

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Пально – мастильні матеріали»  
вибіркових компонент  
освітньо - професійної програми першого (бакалаврського) рівня

**Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

**за темою – Альтернативні види палив**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 р. № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Протокол від 28.08.2023 р. № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 р. № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної  
техніки, протокол від 28. 08. 2023 р. № 1

***Розробник:***

*1. Викладач циклової комісії комісії технічного обслуговування авіаційної  
техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач – методист Реута А. В.*

***Рецензент:***

- 1. Викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ,  
спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.;*
- 2. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного  
університету, доктор технічних наук, професор Тамаргазін О.А.*

### План лекції

1. Газоподібні палива.
2. Палива на основі ефірів та спиртів.
3. Перспектива розвитку альтернативних видів палив. Проблеми використання та впровадження нових видів палив.

### Рекомендована література:

#### Основна література:

1. Паливно-мастильні матеріали та інші експлуатаційні матеріали. Навчально- методичний комплекс. І.М. Бендера, В.І. Дуганець, М.І.Кизима, та ін.. /за ред.. І.М. Бендера, В.І. Дуганця. – Кам'янець – Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2016.- 420 с. Режим доступу: [http://www.tsatu.edu.ua/tkm/wp-content/uploads/sites/11/144\\_posybnik.pdf](http://www.tsatu.edu.ua/tkm/wp-content/uploads/sites/11/144_posybnik.pdf)
2. Бойченко С. В., Іванов С. В., Бурлака В. Г. Моторні палива і масла для сучасної техніки: монографія. Київ: НАУ, 2015. 216 с. Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/38010>
3. Бойченко С. В., Спіркін В. Г. Вступ до хімотології палив та олив: навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.1. 236 с. Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39106>
4. Моторні палива: властивості та якість [текст] підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимир Лейда; за заг. ред. проф. С. Бойченка. – К. : «Центр учбової літератури», 2017. – 324 с. Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39105>

#### Допоміжна література:

4. Карпинець А. П. Лекції з курсу «Використання експлуатаційних матеріалів та економія Пально-енергетичних ресурсів» : навч. посібник. Горлівка, 2014. 107 с. Режим доступу: <https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/27470/2/%D0%92%D0%95%D0%9C%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82.pdf>
2. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.1. 353 с. Режим доступу: [https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy_Pal_mast_Mater_kn1.pdf)
3. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.2. 500 с. Режим доступу: [https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn2.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy_Pal_mast_Mater_kn2.pdf)

4. Сизова З.О. Конспект лекцій з дисципліни «Хімотологія» : навч. посібн. Харків, 2013. 83 с. Режим доступу: <https://docplayer.net/amp/111468418-Konspekt-lekciy-z-disciplini-himotologiya.html>
5. ГСТУ 320.00149943.007-97. Паливо для реактивних двигунів «РТ». [Чинний від 1997-06-15]. Держнафтогазпром України, 1997. 19 с. (Галузевий стандарт України).
6. ГСТУ 320.00149943.011-99. Паливо ТС-1 для реактивних двигунів. [Чинний від 1999-07-01]. Держнафтогазпром України, 1999. 27 с. (Галузевий стандарт України).
7. ДСТУ 4796:2007. Паливо авіаційне для газотурбінних двигунів ДЖЕТ А-1. [Чинний від 2007-10 -01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 8 с. (Національний стандарт України). Режим доступу: [https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY\\_ALL/DSTU2/dstu\\_4796-2007.pdf](https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU2/dstu_4796-2007.pdf)
8. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01 -01]. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 15 с. (Національний стандарт України). Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=94717](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=94717)
9. ДСТУ 7688:2015. Паливо дизельне євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01 -01]. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 15 с. (Національний стандарт України). Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=62099](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62099)
10. Інструкція про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафти і нафтопродуктів на підприємствах і в організаціях України. 2008 р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0805-08#Text>
11. Наказ від 08.12.2016 № 662 Про затвердження Інструкції з контролю якості пально-мастильних матеріалів та спеціальних рідин у державній авіації України/ Верховна Рада України. Чинний від 17.02.2017. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0060-17#Text>

## Текст лекції

### 1. Газоподібні палива.

Газоподібне паливо – це суміш різних газів (горючих і негорючих). Основними горючими компонентами є водень, оксид вуглецю, метан та газоподібні вуглеводні: етан, пропан, бутан, іноді сірководень. Негорючі компоненти – вуглекислий газ, азот, кисень.

Порівняно з іншими видами газоподібне паливо має такі переваги:

- дешеве і після вугілля найпоширеніше, з великими запасами; згоряє в майже теоретичній кількості повітря, що забезпечує високі коефіцієнти корисної дії і температуру згоряння;
- при згорянні не утворює небажаних продуктів (сірчистих сполук, кіптяви і диму);
- легко запалюється при будь-якій температурі навколишнього повітря;
- може бути використане в стиснутому і зрідженому стані;
- для зберігання газу не потрібні спеціальні складські приміщення, оскільки його подають по газових магістралях.

Газоподібне паливо має й негативні властивості:

- утворює вибухові суміші з повітрям (природний газ, метан, водень);
- легко витікає через нещільності;
- гази, до складу яких входить оксид вуглецю (генераторний, змішаний, світильний, водяний, коксовий) дуже отруйні.

Як і інші види палива, газоподібне поділяють на:

- природне – використовується в тому вигляді, в якому воно знаходиться в надрах землі (природний газ газових родовищ і супутний);
- штучне – гази, які одержують як побічний продукт при переробці нафти і твердого палива або спеціально за допомогою газогенераторів (доменний, коксовий, генераторний).

Залежно від фізичних властивостей гази можуть бути:

- зріджені – гази з відносно високою критичною температурою, при підвищенні тиску до 1,0... 1,5 МПа переходять у рідкий стан, в основному це пропан-бутанові вуглеводні;
- стиснуті – гази з низькою критичною температурою, які залишаються в газоподібному стані при нормальній температурі навіть при дуже високому тиску (до 20 МПа), до них належать метан, оксид вуглецю, водень, етилен.

Газоподібне паливо за теплотою згоряння поділяють на три групи:

- висококалорійне, з теплотою згоряння понад 20000 кДж/м<sup>3</sup> (природні гази газових родовищ і супутні, нафтовий газ);
- середньокалорійне, з теплотою згоряння 10000... 20000 кДж/м<sup>3</sup> (коковий, світильний та ін.);

- низькокалорійне, з теплотою згоряння до 10000 кДж/м<sup>3</sup> (доменний, генераторний та ін.).

З усіх видів газоподібного палива найпоширеніші природні гази, які поділяють на дві групи:

- гази газових родовищ;
- супутні, які добуваються разом з нафтою.

*Природні гази чисто газових родовищ* за складом і тепловою цінністю відрізняються між собою незначно. Головною їх складовою є метан – CH<sub>4</sub>.

Для природного газу, який надходить по трубопроводу, нормується тільки вміст шкідливих домішок: сірководню, аміаку, смол, пилу, вологи тощо. За сортами і марками їх не поділяють. Природний газ має низьку критичну температуру (мінус 161°C при атмосферному тиску і мінус 82°C при тиску 4,6 МПа). Тому навіть при високому тиску він знаходиться в газоподібному стані і його називають стиснутим. До таких газів відносять і деякі штучні.

*Супутний нафтопромисловий газ*, крім метану, містить більш важкі газоподібні вуглеводні, кількість яких залежить від складу нафти того чи іншого родовища. В багатьох випадках газовий фактор (кількість газу в кубічних метрах на одну тону нафти) дуже високий (50... 100 м<sup>3</sup>). Вуглеводні з числом атомів вуглецю 1...4, які входять у склад нафти, при нормальних умовах, перебувають у газоподібному стані, їх уловлюють при добуванні нафти. Теплота згоряння супутного нафтопромислового газу вища, ніж газів газових родовищ, але його використовують головним чином як сировину для хімічної і нафтохімічної промисловості.

*Зріджений газ* широко використовують для газозабезпечення сільської місцевості і районів, що не підключені до газової мережі, а також як паливо в котельно-побутових і невеликих теплоустановках (у теплицях, на тваринницьких фермах тощо). Зріджений газ – це легкоконденсуючі при стиску газоподібні вуглеводні.

Основним компонентом зрідженого газу є пропан – важкий газ (густина за повітрям 1,52). Він створює оптимальну величину тиску насиченої пари, що особливо важливо для зниження маси газових балонів транспортних установок.

Етан – газ, що за густиною близький до повітря. Одержують його з супутних нафтових газів, входить до складу зріджених газів у незначній кількості, але підвищує загальний тиск насиченої пари і тим самим забезпечує в зимовий період надлишковий тиск, який необхідний для нормальної роботи газобалонних установок.

Бутан має два ізомери, густина за повітрям 2,06..2,09. Одержують з тих же нафтопромислових газів, що і пропан. Є найбільш висококалорійним компонентом зріджених газів. При температурі мінус 0,5°C і нормальному

атмосферному тиску він переходить у рідкий стан, що не дозволяє використовувати його в зимовий період для комунально-побутових потреб.

Пентан – важкий газ, густина за повітрям 2,67. У більшості випадків знаходиться в рідкому залишку і при 20 °С не повинен перевищувати 1...2 % об'єму зрідженого газу, тому що він різко знижує пружність парів і підвищує точку роси.

Зріджені гази відповідно до ГОСТ 20448-80 випускають таких марок:

- СПБТЗ – суміш пропану і бутану технічних зимова;
- СПБТЛ – суміш пропану і бутану технічних літня;
- БТ – бутан технічний.

Зріджений газ надходить до споживачів у цистернах або в тонкостінних балонах під тиском 1,6 МПа.

*Штучне газоподібне паливо* можна одержати шляхом газифікації твердого палива або його сухою перегонкою (суть процесів розглядається у відповідних розділах і главах). За допомогою газифікації твердих палив одержують: генераторний газ, змішаний, водяний та ін.; при сухій перегонці: напівкоксівий, коксовий, світильний та ін.

*Генераторний газ* отримують шляхом газифікації твердих палив у газогенераторах.

*Змішаний генераторний газ* одержують при подачі до газогенератора змішаного пароповітряного дуття. Водяна пара розкладається і збагачує горючу частину газу воднем. Порівняно з генераторним газом, змішаний містить більше водню, метану і менше азоту. У зв'язку з цим теплота згоряння його буде вищою, ніж генераторного.

*Водяний газ* одержують, пропускаючи водяну пару через розжарений шар палива. Склад водяного газу залежить від палива, яке газифікується. Теплота згоряння 10420 кДж/м<sup>3</sup>. Кращим паливом для одержання водяного газу є кокс і антрацит. При згорянні водяного газу утворюється висока температура (до 2800 °С), завдяки чому його застосовують для зварювання і різання металів, синтезування штучного рідкого палива, а також добування водню для гідрогенізаційних процесів.

*Коксовий газ* Головною складовою частиною коксового газу є водень (біля 50%), вміст якого збільшується з підвищенням температури коксування, і метан (біля 25 %). Теплота згоряння коксового газу 15500... 21600 кДж/м<sup>3</sup>.

*Напівкоксівий газ* відрізняється від коксового більшим вмістом вуглеводнів і меншим вмістом водню. Основною горючою частиною напівкоксівий газу є метан (40...50 %). Теплота згоряння цього газу залежить від вихідного палива і середнє значення приблизно дорівнює 24000 кДж/м<sup>3</sup>.

*Світильний газ* одержують під час сухої перегонки твердих видів палива при більш високих температурах (1000... 1200 °С), ніж при коксуванні вугілля,

за тепловою цінністю приблизно дорівнює коксовому газу, теплота його згоряння  $18400\ldots23100$  кДж/м<sup>3</sup>.

*Доменний (колосниковий газ)* виділяється під час плавки руди в доменних печах. За складом він наближається до генераторного газу і відноситься до низькокалорійних з теплою згоряння  $3800\ldots5300$  кДж/м<sup>3</sup>.

*Нафтовий газ* одержують шляхом перегонки важких залишків нафтопереробних або смолопереробних заводів. Із газів сухої перегонки нафтовий газ має найбільшу теплоту згоряння  $35700$  кДж/м<sup>3</sup>, використовують його в основному для спалювання у газових двигунах, газового зварювання тощо.

## **2. Палива на основі ефірів та спиртів.**

Необхідними умовами подальшого розвитку автомобільного транспорту і БДМ мають бути економія палива й зменшення обсягів шкідливих викидів у атмосферу. До перспективних шляхів досягнення цього належить часткова або повна заміна традиційних нафтових палив на палива іншого походження: палива з вугілля, синтетичні палива, спирти, газові конденсати, метилтретиннобутиловий ефір, водень і водобензинові емульсії, в одних випадках вирішення проблеми перебуває на рівні дослідження (використання водню), в інших — на стадії успішних експериментів на машинах, що виробляються (використання спиртів).

До перспективних видів палив сформувалися певні вимоги: вони повинні мати такі фізико-технічні властивості, щоб не треба було докорінно змінювати конструкцію двигуна, паливної апаратури й умов зберігання палива в баках машин, а також могли б забезпечити підвищення економічної ефективності роботи двигуна та економію бензину.

Сировиною для виробництва синтетичних бензинів є нафтові залишки і вугілля. Тому процес переробки з вугілля зводиться не тільки до здобуття палива, а й до вилучення небажаних речовин.

Процес отримання палива з вугілля відбувається в дві стадії:

- спочатку вугілля або смолу розтирають з важкими олівами до утворення пасти, а потім гідрують під тиском  $25\ldots70$  МПа в присутності каталізатора — заліза;

- одержану пасту переганяють, а фракції з температурою кипіння понад  $325$  °С знову піддають гідрогенізації (гідруванню), що полягає в приєднанні водню до хімічних елементів або сполук під впливом каталізатора (металів, оксидів, сульфідів).

Залежно від умов проведення процесу продуктами переробки можуть бути бензин, дизельне паливо і мазут. Октанове число синтетичних бензинів дорівнює  $69,5$ , отже, його треба підвищувати.



Синтетичне рідке паливо для ДВЗ отримують синтезом із суміші водню й оксиду вуглецю, які виробляють з нафтових речовин, природних газів і вугілля. В результаті цього одержують бензин з октановим числом 60...80 (за дослідницьким методом), високоякісне дизельне паливо і парафін. Синтезують також високоякісні компоненти палив (наприклад, ізооктан, алкілбензол), що підвищують антидетонаційні властивості.

На відміну від нафти та вугілля синтетичний бензин містить багато кисню (до 20 %), сірки, азоту і мінеральних речовин (золи).

Характерно, що в одержаних речовинах відсутня сірка, а це значно підвищує їхню якість. Але виробництво 1 т синтетичного палива потребує від 3 до 6 т вугілля, тому це паливо поки що в 1,5...2 рази дорожче за бензин і практично не застосовується.

Метанол і етанол (метиловий спирт) можна виробляти з природного газу, вугілля, біомаси або міських відходів. У США метанол в основному виробляють з природного газу. Проте виробництво метанолу потребує великих енергетичних витрат. Економічнішим є виробництво метанолу з вугілля, хоч і цей процес вимагає значних енергетичних витрат.

Енергетичний коефіцієнт корисної дії виробництва метанолу з вугілля становить приблизно 45...50 %, тобто трохи вищий, ніж при виробництві дизельного палива і бензину, значення якого досягає 40 %. При виробництві метанолу з деревини цей коефіцієнт коливається в межах 42...50%, а з природного газу — 60...70 %.

Промисловий синтез метилового спирту (метанолу) ґрунтується на тім, що оксид вуглецю в присутності каталізаторів (оксидів цинку та хрому) відновлюється воднем до метилового спирту. Але для процесу синтезу необхідна висока температура (близько 450 °С) і тиск приблизно 20 МПа.

Метанол є чудовим паливом для двигунів внутрішнього згоряння, оскільки має високе октанове число (вище 100) і при згорянні метанолу зменшується кількість небажаних речовин.

Метанол має істотні переваги:

- можливість використання збіднених сумішей ( $\alpha = 1,05...1,1$ ), що знижує витрати палива;
- суттєве зменшення у відпрацьованих газах оксиду азоту (в 1,5...2 рази) і вуглеводнів (в 1,3...1,7 рази);
- оксиди вуглецю виділяються в такій самій кількості, як і при роботі на бензині.

Однак при переведенні двигуна на метанол необхідні деякі конструктивні зміни паливної апаратури і в деякій мірі в самій машині.

При цьому треба:

- встановити обладнання, яке полегшувало б запуск, особливо за мінусових температур повітря;
- збільшити місткість паливних баків;
- замінити деякі матеріали паливної системи на більш стійкі, бо метанол агресивний;
- встановити устаткування для підігріву суміші, оскільки робота на метанолі пов'язана зі значними переохолодженнями паливоповітряного тракту.

Враховуючи зазначені недоліки поки що рекомендують використовувати як домішку до бензину, наприклад, суміш М І 5 (15 % метанолу та 85 % бензину). В цьому разі досягають таких позитивних результатів:

- немає потреби вносити конструктивні зміни в двигун і знову регулювати паливну апаратуру;
- можна працювати на бензині з меншим октановим числом і замінити етильований бензин на неетильований;
- немає потреби в стабілізаторі, адже за значного додавання метанолу суміш зберігає свою стабільність;
- при добавці всього 3...5 % метанолу забезпечується економія бензину на 2,5 % при збереженні потужності, динамічних і економічних показників а також рівня токсичності відпрацьованих газів.

Стійкий запуск холодного двигуна для суміші М І 5 (так позначають бензин із 15 %-ю добавкою метанолу) забезпечується за температури повітря —26 °С. За нижчих температур рекомендується підігрівати повітря при застосуванні паливоповітряної суміші або додавати до палива легкі компоненти.

При роботі на метанолі розбухають манжети насосів прискорення, а отже, збільшується кількість їхніх відмов.

Серйозні проблеми пов'язані з низькою стабільністю бензометанольних сумішей і чутливості їх до води. Так, суміш стає практично непридатною для експлуатації навіть при збільшенні води в ній від 0,2 до 1 %, оскільки температура розшарування за наявності води збільшується від —20 до 10 °С.

Отже, процес розшарування активізується за умови зниження температур, збільшення концентрації води і зменшення спиртових добавок.

Вважається, що через високу леткість метанолу необхідна щільніша герметизація паливоподавальної системи і ретельне виконання правил техніки безпеки. Гранична концентрація парів метанолу становить 5 мг/м<sup>3</sup>, що значно вище, ніж у антидетонаторах тетраетилсвинцю (ТЕС) та тетраметилсвинцю (ТМС).

Аналогічні властивості має й етиловий спирт (етанол), але за деякими показниками він перевищує метанол і може застосовуватись у двигунах як у

суміші з бензином, так і самостійно. Після модернізації двигунів метанол і етанол можуть застосовуватися в суміші з дизельним паливом як домішка в кількості 15... 20 %. При додаванні спирту значно знижується в'язкість палива, зменшується густина, оскільки питома вага спирту менша. Це сприяє кращому сумішоутворенню, горінню і, як наслідок, збільшенню потужності та поліпшенню пуску двигуна при низьких температурах.

Ці суміші не зумовлюють корозію і не забруднюють паливну систему дизеля. Однак поки що застосування домішок у вигляді синтетичних спиртів обмежене через високу вартість самих спиртів і присадок, які стабілізують паливоспиртові суміші. Але метанол є сировиною і для звичайних синтетичних бензинів.

*Метилтретиннобутиловий ефір.* Цей продукт одержують при взаємодії метанолу з ізобутиленом в присутності каталізатора.

Позитивні якості МТБЕ при доданні до бензину:

- ОЧД=117, тому значно підвищує ДС бензину при доданні 10% на 2,1...5,9;
- висока теплотворна здатність (37700 кДж/кг;
- полегшується фракційний склад, при цьому знижується t50%;
- трохи поліпшується потужність та економічні показники двигуна в усьому діапазоні навантаження і частоти обертання колінчастого вала;
- знижується токсичність відпрацьованих газів приблизно на 10% завдяки зменшенню оксиду вуглецю;
- зменшується витрата бензину на 3%4.

### **3. Перспектива розвитку альтернативних видів палив.**

*Газові конденсати* - це рідкі вуглеводні, які знаходяться в підземних пластах під тиском 4,9...9,8 МПа та температурі до 1500 С і конденсуються за нормальних умов із природних газів. Усі газові конденсати складаються в основному із нафтових і парафінових вуглеводнів, получають з нафти прямою перегонкою газового конденсату, а також як суміш фракцій газового конденсату з товарним дизельним паливом. Воно рекомендується при експлуатації дизелів у північних умовах при температурі повітря мінус 45° С і вище. Це паливо токсичне і вибухонебезпечне, шкідливо діє на центральну нервову систему, подразнює слизові оболонки очей та верхніх дихальних шляхів (гранична концентрація парів вуглеводнів у перерахунку на вуглець є 300 мг/м<sup>3</sup>).

Вибухонебезпечні суміші виникають при вмісті парів газоконденсатного палива у повітрі за об'ємом у повітрі від 1,4 до 8%. Температура запалювання становить - 50 С, самозапалювання – 250...3700 С. Цетанове число і густина газоконденсатного палива менше, ніж у

звичайного ДП, що зумовлює велику затримку запалювання і зменшує його подачу. При відповідному регулюванні паливної апаратури дизеля його потужність, а також ефективність та економічність показників роботи практично не змінюється.

*Водень.* Перший двигун працював на водні у 1854р.

Позитив:

1. Необмежена сировинна база:

-в атмосферному повітрі міститься  $3,5 \cdot 10^{-6} \%$ ;

-у літосфері і гідросфері – 1%;

-у воді 11,19%;

2. Можливість виробництва його із природного газу, коксового газу, газів нафтопереробки, електролізом води;

3. Висока теплота згоряння (120мДж/кг);

4. Відсутність шкідливих речовин у продуктах згоряння;

5. Легкість транспортування.

Негатив:

1.  $-t_{кр.} = -239^{\circ} \text{C}$ ;

2. ОЧД=70;

3. Важко зберігати у рідкому стані;

4. Явище „наводораживание” металу;

5. Дострокове запалювання робочої суміші в циліндрах, жорстке її згоряння, виникнення детонації, спалахів у впускному трубопроводі.

Використання водню можливо:

1. Як основне палива;

2. Як домішок;

3. В залежності від стану:

- зрідженому;

- стисненому;

- твердому (гідриди).

Незважаючи на зазначені недоліки водень є перспективним паливом загалом і для ДВЗ зокрема. Нині він цікавий, як домішка до рідкого палива для його збагачення висококалорійним компонентом. При цьому двигун не потребує ніяких змін.

Встановлено, що домішки водню залежать від режиму роботи двигуна. В режимі холостого ходу, малих і середніх навантажень для забезпечення оптимальних потужнісних та динамічних показників його потрібно близько 20...25%, а в режимі середнього і повного навантаження (на трасі) значно менше. Тому бензиноводневі суміші найдоцільніше застосовувати на автомобілях інтенсивного міського руху (економія бензину – 50...55% бензину).

Для комбінованого постачання бензиноводневої суміші, коли витрата водню невелика (близько 29% основного палива), водень можна використовувати в стисненому стані.

При використанні водню в чистому стані зберігати і застосовувати його доцільно в рідкому стані, але при цьому потрібна надійна теплоізоляція паливного бака, оскільки температура рідкого водню становить  $-253^{\circ}\text{C}$ . Тому при транспортуванні та зберіганні водню слід використовувати криогенні резервуари з подвійними стінками і ізоляцією між ними.

Отже широке використання водню як палива в близькому майбутньому важкодоступне не тільки через перелічені недоліки, а й через високу вартість його виробництва. Тільки за умови забезпечення енергетичної та економічної технології, коли витрати енергії на здобуття водню будуть компенсовані його енергетичним потенціалом і загальним економічним ефектом, це паливо займе чільне місце в загальному енергетичному балансі.

#### *Вода як домішка до палива.*

З метою економії бензину та більш раціонального використання низькооктанових бензинів останнім часом активно ведуться роботи щодо використання води як домішки до палива.

Механізм дії води на робочий процес у ДВЗ вивчений неповністю, але вважається, що при доданні води збільшується ОЧ палива, завдяки чому зростає потужність і поліпшується економічність роботи машини. На думку фахівців, ця дія зумовлюється в основному трьома чинниками:

- охолодженням заряду робочої суміші;
- охолодженням деталей камери згоряння;
- дією водяної пари як інертного середовища, що регулює процес згоряння суміші.

Вода може подаватися безпосередньо впорскуванням у циліндри або впускну систему двигуна, а також у вигляді водобензинової емульсії (ВБЕ). Використання ВБЕ пов'язано з рішенням низки практичних завдань:

- створення ВБЕ, що забезпечують потрібну стабільність;
- розробкою ефективних ПАР, які знижують поверхневий натяг води;
- створенням раціональної системи здобуття і використання ВБЕ в господарствах.

Практика показала, що через підвищену в'язкість ВБЕ в її склад можна вводити не більш, як 10% води.

Незважаючи на перелічені недоліки, практика показує, що при роботі двигуна на ВБЕ з умістом 10-30% води питома вага палива знижується на 12...22% при повних навантаженнях і на 7...10% при середніх.

Найефективнішим способом подачі води є її безпосередньо впорскування у всмоктувальний колектор двигуна. Цей спосіб забезпечує подачу води у впускний колектор на режимах середніх і максимальних навантажень, тобто, коли вимоги до ОЧ палива підвищуються.

У дизелях можна також застосовувати обводнене паливо – водопаливну емульсію (ВПЕ), що характеризується вищою фізичною стабільністю і для її приготування потрібно значно менше ПАР, причому емульгатори не повинні спричиняти схильність до відкладання небажаних речовин та корозії. У цьому випадку питома витрата палива може бути знижена на 2...6%.

Обводнене дизельне паливо характеризується зниженням цетанового числа і великим періодом затримки samozapalювання. Однак, наявність „мікрровибухів” капель емульсії та вплив на згоряння хімічних чинників (присутності води) призводить до інтенсифікації тепловиділення і скорочення тривалості згоряння палива, що сприяє його витрати.

#### *Біопаливо.*

В останній час (10...15 років) налагоджується виробництво біопалива із сем'ян оливних культур: кукурудзи, соняшника, рапсу. Цю проблему забруднення навколишнього середовища Європа почала вирішувати ще у 70-ті роки. І тоді з'явилося поняття „біопаливо” ( штучне дизельне паливо), яке зараз все більше європейських країн вибирають. В Австрії 40% машин користуються цим паливом. Паливо рослинного походження у Європі отримує державну підтримку. Німеччина і Австрія, а ще раніше Франція ввели екологічний податок на звичайне дизельне паливо, воно стало дорожче.

Ціна біодизеля на німецьких заправках – 0,75 євро/л, а звичайного – 0,90. Під посіви рапсу німці віддають 12% посівних площ. Україні потрібно 4 млн. га. Потрібні сіялки точного висіву, тоді на га площі достатньо буде 4 кг сем'ян на га, а у нас 16 кг. Фермер Іван Губа збирає 60ц сем'ян з га, а інші тільки 15. Крім того, Україна третину оливних культур, що вирощує вивозить за кордон.

З 2009р. всі європейські країни зобов'язані будуть використовувати біопаливо. Якщо України стане на європейський шлях розвитку, їй потрібно:

1. Збільшити посіви оливних культур;
2. Підняти урожайність оливних культур;

Газета „Факти” (20.03.2008) розповідає про отримання біодизеля із водоростей.

#### *Сфера застосування нетрадиційних палив.*

На думку фахівців нетрадиційні палива мають використовуватися у послідовності на сьогоднішній день:

- використання МТБЕ (зараз добавляється у товарні бензини);

- використання бензометанольної суміші з умістом 3...5% метанолу;
- застосування бензометанольної суміші з умістом 15% метанолу;
- роздільна подача метанолу і бензину;
- водень як паливо для автомобілів може знайти широке застосування вже в середині нинішнього століття. До цього його можна використовувати як домішку до палива;
- додання води до бензину з утворенням ВБЕ, а також роздільна подача бензину і води не дають прямої економії бензину і потребує встановлення на двигуні додаткової системи живлення, або створення дорогих стабілізаторів.

#### **4. Проблеми використання та впровадження нових видів палив.**

Все актуальнішою у зв'язку з вичерпаністю запасів мінеральних ресурсів: нафти і природного газу. Розведених запасів нафти і природного газу при сучасному рівні видобутку по песимістичних прогнозах вистачить на 120 років, по оптимістичних – на 250. В деяких випадках, наприклад в електро- і теплоенергетиці, можна повернутися до використання замість нафти і природного газу кам'яного вугілля, його запасів вистачить більш ніж на 1500 років. Зростання споживання у світі нафтових палив призвела до значного збільшення темпів витрачання не поновлювальних запасів нафти, а у результаті стрімкого зростання цін. Людство, по суті, повинне у короткі терміни вирішити проблему свого виживання: знайти можливості і напрямки переходу з палив, що отримуються з нафти, на нові альтернативні види палива. Пошук для заміни нафтових палив на синтезовані з інших видів сировини, розробка прогресивної технології виробництва синтетичних палив і їх раціонального застосування на транспортних засобах стають в даний час вельми актуальними задачами. З особливо гострою проблема переходу на нові види палива проявляється в авіації, де прогнозується постійне збільшення інтенсивності перевезень. В даний час концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері складає приблизно 400 ppm. Це в два рази більше, ніж до початку промислової революції XVIII століття. До 2050 р. концентрація CO<sub>2</sub> в атмосфері може досягти 500 ppm. Парникові гази (пари води, діоксид вуглецю, метан) самі по собі необхідні для життя на Землі. Вони запобігають повному розсіюванню теплової енергії, що отримується Землею від Сонця, і підтримують на поверхні нашої планети температуру, відповідну для життя і простих, і найскладніших організмів. Але якщо такі газів стане надто багато, то середня температура на землі підвищиться, що може привести до танення полярних крижаних шапок з катастрофічними наслідками для всього живого. З цих причин у ряді розвинених країн не припиняються роботи з удосконалення властивостей альтернативних палив, що відносяться до поновлювальних ресурсів, володіють меншою вартістю і кращою екологією. За

прогнозами експертів, до 2050 р. авіаперевезення спричинятимуть до 20% шкідливих викидів у всьому світі. Тож, використання біопалива для ЛА буде запобігати такому негативному розвитку.

Досягнення вчених світу з проблеми розроблення та упровадження у практику нових біосинтетичних матеріалів із технічних олій тісно пов'язані із перманентним оновленням значної частини традиційної номенклатури базових матеріалів провідних галузей промислового виробництва на науковотехнічних засадах, добре дослідженого та інноваційно розвинутого галузевого матеріалознавства. Відомо, що традиційне матеріалознавство таких галузей, як нафтопереробка, хімічна промисловість полімерних і композиційних (зокрема антифрикційних) матеріалів тощо, досить швидко (за 8 – 12 років) досягають консервативності, тобто певної межі своїх експлуатаційних властивостей, і не задовольняють сучасним вимогам, отже – характеризуються низкою загальних негативних рис, зокрема: – високим рівнем екологічної небезпеки мінеральних (нафтового походження) і особливо синтетичних або мінерально-синтетичних паливномастильних матеріалів як на стадії підготовки сировини та виробництва, так і на етапі їх використання. Сьогодні Директивами Євросоюзу розроблено нові жорсткі квоти на викиди шкідливих речовин від двигунів ЛА; – значною ресурсо- і енерговитратністю, оскільки вони спираються, значною мірою, на сировину мінерального походження (нафту), що все більше вичерпується з одночасним погіршенням її якості; – усе більше зусиль і витрат виробників мінеральних і синтетичних або мінерально-синтетичних паливномастильних матеріалів необхідно для досягнення належного рівня функціональних властивостей та експлуатаційних їх показників, особливо для авіаційної техніки, а отже ці матеріали стають все дорожчими. На сьогодні у світі все більш актуальним постає питання щодо використання біопалива в авіації.

У США широко розгорнена програма виробництва біопалив під знаком зменшення залежності від імпорту енергоносіїв і шкідливого впливу на клімат, в основі має бажання агровиробників збувати генномодифіковані сільськогосподарські продукти. Те, що біопаливо не може скласти конкуренцію паливу на основі вуглеводнів, розуміють всі, проте рух за біопаливо став стержнем в політиці ряду розвинених країн. Не дивлячись на значний прогрес у використанні біомаси для отримання рідких палив, правда полягає в тому, що промисловість до цих пір не знає як конвертувати біомасу в паливо у великих масштабах з прийнятними витратами для споживачів і без серйозних соціальних наслідків, пов'язаних з подорожчанням продовольства. Експерти вважають, що тільки біопалива другого покоління, засновані на непродовольчих видах сировини, складніших процесах перетворення, технічно можливі, економічно виправдані, доступні і життєздатні, можуть



диверсифікувати енергетичний портфель світу [13]. Враховуючи цю обставину, в багатьох країнах світу розгорнені дослідження і розробки в області технологій отримання біопалив другого покоління, а саме, з біомаси (целюлоза, відходи лісової і деревообробної промисловості, сільськогосподарські відходи, водорості, лігніні тому подібне). Серед технологій другого покоління називають пірогенетичну переробку деревини; анаеробні процеси; вельми перспективний процес BTL (biomasse to liquide), що складається із стадій спікання біомаси за допомогою низькоокисневого піролізу, газифікація отриманих методом спікання гранул каталітичного синтезу по Фішеру–Тропшу, а також отримання біоетанолу з біомаси деревини шляхом ферментації або гідролізу з подальшим дегідруванням біоетанолу в біобутанол та ін. Під час переходу авіатехніки на альтернативні види палива, можна вирішити дуже важливі питання в області енергетики, екології, а також фінансування.

Прискорена розробка альтернативних видів авіаційної техніки – це задача загальнолюдська, що не терпить зволікання, оскільки, на думку міжнародних експертів, слід чекати подальшого зростання цін на вуглеводневі енергоносії. Розробка ефективної технології виробництва моторних палив з біосировини і, зокрема, реактивних палив, є об'єктивною необхідністю і актуальна в даний час. Роботи по біопаливах для авіації за кордоном ще не вийшли із стадії дослідницьких. У нашій країні такі роботи практично не починалися. Зростання питомої витрати палива приводить в процентному відношенні до більшого, ніж зростання питомої витрати, зменшенню дальності польоту літального апарату або зменшенню корисного навантаження. Вживання кисневмісних синтетичних палив в цивільній авіації може виявитися рентабельним лише тоді, коли ціна такого палива буде значно нижча за ціну нафтового авіагазу. Вуглеводневий біогаз може знайти вживання в авіації вже в найближчому майбутньому навіть в умовах збереження в достатній кількості непоновлюваних енергетичних сировинних ресурсів: нафти, вугілля, природного газу і інших – з тієї причини, що їх вживання дозволить уповільнити зростання концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері. Отже, реальним виходом із ситуації, що склалася в економіці України, є використання новітніх енергозберігаючих технологій та перехід на рослинні олії, як альтернативну поновлювану екологічно чисту сировину для паливно-мастильних матеріалів, які відчутно впливатимуть на зменшення викидів в атмосферу CO<sub>2</sub> і оздоровлення атмосфери.