

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

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

«Пально – мастильні матеріали»

вибіркових компонент

освітньо - професійної програми першого (бакалаврського) рівня

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

**за темою – Паливо для двигунів з запаленням від стискання**

**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. Хімічний склад палив для дизельних двигунів.
2. Умови згоряння палива та забезпечення м'якої роботи двигуна.
3. Прокачувальна здатність і сумішоутворюючі властивості дизельних палив.
4. Оцінка самозаймистості і цетанове число палива.
5. Асортимент палив для дизельних двигунів та область їх застосування.

### 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\\_posybnyk.pdf](http://www.tsatu.edu.ua/tkm/wp-content/uploads/sites/11/144_posybnyk.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:

1. 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/chabannyi/Chabannyi\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_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/chabannyi/Chabannyi\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn2.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_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. Хімічний склад палив для дизельних двигунів.

Дизельне паливо(ДП) - це нафтові (газово-газойлеві) фракції, основу яких складають вуглеводневі сполуки з температурою кипіння 200...370 °С. Дизельні двигуни працюють, витрачаючи на 30...40% палива менше, чим бензинові. Основна відмінність у роботі дизеля і бензинового двигуна полягає в сумішоутворенні і запалюванні робочої суміші. В дизелях немає примусового запалювання робочої суміші. В циліндрі двигуна стискується повітря до 3...4 МПа, залежно від ступеня стиснення (в межах 12...21). Внаслідок високого тиску температура повітря підвищується до 500...800°С. В це стиснуте повітря впорскується паливо, яке випаровується, нагрівається до температури самозапалювання і згоряє. Всі ці процеси відбуваються за тисячні частки секунди-20...40° повороту колінчастого вала (ПКВ).

Дизельні двигуни дуже поширені в усіх галузях економіки: їх установлюють на тракторах, самохідних шасі, автомобілях. Основні їхні переваги над карбюраторними — висока економічність. Дизельне паливо дешевше за бензини, а витрати його на 30...40 % менші, надійність при експлуатації машин вища, пожежонебезпечність нижча.

Проте дизельне паливо порівняно з бензином має істотний недолік: набагато обмеженіша сировинна база. Дизельне паливо виробляють переважно прямою перегонкою й каталітичним крекінгом із наступним очищенням, тоді як бензин виробляють не лише з нафти, а й із газів, вугілля, важких нафтопродуктів, у тому числі дизельного палива.

Щоб паливо повністю випаровувалось і згоряло, його треба розпилювати на найдрібніші краплинки та рівномірно розподіляти їх по всьому об'єму камери згоряння.

Для забезпечення повного, а також якісного згоряння палива до нього ставляться такі найголовніші експлуатаційні вимоги:

- добра прогонність - здатність нафтопродукту транспортуватись крізь фільтри, сепаратори, отвори як вимога безперебійної надійної роботи насосу високого тиску;
- забезпечення тонкого розпилення та гарне сумішоутворення;
- надійне запалення;
- повне згоряння; м'яка робота двигуна;
- найменше утворення нагару і відкладень у зоні розпилювачів форсунок та в камері згоряння.;
- найменша корозійна активність;

- якомога більша стабільність при довгому зберіганні, а також транспортуванні;
- невелика токсичність.

Від якості дизельного палива залежить надійність роботи двигуна і, як наслідок, витрати на його обслуговування та ремонт. Знання властивостей ДП й уміння його застосовувати є одним з аспектів, що визначають використання машин з дизельними двигунами.

*Хімічний склад дизельних палив.* Дизельні палива складаються більш ніж на 90 % з вуглеводнів — алканових, цикланових, ароматичних та ненасичених.

Найбільш бажаним компонентом дизельних палив щодо самозаймистості є нормальні алкани, а небажаними — ароматичні. Ароматичні вуглеводні є також небажаними компонентом дизельних палив через високу температуру запалювання і, як наслідок, підвищеної здатності до нагароутворення, особливо біциклічні та трициклічні, а також через утворення токсичних речовин у процесі згоряння дизельного палива.

Алкани нормальної будови, особливо тверді ( $C_{16}$  і вище), мають високі температури застигання і тому є небажаними компонентами для зимових та арктичних дизельних палив.

Циклоалканові вуглеводні є бажаними компонентами дизельних палив, особливо за низькотемпературними властивостями.

Алкени містяться у дизельних паливах у незначних кількостях, оскільки вони потрапляють до його складу внаслідок введення легкого каталітичного газойлю. Це — небажані компоненти дизельних палив щодо хімічної стабільності. Їх уміст у паливі обмежується йодним числом.

Крім вуглеводнів у дизельному паливі містяться гетероорганічні сполуки. Їх уміст залежить від вихідної нафти і технології вироблення дизельних палив. Якщо паливо виробляють з малосірчистої нафти, то вміст гетероорганічних сполук малий. Гідроочищення фракції дизельного палива також знижує вміст гетероорганічних сполук, особливо сірковмісних, уміст яких переважає. Гетероорганічні сполуки є небажаними компонентами дизельних палив за: стабільністю, корозійними властивостями й утворенням токсичних речовин у процесі згоряння.

## **2. Умови згоряння палива та забезпечення м'якої роботи двигуна.**

Більш висока у порівнянні з карбюраторним економічність дизельних двигунів зумовлюється своєчасним займанням та повним згорянням вприснутого палива. Ці фактори узагальнюються збільшенням ступеня стиснення ( $\epsilon=14\dots20$ ) та забезпеченням достатньою кількістю кисню для згоряння (коефіцієнта надлишку кисню  $\alpha=1,4\dots1,5$ ) палива.

Від моменту вприскування палива в камеру згоряння і до виникнення горіння та виділення тепла, проходить визначений, хоч і дуже не великий, проміжок часу. Температура, до якої паливо повинно бути нагріто, щоб почалось його займання, називається температурою самозаймання. Вона залежить від хімічної складової палива та зовнішніх умов (тиску, складу робочої суміші, типу камери згоряння тощо). Інтенсивність наростання тиску залежить від кількості палива, що надходить в циліндр у період затримки самозаймання. Чим триваліший цей період, тим більше надійде палива в циліндр. Виділення теплоти і відповідно наростання тиску в циліндрі відбувається різко, тому робота двигуна буде супроводжуватися стуками і її називають “жорсткою”. «Жорстка» робота дизельного двигуна так само небажана, як і детонація в карбюраторних двигунах.

Режим роботи двигуна оцінюється зростанням тиску в камері згоряння на 10 повороту колінчастого вала. Якщо тиск зростає на 0,25...0,60 МПа – двигун працює м’яко, при 0,6...0,8 МПа – жорстко, а вище 0,8 МПа – дуже жорстко. Таким чином для нормальної роботи двигуна необхідно щоб паливо самозаймалось у чітко визначений момент і потім енергійно згорало, але достатньо плавно із зростанням тиску не більше 0,4...0,6 МПа на один градус повороту колінчастого вала. У цьому випадку буде, так звана, “м’яка” робота двигуна, при якій розвивається максимальна потужність і забезпечується необхідна паливна економічність.

Порівнюючи вплив окремих факторів на жорсткість роботи дизельного двигуна та детонацію карбюраторного двигуна, які характеризуються появою стуків, потрібно відмітити, що як збільшення кута випередження вприскування палива, так і збільшення кута займання аналогічно погіршують роботу двигуна. Однаковий ефект дає і підвищення частоти обертання колінчастого вала: у карбюраторних двигунів зменшується детонація, а у дизельного знижується жорсткість роботи. Це пояснюється деякими загальними рисами протікання фізичних та хімічних процесів згоряння палива. Так, для відмічених факторів головну роль відіграє час, який відводиться на процес окислення та згоряння палива. Дійсно, в карбюраторних двигунах скорочення часу на окислювальні процеси сприяє пониженню детонації. У дизельному ж двигуні зменшується період затримки самозаймання та швидкого займання, що сприяє зниженню інтенсивності наростання тиску та робить роботу двигуна більш м’якою.

Усі інші фактори (ступінь стиску, температура деталей двигуна, з якими вступає в контакт робоча суміш, температура засмоктаного повітря та

його щільність, наявність наддуву тощо) надають прямо протилежну дію на характер роботи (виникнення стуків) двигунів цих типів.

Щоб пояснити таку розбіжність, необхідно замітити наступне. Швидкість протікання процесів сумішеутворення та окислення під час фази затримки самозаймання палива залежить від температури. З її підвищенням ці процеси прискорюються, а це значить, тривалість фази затримки зменшується. Тому фактори, які сприяють підвищенню температури у дизельному двигуні до початку і під час вприскування, забезпечують більш м'яку його роботу; у карбюраторному ж двигуні ті ж фактори ведуть до виникнення детонаційного згоряння.

Якщо ж розглядати конструктивні фактори, такі, скажімо, як підвищення ступеня стиску, використання наддуву тощо, то вони приводять не тільки до зростання тиску, але й до підвищення температури, а це сприяє прискоренню хімічних реакцій, що для дизельних двигунів значить більш м'яку роботу, а для карбюраторних двигунів підсилення передумов до детонації. З ростом температури та тиску у камері згоряння збільшується, що призводить до зменшення періоду затримки самозаймання.

Протилежний вплив дає і хімічний склад палива. Наприклад, якщо ароматичні вуглеводи сприяють підвищенню детонаційної стійкості бензинів, то їх кількість у дизельному паливі викликана великою затримкою до утворення окисних сполучень, збільшує фазу періоду затримки самозаймання та призводить до жорсткої роботи. Та, навпаки, збільшення вмісту у дизельному паливі нормальних парафінів, у силу їх схильності до легкого утворювання окисних сполучень, скорочує період затримки самозаймання та сприяє м'якій роботі.

Попутно можна відмітити інші конструктивні та експлуатаційні фактори, які оказують вплив на характер роботи дизельного двигуна. Так, підвищення температури та тиску повітря на вході в циліндри двигуна також сприяє зниженню періоду затримки самозаймання. Не мале значення має і своєчасність вприскування палива. Якщо вприскування раннє у порівнянні з оптимальним, то за рахунок займання та передчасного згоряння частини палива може розвиватися значний тиск ще до приходу поршня у ВМТ, який викличе втрату потужності на переборення тиску горючих газів, що також недопустимо. Таким же чином на процеси горіння впливає і конструкція камери згоряння. Вона повинна забезпечити інтенсивне хвиле утворення, що буде скорочувати час розігрівання та випаровування палива, яке було вприснуте.

Важливий і правильний вибір матеріалу для деталей циліндро-поршневої групи. Наприклад, з матеріалу поршнів краще чавун, оскільки із-за меншої теплопровідності температура чавунного поршня в одних і тих же



умовах виявиться вище алюмінієвого, що в свою чергу буде сприяти більш інтенсивному нагріванню палива та зменшенню періоду самозаймання.

### **3. Прокачувальна здатність і сумішоутворюючі властивості дизельних палив.**

Надійність подачі дизельного палива залежить від прокачувальної здатності, тобто здатності його проходити через елементи системи живлення, головним чином через фільтри грубого і тонкого очищення. Фільтри грубої очистки затримують механічні домішки розміром більше 50...60 мкм, тонкої більше 2...5 мкм. При порушенні їх роботи зменшується, а іноді зовсім припиняється циклова подача палива, падає тиск впорскування палива тощо.

На характер надходження палива через систему живлення дизеля впливають його в'язкість і низькотемпературні властивості, а також забрудненість механічними домішками і водою.

Якщо паливо має високу в'язкість та його фільтрація обмежена – це може призвести до порушення подачі палива насосом. При малій в'язкості порушується дозування палива внаслідок просочування його між плунжером і гільзою насоса високого тиску. Крім того, дизельне паливо є мастильним матеріалом для прецизійних деталей системи живлення, тому мінімальна і максимальна його в'язкість регламентується ГОСТом.

В'язкість і низькотемпературні властивості палива взаємопов'язані і негативно впливають на його прокачувальну здатність при низьких температурах.

Подача палива при низьких температурах може порушуватися внаслідок забивання фільтрів кристалами парафіну. Такий стан палива визначається температурою помутніння. Це температура, при охолодженні до якої паливо втрачає прозорість внаслідок виділення мікро кристалів парафіну, церезину і льоду.

Для надійної подачі палива у зимовий період температура помутніння повинна бути на 3...5 °C вище тієї, при якій воно використовується.

Низькотемпературні властивості палива характеризують температура кристалізації і температура застигання. За температуру кристалізації приймають таку температуру, при якій в паливі з'являються перші кристалики, які можна побачити неозброєним оком. Температурою застигання називають температуру, при якій налите у пробірку паливо, під час охолодження в певних умовах, досягне такого стану, що не змінює положення меніску протягом однієї хвилини при нахиленні пробірки на 45°.

Застигання палива настає при зниженні температури на 5...15 °C після його помутніння. Температура застигання – це важливий показник дизельного

палива, який визначає можливість його використання при низьких температурах і входить в умовне позначення зимових дизельних палив. Для надійної роботи системи живлення найнижча температура навколишнього середовища повинна бути на 10...15 °C вищою температури застигання.

Температури помутніння і застигання не завжди відтворюють реальну поведінку дизельного палива при його використанні в зимових умовах. Більш точніше характеризує прокачувальну здатність дизельного палива при низьких температурах гранична температура фільтрації палива. Це температура, при якій паливо, після охолодження в певних умовах, здатне ще проходити через фільтри з установленою швидкістю.

Визначають граничну температуру фільтрації за допомогою спеціального приладу, вона як правило буває нижче температури помутніння, але вище температури застигання. Однак положення її в цьому інтервалі температур може бути різним: або ближче до температури помутніння, або – до температури застигання.

На нафтопереробних заводах покращують низькотемпературні властивості дизельних палив видаленням твердих вуглеводів при депарафінізації або додаванням присадок – депресорів.

При цьому застосовують присадки суміші сополімерів етилену з вінілацетатом, які суттєво на 20 °C і більше понижують температуру застигання і граничну температуру фільтрації палив, але практично не змінюють температуру помутніння.

В умовах експлуатації температуру застигання і помутніння понижують, розбавляючи літнє дизельне паливо реактивним паливом або бензином, в яких температура початку кристалізації не вище мінус 60 °C. При цьому температура помутніння знижується на 10...11 °C, а температура застигання – на 20...22 °C. Однак використовувати кількість розчинника більше 50% (за об'ємом) не рекомендується, так як значно знижується цетанове число і в'язкість суміші, що призводить до зниження надійності і економічності дизеля.

На процес сумішоутворення дизельного палива з повітрям в основному впливають конструктивні особливості двигуна і властивості палива.

Процес сумішоутворення в дизельних двигунах залежить також від фізико-технічних властивостей палива: в'язкості, густини, фракційного складу, тиску насиченої пари, поверхневого натягу тощо.

Збільшення в'язкості палива веде до збільшення крапель у факелі, що значно погіршує його розпилення і випаровування.

Паливо з великою в'язкістю догорає в кінці такту розширення, знижуючи економічність і підвищуючи димність відпрацьованих газів. З другого боку,

паливо з малою в'язкістю також погіршує процес сумішоутворення. При його розпилюванні утворюються дрібні краплі, швидкість яких у щільному повітрі швидко падає, утворюючи укорочений факел. Внаслідок цього не весь об'єм камери згоряння використовується для приготування однорідної суміші і не все повітря бере участь у сумішоутворенні, що призводить до надлишку палива і не повного його згоряння. У зв'язку з цим в'язкість дизельного палива повинна бути цілком оптимальною, щоб забезпечити належне сумішоутворення.

Густина дизельного палива суттєво впливає на процес сумішеутворення, приблизно так само, як і в'язкість. З підвищення густини збільшується довжина факела, знижується економічність і зростає димність відпрацьованих газів.

Важливою характеристикою для розпилювання дизельного палива є поверхневий натяг – розмір крапель пропорційний величині поверхневого натягу. Із збільшенням фракційного складу палива, підвищується його густина, а поверхневий натяг збільшується.

Дизельне паливо повинно мати цілком певний фракційний склад. Використання палива як важкого, так і легкого фракційного складу призводить до порушення роботи двигуна. У першому випадку в наслідок його незадовільного випаровування відбувається несвоєчасне самозаймання і неповне згоряння, що призводить до змивання масла зі стінок циліндрів, збільшення нагару, розрідження масла в картері тощо. У другому випадку ускладнюється пуск двигуна, збільшується жорсткість його роботи. Вплив фракційного складу палива на сумішоутворення різних типів двигунів не однаковий. Двигуни з розділеними камерами згоряння менш чутливі до фракційного складу палива, ніж двигуни з нерозділеними камерами згоряння.

Стандартом передбачається визначати температуру перегону 50 і 96 % палива:  $t_{50\%}$  – впливає на його пускові властивості;  $t_{96\%}$  – є температурою кінця перегонки і свідчить про наявність важких фракцій, які погіршують сумішоутворення.

У зв'язку з “дизелізацією” автомобільного парку і зростання потреб у дизельному паливі, вивчаються питання розширення ресурсів таких палив шляхом зміни їх фракційного складу як за рахунок підвищення температури кінця кипіння, так і за рахунок зниження температури початку кипіння.

Палива з підвищеною температурою кінця кипіння називають обваженими (ОФС). Лабораторні дослідження і випробування показують, що можна збільшити ресурси дизельного палива на 3...4% за рахунок більш глибокого відбору з нафти

прямогонних фракцій з температурою википання на 25...30 °С вище

температури википання стандартного дизельного палива.

Полегшення фракційного складу за рахунок введення бензинових фракцій покращує експлуатаційні властивості обважених палив. Таким чином при значній “дизелізації” автомобільного парку перспективним буде використання єдиного дизельного палива з температурою початку кипіння 66...80 °C, яке називається – дизельне паливо широкого фракційного складу (ШФС).

#### **4. Оцінка самозаймистості і цетанове число палива.**

Самозаймистість – це характеристика тих властивостей дизельного палива, які впливають на м’якість і жорсткість роботи дизельного двигуна. Для нормальної роботи дизеля необхідно, щоб паливо самозаймалось у чітко визначений момент і потім енергійно згорало, викликаючи інтенсивне, але достатньо плавне підвищення тиску, не перевищуючи 0,4...0,6 МПа на один градус повороту колінчастого валу. У цьому випадку буде, так звана, “м’яка” робота двигуна, при якій розвивається максимальна потужність і забезпечується необхідна паливна економічність. Якщо самозаймання запізнюється, то це призводить до жорсткої роботи двигуна. Визначають самозаймистість, порівнюючи роботу стандартного двигуна на досліджувальному паливі і на спеціально підібраній суміші еталонних палив.

Оціночним показником, що характеризує самозаймистість дизельного палива, є цетанове число, яке визначається методом порівняння займистості палива із займистістю суміші двох вуглеводнів (двох еталонів). В якості одного еталона прийнятий цетан ( $C_{16}H_{34}$ ) – парафіновий вуглевод нормального складу, період затримки самозаймання якого малий. Його цетанове число (ЦЧ) приймають за 100. У якості другого еталона прийнятий альфаметилнафтелін ( $C_{10}H_7CH_3$ ) – ароматичний вуглевод із циклічним бензольним ядром, період затримки самозаймання якого великий, і цетанове число дорівнює 0.

Цетанове число дорівнює відсотковому вмісту (за об’ємом) цетану в такій суміші з альфаметилнафталіном, що рівноцінна даному паливу за самозаймистістю при випробуванні в стандартних умовах. Визначають цетанове число на спеціальних установках, конструкція яких забезпечує зміну ступеня стиску у межах 7...23, різними методами: змінами критичного ступеня стиску, запізнення самозаймання, збігу спалахів тощо. Найбільшого поширення набув метод збігу спалахів, суть якого така.

При роботі установки на дизельному паливі, ЦЧ якого визначають, змінюючи ступінь стиску добиваються такого положення, щоб при вприскуванні палива за 130 повороту колінчастого вала до ВМТ самозаймання горючої суміші починалось рівно у ВТМ, про що повідомляють спеціальні

датчики. Потім підбирають таку суміш цетану з альфаметилнафтеліном, яка при тому ж ступеню стиску мала б такий же період затримки самозаймання (130). Вміст цетану в такій суміші в відсотках за об'ємом і приймають за цетанове число.

Цетанове число дизельних палив залежить від їх вуглеводневого складу, структури і молекулярної маси.

Оптимальне значення цетанового числа 40...50. Використання палива з цетановим числом менше 40 призводить до жорсткої роботи двигуна, а більше 50 – до збільшення питомої витрати палива за рахунок зменшення повноти згоряння. Влітку можна успішно застосовувати паливо з цетановим числом 40, а взимку, для забезпечення пуску холодного двигуна, цетанове число повинно бути не менше 45.

Величина цетанового числа впливає на пускові властивості дизельного палива. З підвищенням цетанового числа пуск двигуна полегшується. Однак це стосується палив, які не значно відрізняються за фракційним складом. При більшій різниці у фракційному складі важке паливо з високим цетановим числом часто має гірші пускові властивості, ніж легке паливо з більш низьким цетановим числом.

Цетанові числа можуть бути підвищені двома способами: регулюванням вуглеводного складу або введенням нових присадок.

## **5. Асортимент палив для дизельних двигунів та область їх застосування.**

Відповідно до ГОСТ 305—82 для швидкохідних дизельних двигунів випускають три марки дизельних палив залежно від сезонності або географічних областей використання: Л — літнє, З — зимове і А — арктичне. Крім того для кожної марки окремо обумовлена кліматична зона — помірна або холодна, а також види палива: І — масова частка сірки не більше 0,2%, ІІ — масова частка сірки не більше 0,5 %.

Кліматична зона використання дає можливість розділити паливо однієї і тієї ж марки за температурою помутніння і застигання, вид палива — за максимально допустимим вмістом сірки. Палива для помірної кліматичної зони мають більш високу температуру помутніння і застигання, ніж для холодної.

*Паливо Л* використовують влітку в помірній і холодній кліматичних зонах за умови, що температура навколишнього повітря навіть тимчасово не знижується нижче 0°C.

*Паливо З* призначене для двох кліматичних зон: для помірної з температурою повітря не нижче мінус 20 °C (температура застигання не вище мінус 35 °C) і для холодної — з температурою повітря не нижче мінус 30 °C (температура застигання не вище мінус 45 °C).

*Паливо А* застосовують при температурі навколишнього середовища мінус 50 °С і вище (температура застигання не вище мінус 55 °С). Температура помутніння для нього не нормується, тому що припускається, що це паливо піддається глибокій депарафінізації.

Палива за ГОСТ 305—82 одержують компаундуванням (змішуванням) фракцій прямої перегонки і гідроочистки у співвідношеннях, які забезпечують вимоги стандарту за вмістом сірки. Сировиною для гідроочистки є суміш середньодистильатних фракцій прямої перегонки і легкого газойлю каталітичного крекінгу.

Відповідно до стандарту, в умовному позначенні літнього палива вказують граничний вміст сірки і температура спалаху, що допустимі для даного палива. Норма сірки вказує на вид палива, а температура спалаху на область використання, так як для палив, що використовуються для тепловозних і суднових двигунів, а також для газових турбін, температура спалаху (закритий спосіб) повинна бути на 21 °С вище, ніж для двигунів загального призначення. При позначенні зимових палив замість температури спалаху вказують температуру застигання. При позначенні арктичних палив вказується тільки граничний вміст сірки. Якщо будь-які з вказаних марок палив *вищої якості*, то незалежно від виду палива вміст у ньому сірки не повинен перевищувати 0,2%, фактичних смол — 25 мг на 100 см<sup>3</sup> і золи — 0,008 %.

*Дизельне паливо експортне* (ТУ 38 001162-85) виготовляють для поставок на експорт з вмістом сірки до 0,02 %, для чого дизельні фракції прямої перегонки піддають гідроочистці. Для оцінки його якості, за вимогою споживачів, визначають дизельний індекс, а не цетанове число. Крім того, замість визначення вмісту води і коефіцієнта фільтрівності експрес-методом визначають прозорість палива при температурі 10 °С. Випускають марок ДЛЕ і ДЗЕ.

Для середньо- і тихохідних дизельних двигунів, з частотою обертання до 1000 хв-1 (ГОСТ 1617—68) виробляють паливо марок ДТ і ДМ вищої якості та ДТ. Вони відрізняються в'язкістю, коксівністю і температурою застигання.

Паливо цих марок — суміш дистильатів з залишковими продуктами (мазутом) прямої перегонки або крекінгу. Двигуни, в яких використовують таке паливо, експлуатують в основному на стаціонарних і напівстаціонарних установках.

Паливо ДТ призначено для дизелів, не обладнаних системою підготовки палива, а паливо ДМ (мазут) — для суднових тихохідних дизелів, обладнаних системою попередньої підготовки палива (нагрівання до температури 60... 70 °С, відстоювання, фільтрування).