

В.Ю. Баранов, к.т.н., доц.  
А.В. Провоторов, студ.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

### ЗАСТОСУВАННЯ СПИРТОВИХ ПАЛИВ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

*Наведено різні способи застосування спиртів як автомобільних палив. Показано перспективність розробки і шляхи вдосконалення вказаних способів для впровадження на автомобільному транспорті.*

**Вступ.** У зв'язку з швидким розвитком автомобільного транспорту споживання традиційних нафтових палив зростає. У більшості прогнозів, присвячених розвитку енергетики і транспортних засобів, наголошується, що поршневі двигуни внутрішнього згорання і в майбутньому збережуть провідну роль на транспорті. Переведення автомобільного транспорту на новий вид палива розглядається як один з найбільш перспективних напрямів економії нафти.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В даний час Україна не задовольняє потреби в нафтопродуктах за рахунок власного вироблення. Таким чином, великий імпорт нафти, переважно з одного джерела, з недостатніми об'ємами її внутрішньої здобичі і стійким зростанням об'ємів споживання нафтопродуктів в Україні зумовлює пошук нових енергоносіїв і проведення досліджень по розробці способів їх використання на транспорті [1, 2, 3].

Одним з найбільш перспективних альтернативних палив для автомобільного транспорту України є спиртові палива. Кабінетом Міністрів України було прийнято ряд нормативно-правових документів з метою регулювання відносин у сфері використання біопалив [4, 5, 6].

Крім часткової заміни палив нафтового походження, перевагою спиртів є висока детонаційна стійкість (октанове число за дослідницьким методом порядку 108). До інших переваг спиртової добавки слід віднести підвищення на  $-5\%$  ККД двигуна. Крім того, етанол є екологічно чистим паливом та, як кисневмісне з'єднання, забезпечує більш повне згорання суміші в циліндрі.

Спирти можна розглядати як добавку з метою часткової заміни бензину. Крім економії палив нафтового походження, вони дозволяють поліпшити детонаційну стійкість бензинів, не прибігаючи до дорогих (ЦТМ) чи токсичних (етилова рідина) антидетонаторів. Крім того, жорсткість норм на токсичні викиди припускає більш повне згорання палив, що можна забезпечити застосуванням спиртів. Вони широко застосовуються як паливний компонент у таких країнах, як США, Франція і Бразилія. При одержанні спиртів використовуються відходи сільськогосподарського виробництва.

В Україні є всі умови для виробництва великих об'ємів етанолу. Як сировина можуть бути використані сільськогосподарські відходи виробництва, об'єми яких здатні повністю забезпечити транспорт спиртовим паливом. Масовість такої технології виробництва і подальше збільшення цін на бензин сприятимуть зростанню рентабельності виробництва альтернативного палива.

Вже запущені перші заводи по виробництву бензоетанольної суміші в Луганській, Полтавській, Донецькій областях [7]. На ВАТ "Галичина" розроблена необхідна технічна документація, за якою випускаються сумішеві бензини А-80<sub>ЕК</sub>, АІ-92<sub>ЕК</sub> та АІ-95<sub>ЕК</sub>.

Це тільки перші кроки в напрямку реалізації президентського указу відповідно до затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 4 червня 2000 р. № 1044 програми «Етанол». Заходи щодо організації нових виробництв етилового спирту здійснюються концерном «Укрспирт». При дооснащенні існуючих спиртових заводів, реконструкції ряду цукрових заводів і створенні спеціалізованих виробництв малої потужності планується довести річне виробництво паливного етанолу в 2010 р. до 2,0 млн. т, що еквівалентно 1,82 млн. т у.п.

Відомо, що велика частина втрат при зберіганні, транспортуванні і експлуатації сумішевих бензинів доводиться на їх випаровування. Воно залежить від фракційного складу палива, який нормується стандартом на автомобільні бензини. На кафедрі ДВЗ СНУ ім. В. Даля були проведені експериментальні дослідження по фракційному розгону бензоетанольних сумішей (БЕС) [8].

**Викладення основного матеріалу.** Чистий спирт в даний час дорожче за бензин. Тому була зроблена спроба вивчити випаровування БЕС на основі неочищеного спирту-сирцю, отриманого шляхом перегонки відходів винного виробництва. Отримані криві фракційного розгону сумішей бензину АІ-93 з різним вмістом етанолу-сирцю наведені на рис. 1.

Результати фракційного розгону БЕС показали, що передбачувані експлуатаційні властивості автомобільних двигунів з використанням етилового спирту-сирцю не гірше відповідних енергетичних, економічних і екологічних показників при роботі двигунів на товарних бензинах. Проведені дослідження показали, що 10–20 % добавка етилового спирту до бензину практично не погіршує хімотологічних

властивостей БЕС як палива, зберігаючи всі переваги, характерні для кисневмісних компонентів. Крім того, така величина добавки етилового спирту не вимагає конструктивних змін двигуна.

Негативним чинником досі є висока ціна чистого етанолу. Тому доцільніше застосовувати етанол-сирець, який значно дешевше очищеного етанолу і до того ж містить вищі спирти, що застосовуються як стабілізатори бензоспиртових сумішей.

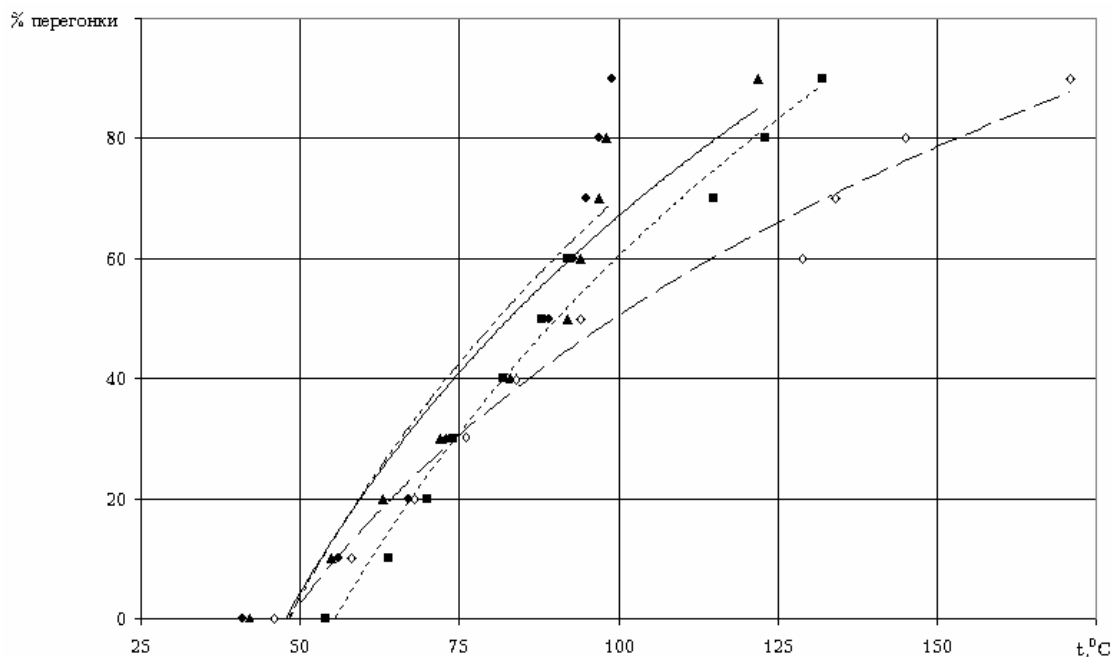
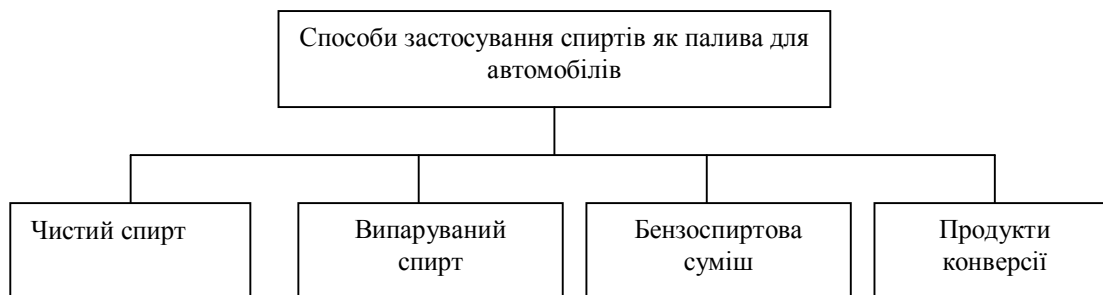


Рис. 1. Криві фракційного розгону БЕС:  
 а) — бензин; б) - - - БЕС 10 % етанолу; в) — БЕС 20 % етанолу;  
 г) - - - БЕС 30 % етанолу

Разом з етанолом не можна забувати про метиловий спирт, який відноситься до найбільш перспективних альтернативних палив [2]. Причому метанол має унікальну можливість використання як автомобільне паливо декількома способами.



Застосування рідкого метанолу як палива для двигуна з іскровим запаленням пов'язане з рядом проблем: важкість холодного запуску, підвищений знос унаслідок поганої випаровуваності метанолу тощо.

Альтернативою звичайного сумішеутворення (карбюрвання) є метод попереднього випаровування рідкого метанолу. При цьому з повітрям змішуються випаруваний метанол, і робочий процес наближається до процесу газового двигуна з іскровим запаленням, що призводить до зниження шуму, збільшенню ресурсу ДВЗ та зниженню токсичності відпрацьованих газів [3].

Робота двигуна на випаруваному метанолі відрізняється від роботи двигуна із звичайним способом сумішеутворення кращою паливною економічністю (за рахунок можливого підвищення ступеня стиску), якісного регулювання на основних режимах без дроселювання робочої суміші, роботи на збіднених сумішах на режимах малих навантажень і холостого ходу (при цьому використовується кількісне регулювання за допомогою дросельної заслінки).

Попереднє випаровування рідкого палива здійснюється за рахунок утилізації теплоти охолоджувальної рідини (температура кипіння метанолу рівна  $67^{\circ}\text{C}$ ) або (та) відпрацьованих газів (ВГ) в спеціальному випарнику (рис. 2). Оскільки процес випаровування відбувається поза циліндрами ДВЗ, це дозволить заощадити до 6 % теплоти згорання рідкої фази палива, що йде на випаровування, в циліндрі при звичайному сумішеутворенні. Крім того, поліпшується процес згорання і підвищується ККД двигуна за рахунок гомогенізації пари палива з повітрям. Використання для випарника метанолу охолоджуючої рідини (ОР) дозволяє зменшити розміри радіатора, а також витрату енергії на привід вентилятора, оскільки метанол має велику приховану теплоту пароутворення.

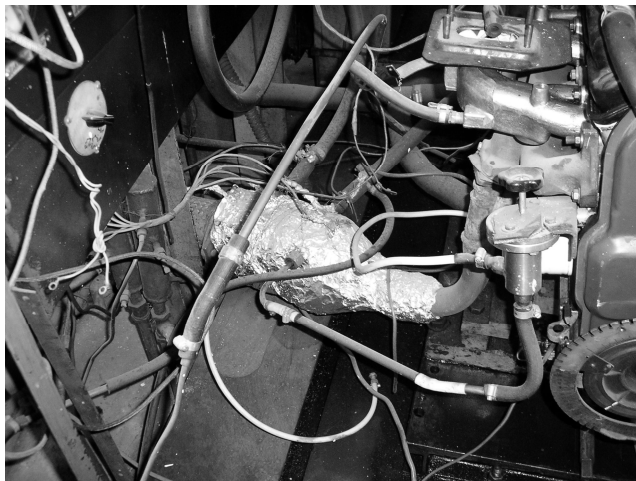


Рис. 2. Випаровувач метанолу на стенді з двигуном MeM3-245

Існуючі конструкції випарників різні за своїми характеристиками і принципами дії (утилізація тепла ВГ, охолоджувальної рідини двигуна, електропідігрів тощо). На підставі їх аналізу була розроблена конструкція випарника метанолу, що дозволяє утилізувати теплоту як ВГ, так і ОР. Інтенсифікація процесу теплообміну при випаровуванні метанолу забезпечується застосуванням пористої структури.

На кафедрі ДВЗ СХУ був виготовлений та запатентований [9] дослідний зразок випарника метанолу для двигуна MeM3-245 легкового автомобіля ЗАЗ-1102. Розроблений випарник може бути використаний в системі живлення випаруваним метанолом двигунів робочим об'ємом  $1100 \dots 1200 \text{ см}^3$ .

Застосування метанолу як основного палива і добавки до бензину підтвердило ефективність його впливу на робочий процес двигунів. Проте при цьому були виявлені такі недоліки метанолу, як: важкість запуску холодного двигуна, утворення парових пробок в системі живлення при підвищених температурах, складність отримання однорідної суміші по циліндрах, підвищений знос двигуна і зменшення терміну служби масла. Подолати вищезазвані недоліки дозволяє спосіб отримання водневмісного газу шляхом конверсії метанолу на борту автомобіля (рис. 3) з утилізацією теплоти відпрацьованих газів [2,10].

Для підвищення ступеня конверсії метанолу існує два шляхи: або підвищувати температуру ВГ додатковим спалюванням частини палива, або зменшити втрати тепла в міжтрубній порожнині реактора шляхом інтенсифікації теплообміну (створення киплячого шару, пористого акумулятора, застосування теплових труб тощо).

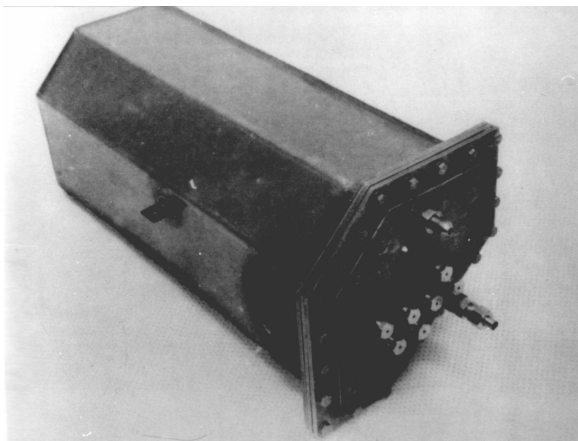


Рис. 3. Загальний вигляд реактора конверсії метанолу

Розроблена система живлення двигуна продуктами конверсії метанолу (ПКМ) забезпечує тільки часткову конверсію метанолу і може служити бортовим джерелом водневмісної присадки до традиційного палива.

Така присадка є ефективним засобом поліпшення динаміки згорання в карбюраторному двигуні, що пояснюється гомогенізацією воднебензоповітряної суміші, причому водень відіграє роль запальника (промотора). Вона забезпечує ефективну роботу двигуна при глибокому збідненні паливобензоповітряної суміші і різке зниження викидів токсичних речовин. Найбільший вплив на робочий процес надає порівняно невелика присадка ПКМ: 25...30 % мас. у сумарному паливі. Економія сумішевого палива (по масі) на малих навантаженнях двигуна при цьому складає 17...35 % порівняно з бензином [10].

Порівняльний аналіз робочого процесу двигуна ЗМЗ-24Д при роботі його на синтез-газі, що моделює продукти конверсії метанолу, і бензину проводиться шляхом індицирування.

Результати обробки індикаторних діаграм показують, що наявність у складі синтез-газу водню є ефективним засобом поліпшення динаміки згорання в двигуні. Це пояснюється низькою межею займання водню і високою швидкістю розповсюдження полум'я в циліндрі. Для більшості вуглеводневих моторних палив концентраційні межі розповсюдження ламінарного полум'я за нормальних умов складаються: верхній –  $\alpha_{\min} = 0,25 \dots 0,37$ , нижній –  $\alpha_{\max} = 1,65 \dots 1,8$ . Значно ширше межі розповсюдження полум'я для водню  $\alpha = 0,14 \dots 10$  і оксиду вуглецю  $\alpha = 0,146 \dots 2,9$  [11].

Робочий процес двигуна на синтез-газі відрізняється надмірно високими швидкістю наростання і піковим рівнем тиску. Це веде до необхідності зменшення кута випередження запалення і приводить до зсуву процесу згорання на лінію розширення. Проте економічність процесу залишається високою  $\eta_e = 0,164$  в порівнянні з бензином  $\eta_e = 0,097$  (на режимі  $n = 1800$  хв.<sup>-1</sup>,  $M_{кр} = 20,6$  Нм).

Рішення досліджувати малі навантаження пояснюється тим, що режими малих і середніх навантажень визначають середньоексплуатаційну паливну економічність автомобіля в умовах міського руху.

У табл. 1 наведені результати обробки індикаторних діаграм, знятих при роботі двигуна з різними рівнями присадки синтез-газу до бензоповітряної суміші. Так, заміна 25 % масових бензину синтез-газом приводить до зменшення максимальної швидкості тепловиділення на 17 %, а тривалість згорання скорочується на 10 %. Ефективний ККД двигуна зростає з 0,097 до 0,138.

Як показують характеристики тепловиділення, отримані для режиму часткових навантажень при роботі на бензині і сумішах його з синтез-газом, виділення останніх приблизно 40 % активного тепла у всіх випадках відбувається із значно зниженою швидкістю, а використання цього тепла під час переходу теплової енергії в механічну погіршується. Крім того, при роботі двигуна на часткових навантаженнях, близьких в х.х. зростає час контакту робочого тіла із стінками циліндра, що збільшує відносний тепловідвід в систему охолодження.

Таблиця 1

## Показники робочого процесу

| Вміст синтез-газу<br>в паливі,<br>% мас. | Регулювальні<br>параметри |                            | Параметри згорання         |  | Ефективний<br>ККД |
|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--|-------------------|
|  | $\alpha_{opt}$            | $\theta_{II},$<br>° п.к.в. | $\theta_{II},$<br>° п.к.в. | $\frac{dX_i}{d\varphi},$<br>град <sup>-1</sup> | $\eta_e$          |
| 0  | 0,87                      | 26                         | 25                         | 0,027  | 0,097             |
| 25                                       | 1,26                      | 28                         | 37                         | 0,023  | 0,138             |
| 59                                       | 1,50                      | 26                         | 28                         | 0,031  | 0,158             |
| 100                                      | 1,75                      | 10                         | 18                         | 0,070  | 0,164             |

Як показують характеристики тепловиділення, отримані для режиму часткових навантажень при роботі на бензині і сумішах його з синтез-газом, виділення останніх приблизно 40 % активного тепла у всіх випадках відбувається із значно зниженою швидкістю, а використання цього тепла під час переходу теплової енергії в механічну погіршується. Крім того, при роботі двигуна на часткових навантаженнях, близьких в х.х. зростає час контакту робочого тіла із стінками циліндра, що збільшує відносний тепловідвід в систему охолодження.

**Висновок.** Спирти є перспективними заміниками палив нафтового походження на автомобільному транспорті й вимагають всебічного вивчення способів застосування.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. *Льотко В.* Застосування альтернативних палив у дизельних двигунах: Посіб. для студ. вищ. навч. закл. зі спец. «Екологія та нетрадиц. джерела енергії». — Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. — 238 с.
2. *Звонов В.А., Черных В.И., Балакин В.К.* Метанол как топливо для транспортных двигателей. — Х.: Основа, 1990. — 150 с.
3. *Сабиров Ж.М.* Газификация и конверсия автомобильных топлив. — Ташкент: Фан, 1984. — 96 с.
4. Указ Президента України від 26.09.03 р. № 1094/2003 р. «Про заходи щодо розвитку виробництва палива з біологічної сировини».
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 01.04.03 р. № 451 «Про затвердження Програми розвитку спиртової, лікєро-горілчаної та виноробної галузей на 2003–2007 роки.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 04.07.2000 р. № 1044 «Про затвердження програми «Етанол»».
7. Офіційний вісник України. — 2000. — № 27. — С. 75–85.
8. *Баранов В.Ю., Луников К.А., Голуб И.А.* Результаты фракционной разгонки бензоэтанольных смесей // Вестник ВНУ. — 2005. — Вып. 3. — С. 20–26.
9. *Баранов В.Ю., Луников К.А.* Патент № 65188А України. — Випарник палива., F02 M31/18, опубл. 15.03.04, Бюл. № 3.
10. *Звонов В.А., Балакин В.К., Черных В.И., Баранов В.Ю.* Исследование рабочего процесса автомобильного двигателя при использовании в качестве топлива продуктов газификации метанола /Деп. в ЦНИИТЭИтракторосельхозмаше. — № 1036-тс88.
11. *Воинов А.Н.* Процессы сгорания в быстроходных поршневых двигателях. — М.: Машиностроение, 1965. — 198 с.

БАРАНОВ Віталій Юрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Наукові інтереси:

– альтернативні моторні палива.

Тел.: 8(0642)419540.

E-mail: [vitbar192@yandex.ru](mailto:vitbar192@yandex.ru)

ПРОВОТОРОВ А.В. – студент Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Наукові інтереси:

– альтернативні моторні палива.

Подано 07.06.2008

**Баранов В.Ю., Провоторов А.В.** Применение спиртовых топлив на автомобильном транспорте  
**Баранов В.Ю., Провоторов А.В.** Застосування спиртових палив на автомобільному транспорті  
**Baranov V.Yu., Provotorov A.V.** Application of alcohols fuels on a motor transport

УДК 621.43.068

**Применение спиртовых топлив на автомобильном транспорте / В.Ю. Баранов, А.В. Провоторов**

Приведены различные способы использования спиртов в качестве автомобильных топлив. Показана перспективность разработки и пути усовершенствования указанных способов для внедрения на автомобильном транспорте.

УДК 621.43.068

**Application of alcohols fuels on a motor transport / V.Yu. Baranov, A.V. Provotorov**

The different methods of application of alcohols are resulted as motor-car fuels. Perspective of development and ways of perfection of the indicated methods is shown for introduction on a motor transport.