÷5 % метанолу дозволяє використовувати бензин з меншим октановим числом і замінювати етилований бензин на неетилований.

Етанол – етиловий або винний спирт, який виробляється із злаків, картоплі, цукрової тростини та ін., застосовується як в суміші з бензином, так і в чистому вигляді.

Серед основних недоліків спиртів як моторних палив слід виділити такі:

- знижена в порівнянні з вуглеводневими паливами теплота згоряння;
- низька енергогустина спиртів у порівнянні з вуглеводневими паливами приводить до збільшення майже у 2 рази питомої витрати спиртного палива і вимагає для забезпечення однакового запасу ходу майже удвічі більшого об'єму паливного бака;
- низький тиск насиченої пари і висока теплота випаровування утрудняє, іноді навіть робить неможливим пуск двигуна при низьких температурах;
- необмежена розчинність води в метанолі й етанолі погіршує експлуатаційні властивості спиртних палив та приводить до вимивання спиртів з бензину і переходу їх в нижній водно-спиртовий шар;

- висока корозійна агресивність самих спиртів і особливо продуктів їх перетворень;
- спирти чинять негативний вплив на гумовотехнічні і пластмасові деталі устаткування і двигунів;
- перехід з вуглеводневих палив на спиртні вимагає істотної модернізації або перерегулювання системи подачі палива, а також зміни ступеня стиснення й інших параметрів двигуна.

Високі антидетонаційні властивості спиртів визначають їх переважне використовування у двигунах внутрішнього згоряння з примусовим (іскровим) запаленням. Використання спиртів у дизельних двигунах утруднене через низькі цетанові числа (3÷8), високу температуру самозаймання (в 1,5÷2 рази вище, ніж у дизельного палива) і низькі змащуючі властивості, що призводить до підвищеного зносу паливних насосів.

Розглянуті недоліки чисто спиртних палив перекривають їх переваги при використовуванні як моторних палив, і це привело до того, що спиртні палива не застосовуються в дизельних двигунах і знайшли обмежене застосування у двигунах з іскровим запаленням. Тому в даний час все більш широке застосування знаходять так звані сумішеві палива, тобто вуглеводневі палива, низькомолекулярні спирти, що містять частіше етанол, в кількостях від декількох відсотків (5÷10) до десятків відсотків (85÷95). Наприклад застосування суміші із 15 % метанолу та 85 % бензину (позначається як М15) має такі позитивні результати:

- непотрібно вносити зміни в конструкцію двигуна та паливної апаратури;
- можна застосовувати бензин із меншим октановим числом;
- можна замінити етильований бензин на неетильований;
- відпадає потреба у стабілізаторі, оскільки при значному додаванні метанолу суміш зберігає свою стабільність;
- при додаванні навіть 3÷5 % метанолу забезпечується економія бензину на рівні до 2,5 % при збереженні потужності,

динамічних і економічних показників, а також рівня токсичності відпрацьованих газів.

Однією з головних проблем застосування спиртобензинових сумішей є їх розшарування при зниженні температури та збільшенні концентрації води. Стабілізувати суміші та запобігти їх розшаруванню можна за рахунок додавання до них стабілізаторів (гексанол, ізопропанол, ізобутанол), які є доволі дефіцитні, а отже, дорогі. Вирішити цю проблему можна за рахунок роздільної подачі двох видів палива, що дасть змогу підвищити потужність двигуна й отримати оптимальні економічні показники, а також зменшити кількість токсичних речовин у відпрацьованих газах. Для цього на машині потрібно встановити спеціальний змішувач і окремий бак для метанолу.

На даний час застосування спиртів як рідких палив для ДВЗ обмежене через високу їх вартість та невирішені питання із токсичністю (особливо метанолу), що вимагає дуже ретельно слідкувати за герметичністю паливної системи та дотримання суворих правил безпеки при роботі з цим видом палива.

ЕФІРИ

Ефіри належать до оксигенатних палив, тобто продуктів, у склад яких входить кисень. І хоча до складу розглянутих вище спиртів також входить кисень, термін "оксигенатні" вперше був застосований саме до палив, які містять у своєму складі прості ефіри.

Широке застосування як моторні палива отримали такі ефіри, як метилтретбутиловий (МТБЕ) – застосовується як добавка до бензинів, та диметиловий ефір (ДМЕ) – застосовується як добавка до дизельного палива або його повний замінник.

МТБЕ отримують при взаємодії 36 % метанолу з 64 % ізобутилену в присутності каталізаторів. Цей ефір має порівняно високу детонаційну стійкість і тому є перспективним

компонентом автомобільних бензинів.

Позитивні якості МТБЕ при додаванні його у бензин полягають в такому:

- можливе одержання неетильованих високооктанових сумішей, при відсутності необхідності змінювати регулювання паливної апаратури;
- висока теплотворна здатність (на рівні 37,7 МДж/кг);
- додавання 10 % МТБЕ підвищує октанове число бензину за дослідницьким методом на 2,1÷5,9 одиниці, а 20 % - на 4,6÷12,6, тобто ефективність його значно вища, ніж метанолу;
- полегшується фракційний склад бензину, за рахунок чого поліпшуються пускові якості, але збільшується й імовірність утворення парових пробок;
- дещо поліпшуються потужність та економічні показники двигуна в усьому діапазоні навантажень та частоти обертання колінчастого вала;
- додавання 8÷11 % МТБЕ до бензину зменшує інтенсивність зношування деталей двигуна, утворення на них нагару і лакових відкладень, стабілізує фізико-хімічні властивості моторної оливи;
- знижується токсичність відпрацьованих газів приблизно на 10 %;
- витрата бензину знижується приблизно на 3 %.

Отже, МТБЕ, зважаючи на його позитивні експлуатаційні характеристики (таблиця 6), є досить перспективним при застосуванні його як моторне паливо.

Таблиця 6 – Порівняльна характеристика бензину та перспективних палив

Показник		Бензин	Метанол	Етанол	МТБЕ
Октанове	за дослідницьким	80÷98	114	111	117

число	методом				
	за моторним методом	76÷88	95	94	100
Кінематична в'язкість при 20°С, $мм^2/с$		0,65	0,55	1,76	0,75
Густина за 20°С, $кг/м^3$		700	800	790	750
Температура, °С	кипіння	35÷195	65	78	51÷62
	кристалізації	-60	-98	-115	-105
	самозаймання	255÷370	464	423	421
	займання	-27÷-39	8	13	11
Тиск насичених парів за 20°С, кПа		66,5÷93	12,1	5,6	58,4
Границі займання об'ємні, %		0,8÷5,2	5,5÷36	4,3÷19	-
Масова частка кисню, %		-	49,9	34,7	18,2
Теплота згоряння, кДж/г·моль		254	238	278	-
Розчинність у воді, %		0,0008	Повна	Повна	14,3

Що стосується застосування диметилового ефіру (ДМЕ), то, на думку експертів, в даний час він є одним з найперспективніших палив для дизельних двигунів. Перспективність цього дизельного палива визначається двома основними обставинами:

- сировиною для виробництва ДМЕ є природний газ;
- високими експлуатаційними й екологічними властивостями ДМЕ.

Серед позитивних експлуатаційних якостей ДМЕ (таблиця 7) необхідно відзначити таке:

- високе цетанове число (55÷60 од.);
- відсутність сірки в ДМЕ вирішує проблему вмісту оксидів сірки у відпрацьованих газах;
- наявність у молекулі ДМЕ атому кисню забезпечує:
- повноту згоряння ДМЕ, що забезпечує практичну відсутність у камері згоряння нагару і частинок сажі у відпрацьованих газах;
- зниження температури горіння палива в камері згоряння

і, як наслідок, зниження вмісту оксидів азоту у відпрацьованих газах;

- стійка робота двигуна на всіх режимах включаючи режим пуску та холостого ходу без втрати потужності та економічності (в енергетичному еквіваленті).

Таблиця 7 – Фізико-хімічні властивості палив для дизельних двигунів

Показник		Нафтове дизельне паливо	ДМЕ
Молярна маса		148,6	46,07
Вміст сірки, ppm		Нижче 500	Нижче 5
Масова частка ароматичних вуглеводнів, %		25	Відсутні
Масова частка кисню, %		Сліди	34,7
Тиск насичених парів за 38°С, кПа		0,69	800
Температура, °С	Кипіння	180÷370	-24,8
	самозаймання	220	235
Теплота згоряння, МДж/кг		42,5	24,8
Цетанове число		40÷55	55÷60
Кінематична в'язкість при 40°С, мм^2/с		2,0÷3,5	0,25
Густина при 15°С, кг/л		0,8÷0,84	0,6612

Важливою позитивною рисою ДМЕ є його екологічні властивості. ДМЕ характеризується коротким напівперіодом життя в тропосфері (менше одного дня), не надходить в стратосферу, повністю розкладається до води і двоокису вуглецю, нетоксичний, неканцерогенний, немутагенний. Він безбарвний, майже не має запаху і на вигляд нагадує воду.

Найістотнішими недоліками ДМЕ як дизельного палива є в 1,5 рази менша теплота згоряння, що приведе до збільшення витрати ДМЕ в 1,5÷1,6 разу в порівнянні з дизельним паливом.

Недоліками ДМЕ є також низька кінематична в'язкість (в 20÷30 разів менша ніж у дизельного палива) і дуже погані змащуючі властивості – гірші серед усіх палив для дизельних двигунів, що потребує застосування або спеціальних протизношувальних присадок, або принципової зміни системи

подачі ДМЕ в камеру згоряння.

Певні складнощі при упровадженні ДМЕ пов'язані з його низькою температурою кипіння (мінус 24,8°С), що приведе до необхідності створення інфраструктури для зберігання ДМЕ на складах підприємств, заправлення, зберігання на борту машин і т.п.

Вирішення зазначених проблем зробить ДМЕ досить перспективним для застосування як замінник дизельного палива.

БІОПАЛИВО

Біопаливами (біологічними паливами) називають моторні палива, які одержують з відновлюваних, в основному рослинних джерел сировини. Етиловий спирт (гідролізний і харчовий), отриманий з рослинної сировини, також часто називають біоетанол. Окрім біоетанолу, з відновлюваних джерел сировини в промисловому масштабі виробляють біодизельне паливо і так зване паливо P-series.

Для вироблення біодизельного палива можуть використовуватися різні олійні культури (соя, рапс і т.п.), а також відходи виробництва яловичого й інших тваринних жирів. Найбільш часто для виробництва біодизельного палива використовують рапсову олію, яка виробляється з насіння рапсу. Однак рапсові або соєві олії – це ще не біодизельне паливо. За визначенням американського Товариства з тестування і матеріалів біодизельне паливо – це моноалкілові ефіри довголанцюгових жирних кислот, що одержують з рослинної олії або тваринного жиру. Будь-які жири є ефірами довголанцюгових жирних кислот і гліцерину, який за своєю хімічною природою є триатомним спиртом. Це означає, що гліцерин у жирах можна замінювати трьома молекулами метилового спирту (метанолу або етилового спирту). При цьому ми також отримаємо ефір, але він буде менш в'язким, ніж вихідна рослинна олія (ефір гліцерину) і не твердітиме при низьких температурах. Саме цей ефір метанолу (або етанолу) і

довголанцюгових жирних кислот є біодизельним паливом, а процес хімічного заміщення в жирах гліцерину спиртами називається переетерифікацією.

Біодизельне паливо може застосовуватися на транспортних двигунах у чистому вигляді і як добавка до нафтового дизельного палива. Основні фізико-хімічні й експлуатаційні властивості біодизельного палива і його суміші з нафтовим дизельним паливом наведені в таблиці 8.

Таблиця 8 – Властивості біодизельного палива і його сумішей з нафтовим дизельним паливом

Показники	Нафтове дизельне паливо	Біодизельне паливо	Суміш нафтового та біодизельного палива, %			
			5	20	30	50
Густина при 15°С, кг/м^3	828	884	833	840	848	858
Цетановий індекс	≈51	≈51	≈51	≈51	≈51	≈51
Найнижча теплота згоряння, МДж/л	35,5	32,9	35,3	35,0	34,7	34,2
В'язкість при 40°С, мм^2/с	2,2÷2,9	4,5	2,4	2,6	2,7	3,1
Температура спалаху, °С	73	188	75	76	78	83

Найпоширеніша суміш біодизельного і нафтового дизельного палива називається склад В20, що відповідає 20 % біодизеля і 80 % звичайного палива.

Введення до 10 % біодизельного палива практично не впливає на фізико-хімічні й експлуатаційні властивості нафтового дизельного палива, при більшому вмісті виникає необхідність у додаванні депресорних присадок, які призначенні для зниження температури застигання.

Крім зниженої температури затвердіння (а це важливо для зимових погодних умов України), біодизельне паливо, як моторне паливо, має ряд цінних якостей. Його застосування істотно подовжує час життя двигуна, оскільки таке паливо має кращу змащуючу здатністю, ніж паливо з нафти. При цьому на 90 % знижується ризик ракових захворювань. За рахунок того,

що біодизельне паливо містить 11 % кисню, кількість вуглекислого газу зменшується на 80 %, чадного газу – на 35 %, оксидів сірки – на 100 %, аерозолів (димових частинок розміром менше 10 мікрон) – на 32 %. Ясно, що ці вражаючі показники мають першорядне значення для поліпшення екологічної ситуації. Цікаво також і те, що біодизельне паливо має приємний запах попкорну або смаженої картоплі.

З урахуванням ситуації, що склалася зараз на енергетичному ринку України, а також не дуже райдужних перспектив у найближчому і віддаленому майбутньому, організація виробництва біодизельного палива в нашій країні є дуже актуальною. В Україні базовою відновлюваною сировиною є рапс (рапсова олія), і це гарантує незалежність країни від зовнішніх постачальників енергоносіїв цього типу.

Палива P-series, розроблені в Принстонському університеті (США), є сумішшю етанолу, метилтетрагідрофурану (МТГФ), вуглеводнів С5+; в зимові сорти вводиться н-бутан.

Октанові числа палив P-series залежно від складу знаходяться в діапазоні 87÷93 одиниці. За екологічними властивостями вони набагато перевершують нафтові бензини за вмістом [CH], CO і NO_X у відпрацьованих газах, вони також менш шкідливі для людини.

Для отримання палив P-series може використовуватися дешева відновлювана сировина – сільськогосподарські, деревні і паперові відходи. Один літр палива P-series еквівалентний одному літру звичайного бензину.

ВОДЕНЬ

Донедавна водень розглядався лише як потенційне ефективне паливо. Але в останній час роботам з розширення можливості його застосування в ДВЗ приділяється багато уваги і зараз він є основним перспективним енергоносієм, до того ж

екологічно чистим.

Інтерес до водню як моторного палива обумовлений такими обставинами:

- при згорянні водню у двигуні утворюється практично тільки вода, і в цьому відношенні двигун на водневому паливі є найбільш екологічно чистим;
- високі енергетичні властивості водню – 1 кг водню еквівалентний майже 4,5 кг бензину (теплотворна здатність водню 120 МДж/кг, а бензину 44 МДж/кг);
- практично необмежена сировинна база за умови отримання водню з води (за допомогою електролізу);
- при достатньому збідненні суміші можлива бездетонаційна робота водневого двигуна в широкому діапазоні ступенів стиснення;
- відсутність вуглецю у водневому паливі призводить до того, що у відпрацьованих газах практично відсутні оксиди вуглецю (CO і CO_2) і незгорілі вуглеводні.

Основні недоліки водневого палива:

- пожежо- і вибухонебезпека - суміш водню з повітрям утворює гримучий газ, тому потрібна повна герметичність, у тому числі і при заправці;
- навіть у рідкому стані він займає об'єм у 3,5 рази більший, ніж еквівалентна кількість бензину. Необхідна також надійна теплоізоляція баків, оскільки температура зрідженого азоту становить -253°C (застосовуються баки із подвійними стінками, простір між якими заповнено теплоізоляційним матеріалом);
- викид оксидів азоту за рахунок більш високої температури горіння водне-повітряної суміші удвічі перевищує викид оксидів азоту бензинового двигуна, але при збідненні суміші кількість цих оксидів різко знижується, а при досягненні коефіцієнта надлишку повітря 1,8 вони зовсім відсутні;
- при роботі стандартного двигуна на водні його

потужність знижується на 15÷20 %.

Широкий діапазон займання водне-повітряної суміші 14÷75 % та вибухонебезпечності 18,3÷74 % створюють проблеми при використанні водню. Але висока температура займання (590°С) і швидке розсіювання в атмосфері дозволяють прирівняти водень за ступенем пожежо- та вибухонебезпечності до природного газу.

Висока реакційна здатність водню приводить до можливості проскакування полум'я у впускний трубопровід, передчасного запалювання і жорсткого згоряння водне-повітряних сумішей. Зі всіх можливих варіантів усунення цього явища переважає упорскування водню безпосередньо в камеру згоряння, при цьому можливе підвищення ступеня стиснення до 15,4 і підвищення ККД двигуна до 55 %.

Висока температура самозаймання водне-повітряної суміші утруднює використання водню як паливо для дизельних двигунів. Стійке займання може бути забезпечене або примусовим підпалом від свічки або організацією роботи двигуна в газодизельному режимі, коли запалювання виникає за рахунок невеликої кількості дизельного палива, що подається в циліндр разом із воднем.

Технічні труднощі при використанні і висока вартість водню привели до того, що надається увага розробленню комбінованого палива бензин-водень. Висока активність водню дозволяє забезпечити роботу двигуна на збіднених сумішах, ступінь збіднення залежить від кількості водню в суміші. Проведені випробування показали, що використання бензино-водневих сумішей дозволяє знизити витрату бензину на 30÷50%.

Так, якщо вводити водень в горючу суміш на режимі холостого ходу, а також на малих та середніх навантаженнях, то це забезпечить оптимальні показники за потужністю та динамікою машини при зменшенні витрат палива на 50÷55 %. Випробування показали, що при такому використанні 1,8 кг водню замінюють 6,7 кг бензину. При цьому концентрація окису

вуглецю у відпрацьованих газах зменшується в 13 разів, оксидів азоту – в 5 разів, вуглеводнів – на 30 %.

Перспективним способом зберігання водню на борту транспортного засобу є металогідридні акумулятори. Виділення водню із балонів, заповнених гідридом, забезпечується їх підігріванням рідиною із системи охолодження двигуна або вихлопними газами. Гідридні акумулятори можна заряджати та розряджати декілька тисяч циклів без втрати енергоємності. У разі аварії та руйнування зовнішньої оболонки ємності для зберігання частина водню швидко випаровується, викликаючи тим самим охолодження акумулятора і зупинку виділення водню. Гідридний акумулятор водню набагато безпечніший за бак із бензином.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1 Чому виникла необхідність заміни традиційних видів палива – бензину та дизельного?

2 Чому для України проблема пошуку альтернативних видів палива є досить актуальною?

3 Що називається альтернативним паливом?

4 Які основні види альтернативних палив?

5 Які основні компоненти зріджених газів?

6 Які марки палив із зріджених газів?

7 Як зберігається зріджений газ на борту транспортного засобу?

8 Які переваги та недоліки застосування зрідженого газу в якості палива для ДВЗ?

9 Яка необхідність наявності бензинової системи живлення двигуна паралельно газовій?

10 Які переваги та недоліки застосування стисненого природного газу як палива для ДВЗ?

11 Які основні компоненти стисненого природного газу?

12 Які особливості зберігання стисненого природного газу на транспортному засобі?

13 Чому природний газ зберігається в стисненому, а не в зрідженому стані?

14 Які основні напрямки переведення ДВЗ транспортних засобів на стиснений природний газ?

15 Що таке газовий конденсат і де він застосовується?

16 Які марки газоконденсатного палива випускаються промисловістю?

17 Які особливості застосування газового конденсату як палива для ДВЗ?

18 Які переваги та недоліки спиртів як палива для ДВЗ?

19 З якої сировини отримують промисловим способом метанол і етанол?

20 Яке октанове число мають метанол та етанол?

21 Як впливає додавання спиртів у дизельне паливо на його властивості?

22 Що являє собою метилтретбутиловий ефір?

23 Які позитивні результати додавання МТБЕ до бензинів?

24 Які позитивні якості диметилового ефіру як альтернативного дизельного палива?

25 У чому полягають недоліки диметилового ефіру, які обмежують його використання?

26 Що служить речовиною для одержання біодизельного палива?

27 Які позитивні результати застосування біодизельного палива?

28 Які перспективи біодизельного палива в Україні?

29 Що таке паливо P-series?

30 Який сучасний промисловий спосіб одержання водню?

31 Як зберігають водень на транспортних засобах?

32 Які переваги зберігання водню в складі металогідридів?

33 Чому при роботі на водні потужність двигуна знижується порівняно із його роботою на бензині?

34 Які переваги роботи ДВЗ на бензо-водневих сумішах?

35 На яких режимах роботи двигуна доцільно застосовувати водень?

36 Як впливає застосування водню на зменшення шкідливості відпрацьованих газів?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Аржанухин Г.В. Эксплуатационные материалы: Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: Учеб. пособие. - М.: МГИУ, 2006. – 83 с.

2 Васильев В. Диметиловый эфир. Надежды

конструкторов, водителей и экологов // Основные средства. – 2007. - №1-4.

3 Данилов А.М. Применение присадок в топливах. – М.: Мир, 2005. – 288 с.

4 Емельянов В.Е., Крылов И.Ф. Автомобильный бензин и другие виды топлива: свойства, ассортимент, применение. – М.: Астрель: АСТ: Профиздат, 2005. – 207 с.

5 Полянський С.К., Коваленко В.М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин: Підручник. – К.: Либідь, 2005. – 504 с.

6 Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные масла. Краткий справочник. – М.: ООО"Книжное издательство "За рулем", 2005. – 176 с.

7 Стрелко В. Биодизель – актуальная идея столетней давности // http://www.biodiesel.com.ua/category//

8 Стуканов В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. Лабораторный практикум. – М.:ИД "Форум": ИНФРА-М, 2006. – 208 с.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

"Основи надійності та експлуатаційні матеріали для БКВРМ"

Відповідальний за випуск Кравець А.М.

Редактор _____.

Підписано до друку _____.
Формат паперу 60×84 1/16. Папір писальний.
Умовн.-друк. арк. ____. Обл.-вид. арк. ___.
Замовлення № ___. Тираж 100. Ціна
Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків-50, пл. Фейєрбаха, 7