

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*Кафедра транспортних технологій і технічного сервісу*

**ПАЛИВО-МАСТИЛЬНІ ТА ІНШІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**

Методичні рекомендації до теоретичного курсу для студентів денної форми  
навчання напряму підготовки 6.100102 “Процеси машини та обладнання  
АПВ”

Миколаїв

2014р.

УДК 629.113

ББК 39.33

Методичні рекомендації підготував:

Артюх В.О. асистент

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри ТТ і ТС д.т.н., доц.  
Думенко К. М.

Рецензенти:

Тимошевський Б.Г. – д.т.н., професор, зав. кафедри “Двигуни  
внутрішнього згорання” НУК.

Іванов Г.О. – к.т.н., доцент кафедри „Загальнотехнічних дисциплін”  
Миколаївського національного аграрного університету.

Паливо-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: Конспект лекцій  
для студентів денної форми навчання напряму підготовки 6.100102 „Процеси  
машини та обладнання АПВ” / Уклад.: В.О. Артюх – Миколаїв: МНАУ, 2014

Друкується за рішенням методичної комісії факультету механізації с.г.  
МДАУ від “ ” 20 р Протокол №

Надруковано в кількості 40 примірників  
©Миколаївський державний аграрний університет

## Зміст

<b>Вступ.....</b>	<b>4</b>
<b>Лекція№1. Загальні відомості про отримання палив.....</b>	<b>7</b>
<b>Лекція №2. Альтернативні види палив.....</b>	<b>18</b>
<b>Лекція №3. Пальне для двигунів з примусовим запалюванням.....</b>	<b>27</b>
<b>Лекція №4. Пальне для дизельних двигунів.....</b>	<b>35</b>
<b>Лекція №5. Тертя, спрацювання та види мастильних матеріалів.....</b>	<b>45</b>
<b>Лекція №6. Експлуатаційні властивості та застосування трансмісійних масел.....</b>	<b>61</b>
<b>Література.....</b>	<b>68</b>

## Вступ

За останнє десятиріччя на ринку паливо-мастильних матеріалів на Україні відбулися істотні зміни. Разом із звичними вітчизняними маслами в даний час споживачам пропонуються сотні марок зарубіжних фірм.

Трансформувалася і структура автотракторного парку. Разом із старими автомобілями і тракторами вітчизняного виробництва все більш масово експлуатується іномарки виробництва фірм практично всіх країн світу. Змінилися і самі автомобілі і трактори - вони стали більш економічними, екологічними і безпечними.

Посилилися вимоги до автотракторних масел. Піддалися помітному удосконаленню класифікації моторних масел по в'язкості SAE, по експлуатаційних властивостях ГОСТ, API і специфікації фірм - виробників автотракторної техніки, відмінена класифікація CCMC, введені і динамічно розвиваються нові класифікації AAI, ACEA і ILSAC.

Останніми роками в Україні склався стійкий дефіцит спеціальної літератури і періодичних видань в області нафти і нафтопродуктів. В радянські часи такого роду книги і журнали випускалися, в основному, в Росії, де був зосереджений і основний науковий потенціал цієї галузі. В даний час багато відомих довідників і монографій, виданих в СРСР в 70 - 80-х роках безнадійно застаріли, а сучасні російські видання не тільки малодоступні українським читачам, але і не відповідають повною мірою специфічним вимогам української законодавчої бази і ринкової обстановки. В Україні введені нові закони, національні стандарти, технічні умови і нормативи, а також специфічні правила і процедури сертифікації нафтопродуктів. Проте, значний об'єм автомобільних масел, що імпортуються, робить необхідним також облік особливостей в нормативних базах провідних країн-імпортерів продукції (Росія, інші країни СНД, країни ЄС, США та ін.).

В конспекті лекцій систематизовані відомості про моторні і трансмісійні автомобільні масла. Розглянуті системи мастила агрегатів сучасних автомобілів і тракторів.

Таблиця 1

Кредитно-трансферна схема вивчення дисципліни “Паливо-мастильні та інші експлуатаційні матеріали” напрям підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва»

№ модуля	Назва модуля	Всього годин кредитів	Розподіл аудиторного навантаження		Самостійна робота студентів
			лекції	Лабораторно-практичні заняття	
<b>4-й семестр</b>					
1.	Паливо для ДВЗ	48 (1,33)	8	18	22
2.	Мастильні матеріали і технічні рідини	42 (1,16)	8	12	22
	Всього	90 (2,5)	16	30	44

## Оцінювання студентів за захист лабораторних робіт

Модулі	№ п\п	Назва роботи	тижне р	Кількість балів за виконану роботу	
				min	max
1.Палива для ДВЗ 2.Мастильні матеріали і технічні рідини	1.	Л.Р. Визначення зольності твердого палива	2	2	6
	2.	Л.Р. Визначення щільності нафтопродукту	3	3	4
	3.	Л.Р. Визначення температури спалаху	4	2	5
	4.	Л.Р. Визначення корозійних властивостей бензину	5	2	4
	5.	Л.Р. Визначення фракційного складу	6	3	6
	6.	Л.Р. Визначення концентрації фактичних смол	7	3	4
	7.	Л.Р. Визначення октанового числа автомобільного бензину	8	3	5
	8.	Л.Р. Визначення цетанового числа дизельного палива по збігу спалахів	9	3	4
	9.	Захист лабораторних робіт	10		
	10.	Л.Р. Визначення в'язкості нафтопродукту	11	3	5
	11.	Л.Р. Визначення вмісту механічних домішок у моторному маслі	12	3	4
	12.	Л.Р. Визначення моторних властивостей та термоокислювальної стабільності змащувальних масел	13	3	5
	13.	Л.Р. Визначення в'язкості низькозамерзаючих охолоджувальних рідин	14	3	4
	14.	Л.Р. Визначення колоїдної стабільності пластичних мастил	15	3	4
	15.	Захист лабораторних робіт	15		
<b>Всього</b>				<b>36</b>	<b>60</b>
<b>Залік</b>				<b>24</b>	<b>40</b>
<b>Разом</b>				<b>60</b>	<b>100</b>

## ЛЕКЦІЯ №1

### Тема: ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОТРИМАННЯ ПАЛИВ

#### План

- 1. Призначення, класифікація та властивості палив**
- 2. Загальний склад палив**
- 3. Горіння палива**
- 4. Одержання рідких палив та мастил з нафти**

#### 1. Призначення, класифікація та властивості палив

**Паливом називають** речовину, яку спеціально спалюють для одержання тепла. Воно повинно мати певні властивості, тобто відповідати таким основним вимогам: порівняно легко займатися, при згорянні виділяти якомога більше теплоти, бути поширеним у природі, доступним при видобуванні, дешевим при виробництві, не змінювати свої властивості при транспортуванні та зберіганні, бути нетоксичним і при згорянні не виділяти шкідливих та отруйних речовин.

Палива класифікують за такими основними ознаками:

- 1) За агрегатним станом всі види палив підрозділяють на тверді, рідкі і газоподібні.
- 2) За походженням ділять на нафтові і не нафтові.
- 3) За способом одержання палива бувають природні, які використовують у тому вигляді, в якому вони існують у природі, і штучні, якщо після видобутку їх переробляють.
- 4) За тепловою цінністю (теплотою згорання) палива класифікують на висококалорійні, середньо- і низькокалорійні.
- 5) За цільовим призначенням паливо розрізняють для двигунів з примусовим запалюванням (бензин і газоподібне паливо), реактивні і дизельні палива тощо.

Ця класифікація може бути і більш докладнішою. Наприклад, дизельне паливо розділяють для швидкохідних двигунів (автомобілі, трактори тощо), для середньо- і тихохідних двигунів (суднові і стаціонарні)

## **2. Загальний склад палив**

Будь-яке паливо, складається з двох основних частин: горючої і негорючої. Горюча частина містить різні органічні сполуки, до складу яких входять такі хімічні елементи: вуглець (C), водень (H), сірка (S), кисень (O), азот (N), а також, ті неорганічні сполуки, які під час горіння палива, розкладаючись, утворюють леткі речовини. Склад твердого і рідкого палива визначається у процентах за масою, газоподібного — у процентах за об'ємом.

**Вуглець** — основна горюча складова, зі збільшенням частки якої зростає теплова цінність палива. Вміст вуглецю у різних видах палива коливається у межах від 50 % (дрова) до 98 % (антрацит).

**Водень** за теплотою згорання майже у 4 рази цінніший ніж вуглець. Враховуючи, що вміст водню в паливі до 25 % — це друга за значимістю складова горючої частини палива.

**Кисень**, що входить в склад палива, не горить і тому фактично є внутрішнім баластом горючої частини. Вміст кисню становить від 0,5 % До 43 %. Чим більше в горючій частині кисню, тим менш цінне паливо.

**Азот**, як і кисень, не горить, є внутрішнім баластом горючої частини. У твердому і рідкому паливі вміст азоту невеликий (0,5...1,5 %) і тому вплив його на теплову цінність палива незначний. Однак у деякому газоподібному паливі (наприклад, генераторний газ) вміст азоту становить біля 50%, що різко знижує його теплову цінність.

**Сірка** є горючим елементом і, входячи до складу палива у вільному стані або у вигляді органічних і сульфідних сполук, бере участь у горінні. Але не зважаючи на це, сірка є дуже небажаною складовою палива тому що під час горіння сірки утворюються сполуки  $SO_2$ ,  $SO_3$ , які викликають газову корозію, а з'єднуючись з вологою, яка завжди є у паливі, перетворюються у сірчисту та сірчану кислоти, які викликають рідинну корозію металів. Вміст



сірки у твердому паливі коливається від 0,01 до 8 %, а у нафтах — під 0,1 до 4 %. При переробці палива намагаються вміст сірки за можливістю довести до мінімуму.

**Негорюча частина** у твердому і рідкому паливі складається з мінеральних домішок (при згорянні утворюють золу (попіл)  $A$  і вологи  $W$ ). Ця частина, зменшуючи об'єм горючої частини і відбираючи частину теплоти на своє нагрівання, знижує теплову цінність палива. Крім того зола прискорює абразивне спрацювання деталей циліндро-поршневої групи двигунів, а волога збільшує корозію та ускладнює експлуатацію установок взимку.

Вміст мінеральних домішок у рідкому паливі вимірюється десятими частинами процента, а у твердому — десятками процентів.

Мінеральні домішки і вологу розділяють на зовнішні та внутрішні. Перші — потрапляють у паливо з навколишнього середовища при його добуванні, транспортуванні, зберіганні, другі — входять до його хімічного складу.

### **3. Горіння палива**

**Горінням називають швидкоплинну реакцію, яка супроводжується виділенням теплоти і випромінюванням світла.** Як правило, це процес окислення, сполучення палива з киснем повітря (іноді з чистим киснем) або з іншим окислювачем. Характерною особливістю цього процесу є велика швидкість протікання реакції, при якій тепло, що виділяється, не встигає розсіюватися, внаслідок чого різко підвищується температура. Цим відрізняється процес горіння від дуже повільних окислювальних процесів — гниття й іржавіння.

**Горіння - складний процес, при якому хімічні реакції супроводжуються фізичними явищами: перемішуванням палива і повітря, дифузії, теплообміном тощо.**

Розрізняють 1) гомогенне горіння, коли паливо і окислювач знаходяться в газоподібному стані;

2) **гетерогенне**, коли речовини знаходяться в різному агрегатному стані, наприклад, рідкі і газоподібні.

Температура, при якій хімічний процес різко прискорюється при зіткненні з відкритим вогнем і речовина займається, називається **температурою займання**.

Якщо займання речовини відбувається без стикання з відкритим вогнем, матимемо **температуру самозаймання**.

Залежно від горіння розділяють на **кінетичне і дифузійне**. Якщо процес утворення суміші палива і повітря передує горінню, то горіння називають кінетичним, якщо процеси відбуваються одночасно - дифузійним. На практиці, як правило, відбувається змішане горіння - дифузійно-кінетичне.

**За температуру** горіння приймають температуру, до якої нагріваються газоподібні продукти згоряння внаслідок горіння палива. Розрізняють температуру горіння теоретичну і дійсну. Теоретична температура горіння - це максимальна температура, яка може бути досягнута при відсутності втрат від теплообміну.

У реальних умовах процес горіння супроводжується теплообміном і тепловими втратами, тому продукти згоряння мають дійсну температуру, яка нижче теоретичної.

Співвідношення палива і окислювача, яке відповідає хімічній реакції повного окислення паливних елементів (повне згоряння) називається **стехіометричним**.

Кількість кисню, теоретично необхідна для спалювання. 1 кг твердого або рідкого палива, можна визначити на основі стехіометричного відношення для реакцій горіння елементів горючої маси палива (С, Н, N.)

Із рівнянь повного згоряння сірки і водню:  $C+O = CO_2$  (12 + 32=44),  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$  (4 + 32=36),  $S + O_2 =SO_2$  (32+32=64), враховуючи їх атомну масу, знаходимо, що для спалювання 12 кг вуглецю потрібно 32 кг кисню, для спалювання 1 кг вуглецю потрібно  $32/12 = 2,67$  кг кисню. Аналогічно,

для спалювання 1 кг водню потрібно 8 кг кисню, а для спалювання 1 кг сірки - 1 кг кисню.

Тоді формула для підрахунку теоретично необхідної кількості кисню, для спалювання 1 кг палива буде мати вигляд:

$$O_T = \frac{2,67C + 8H + S - O}{100} \quad (1)$$

де C, H, S, O — хімічні елементи горючої частини палива, % за масою.

Для спалювання палива, як правило, подається повітря, в якому кисень становить 23,2 % за масою. Тоді теоретично необхідну кількість повітря, для спалювання 1 кг палива визначають за формулою:

$$L_T = \frac{2,67C + 8H + S - O}{23.2} \quad (2)$$

Кількість повітря зручніше визначати в м<sup>3</sup>/кг. Тоді формула матиме вигляд:

$$l_T = \frac{2,67C + 8H + S - O}{20,2 \cdot 1,29} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{30} \quad (3)$$

де 1,29 — маса 1м<sup>3</sup> повітря.

У виробничих умовах здійснити повне спалювання палива з теоретично необхідною (розрахунковою) кількістю повітря практично неможливо. Тому для повного спалювання, як правило, подають надлишок повітря, тобто процес відбувається не за розрахунковою, а за фактичною (дійсною) кількістю повітря  $L_d$ .

Відношення дійсної витрати повітря до теоретично необхідної для спалювання 1 кг (1 м<sup>3</sup>) палива називають коефіцієнтом надлишку повітря ( $\alpha$ ):

$$\alpha = \frac{L_d}{L_T} \quad (4)$$

Суміш палива і повітря називають пальною сумішшю. Залежно від співвідношення кількості палива і повітря пальна суміш може бути: нормальна  $\alpha = 1$ , бідна  $\alpha > 1$ , багата  $\alpha < 1$ . При значеннях близьких до одиниці — збіднена або збагачена.

Теплота згоряння пальної суміші ( $Q_{nc}$ ) залежить від кількості теплоти, що виділяється паливом і об'єму повітря:

$$Q_{nc} = \frac{Q}{1 + \alpha L_T} \quad (5)$$

Для різних видів палив теплота згоряння нормальних пальних сумішей приблизно однакова — 2770 кДж/кг.

Пальну суміш, яка змішалась із залишковими газами від попереднього циклу, називають робочою. Якщо потрібно визначити її теплоту згоряння, то вносять поправку на коефіцієнт надлишкових газів. На практиці теплоту згоряння пальної і робочої суміші прирівнюють;

Характер процесу горіння можна визначити за складом продуктів згоряння палива. Для цього існують різні газоаналізатори; хімічні, електричні, магнітні, механічні.

#### **4.Одержання рідких палив та мастил з нафти.**

Розрізняють три основних варіанти переробки нафти: паливний, паливно-масляний та комплексний (нафтохімічний). Вибір варіанту (напрямку) переробки нафти визначається її властивостями, потребами в нафтопродуктах і рівнем розвитку нафтопереробної промисловості. Якщо паливний та паливно-масляний варіант спрямовані на одержання з нафти відповідно палив, палив і масел, то при нафтохімічному ще одержують і нафтохімічну сировину.

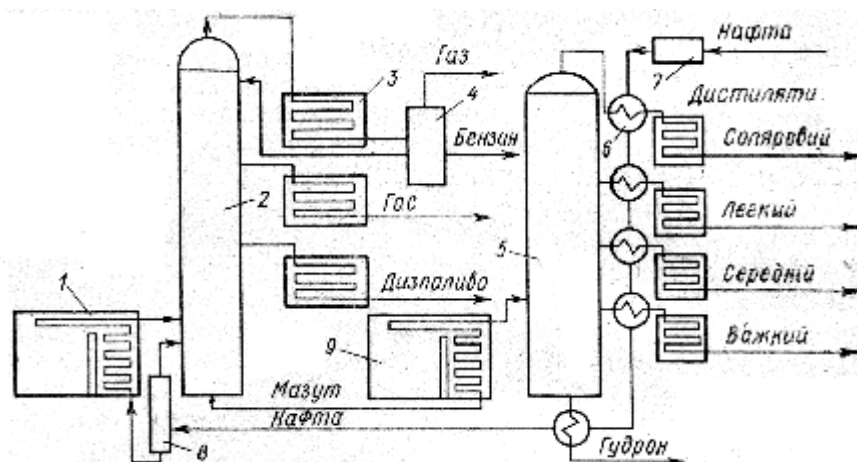
Незалежно від варіанту розрізняють способи переробки нафти: фізичні (первинні) і хімічні (вторинні). При фізичних способах переробки нафти структура молекул вуглеводнів, що входять до її складу не змінюється.

При хімічних способах — вуглеводневий склад нафтопродуктів відрізняється від складу нафти.

До фізичних способів переробки нафти відносять: електрознесолюючі установки (ЕЛОУ) і пряму перегонку на атмосферно-вакуумних установках (АВТ).

ЕЛОУ призначені для видалення залишків води і розчиненої в ній солі, а також мінеральних (водорозчинних) кислот, якщо вони присутні. Знесолювання починають з того, що нафту забирають із заводського резервуара і змішують з водою, деємульгаторами, лугами (за умови, що в нафті є кислоти). Потім суміш нагрівають до температури 80...120°C і подають в електродегідратор, де під дією електричного поля і температури вода й розчинені в ній неорганічні сполуки відділяються від нафти, тільки після цього вона надходить на первинну перегонку.

Первинну перегонку нафти проводять на атмосферно-вакуумних трубчастих установках (рис. 1), які дозволяють в одному технологічному процесі здійснювати випаровування і розділення її на окремі складові частини — фракції (дистиляти), що відрізняються температурою кипіння.



**Рис.1. Схема нафтоперегонної установки:**

**1-** трубчаста піч; **2 і 5-** ректифікаційні колони; **3-** холодильники **4-** конденсатор-газовіддільник; **6-** теплообмінник; **7-** насос; **8-** випарювальна колона **9-** вакуумна трубчаста піч.

Процес розділення нафти на паливні, а мазуту на масляні дистиляти відбувається так. Нафта, що подається насосом 7, під тиском приблизно 1 МПа проходить через теплообмінники дистилятів 6 і далі в невелику випарювальну колону 8, звідки легкокипляча (газоподібна) частина нафти надходить у ректифікаційну колону, а головна маса — в трубчасту піч 1. У печі, проходячи по змійовику нафта нагрівається до температури 330...350 °C

і частково випаровується. Суміш випарованої нафти та її частина, що не випарувалася, надходить в ректифікаційну колону 2.

У ректифікаційній колоні відбувається розділення пари нафти на фракції, причому можна відбирати в одну групу фракції, в яких температура кипіння відрізняється лише на 5...8 °С. Найпоширенішими фракціями прямої перегонки є дистиляти: бензиновий 35...200 °С, лігроїновий 110...230 °С, гасовий 140...300 °С, газойлевий 230...330 °С і солярний 280...380 °С. Але з точки зору затрат, чим вузьчі фракції, тим дорожче перегонка, нафту спочатку переганяють на широкі фракції. Продуктами такої перегонки є: вуглеводневий газ, бензинова, гасова, дизельна фракції та залишок (мазут), який використовується як сировина для одержання масляних дистилятів. Для цього мазут нагрівають у вакуумній трубчастій печі 9, що дозволяє знизити температуру кипіння та повніше з нього випаровувати (без розщеплення) масляні фракції до температури 420...430 °С. У ректифікаційній колоні 5, залежно від варіанту переробки нафти, одержують широку масляну фракцію — вакуумний газойль, або вузькі масляні дистиляти для виробництва різних масел. Залишок-гудрон, а при менш глибокій перегонці — напівгудрон, після відповідної очистки використовують для виготовлення високов'язких (залишкових) масел.)

Розроблені і знайшли застосування кілька видів крекінгу: термічний, каталітичний, гідрокрекінг, каталітичний риформінг.

**Термічний крекінг** - такий вид деструктивної переробки нафтової сировини, при якому розщеплення та зміна структури вуглеводнів відбувається під дією температури і тиску.

Сировиною для термічного крекінгу (температура 470...540 °С, тиск 2...7 МПа) є вуглеводні великої молекулярної маси (мазут, гудрон, важкі газойлі каталітичного крекінгу) Вуглеводні розщеплюються з утворенням більш легких фракцій (газ, бензин, гас, газойль) і крекінг-залишку. Вихід продукції залежить від виду сировини та режиму процесу: при крекінгу (мазуту одержують бензину 25...30 %, вуглеводневого газу до 10%,

газовогозольових фракцій до 30 % і крекінг-залишок; а при крекінгу газойля до 60 % бензину.

Різновидом термічного крекінгу є вісбрекінг (легкий крекінг) процес перетворення гудрону в котельне паливо з низькою в'язкістю і температурою застигання.

Другим різновидом термічного крекінгу є коксування — процес одержання дистилляту широкого фракційного складу і нафтового коксу з мазуту, гудрону тощо. Коксування відбувається при температурі 505...515 °С і тиску 0,2...0,3 МПа.

У даний час термічний крекінг через низьку якість палив, одержаних цим способом (вони не забезпечують вимоги сучасних двигунів), майже повністю витіснений іншими сучасними способами вторинної переробки нафти.

**Каталітичний крекінг** — основний сучасний спосіб одержання високоякісного бензину з важких фракцій. Від термічного він відрізняється режимом (температура 450..550 °С, тиск 0,1...0,3 МПа) і наявністю каталізаторів, в присутності яких процеси деструкції ідуть у напрямку утворення ізомерних, насичених, найцінніших для бензину вуглеводнів. Каталізаторами служать алюмосилікати, цеоліти тощо, які відзначаються пористою структурою (1 г каталізатора має активну поверхню до 400...500 м<sup>2</sup>), що забезпечує їм високу активність. Основною сировиною каталітичного крекінгу є вакуумні дистилляти, іноді газово-га-зойлеві фракції прямої перегонки. В результаті каталітичного крекінгу одержують продукти, в яких вміст ізопарафінових і ароматичних вуглеводнів доходить до 55 %, нафтенів — 20...25 %.

Загальний вихід (бензинових фракцій досягає 50 % і більше, їх октанове число 78...85 (за моторним методом) або 87...91 (за дослідним)).

**Каталітичний риформінг** призначений для підвищення детонаційної стійкості бензинів і одержання ароматичних вуглеводнів. Це основний спосіб виробництва високооктанових бензинів (АИ-93, АИ-98). Основною

сировиною установок каталітичного риформінга є бензинові фракції прямої перегонки. В перспективі планується використовувати як сировину бензин гідрогенізації вугілля та сланців, а також бензин із синтез-газу. Риформінг здійснюють при температурі 470...530 °С і тиск 2...4 МПа в присутності молібденового (гідроформінг) або платинового (платформінг) каталізаторів у середовищі водню. Платформінг, як більш зручний і безпечний процес, суттєво витіснив гідроформінг.

**Гідрокрекінг** — процес, призначений для одержання світлих нафтопродуктів — бензину, гасу, дизельного палива, а також зріджених газів при переробці нафтової сировини, яка має більш високу молекулярну масу (газойль, нафтовий залишок) під тиском водню.

Гідрокрекінг являє собою різновид каталітичного крекінгу в присутності водню (температура 360...440 °С, тиск 15...17 МПа) і алюмокобальтомолібденового або алюмонікельмолібденового каталізаторів. Октанове число бензинових фракцій гідрокрекінгу 85...88 (за дослідним методом).

Серед способів виробництва палив і їх компонентів заслуговує на увагу переробка нафтових газів (супутних та газів нафтопереробки): алкілування, полімеризація, ізомеризація.

**Алкілування** — процес одержання алкілбензину, високооктанових компонентів бензину каталітичним приєднанням алкільних радикалів (алкілуванням) з ізобутану, бутілену і пропілену. Каталізаторами служать концентрована сірчана кислота або безводний фтористий водень. Процес відбувається під тиском 0,35...0,60 МПа і температурі 5...15 °С. В результаті цього одержують легкий алкілат — високооктановий компонент бензину (октанове число 91...95 за моторним методом) і важкий алкілат — (використовують як розчинник або компонент дизельного палива). **Полімеризація** — процес одержання низькомолекулярних полімерів, які застосовуються для виробництва моторних палив. Сировиною для полімеризації є пропан-пропілена і бутан-бутилена фракції. Процес здійснюється при температурі



190...230 °С, тиску 1,7...8,0 МПа у присутності каталізаторів. Продукція — полімерібензин (октанове число 82...97 за моторним методом), а також високооктанові його компоненти (ізогексани) з октановими числами

81...85 за моторним методом. Недоліком полімербензинів є низька їх хімічна стабільність.

**Ізомеризація парафінових вуглеводнів** — процес призначений для підвищення октанового числа пентан-гексанових фракцій бензинів і відбувається при температурі 360...440 °С, при тиску 2...4 МПа у присутності водню та каталізаторів. Продукцією ізомеризації є ізопарафінові вуглеводні, як високооктанові компоненти автомобільних бензинів та індивідуальні вуглеводні - ізобутан та ізопентан, як сировина для нафтохімії.

## ЛЕКЦІЯ №2

### Тема: АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА

#### План

- 1. Альтернативні види палив**
- 2. Загальні відомості та класифікація газоподібних палив**
- 3. Отримання газоподібного палива**
- 4. Застосування газоподібного пального в ДВЗ**

Різні види альтернативного палива можна систематизувати залежно від їх експлуатаційних властивостей і перспектив організації промислового виробництва на такі групи:

I група — нафтове паливо з добавкою синтетичних компонентів типу метилового і етилового спирту, метил-третбутилового ефіру (МТБЕ), метил-третамілового ефіру (МТАЕ) тощо.

За своїми експлуатаційними показниками таке гібридне паливо дещо відрізняється від традиційного, але не потребує значної зміни конструкції двигунів, а також зміни інфраструктури забезпечення паливом споживачів.

II група — синтетичне паливо, одержане на основі переробки вугілля, бітумів, горючих сланців, спиртів, природного газу. Залежно від технології одержання експлуатаційні властивості таких палив можуть бути достатньо близькі до сучасних нафтових, але широке їх застосування вимагає суттєвої модернізації всього паливно-енергетичного комплексу.

III група — спиртове паливо, природний і нафтовий газ, біогаз, водень, аміак, рослинні олії. Ці види альтернативного палива відрізняються від нафтових не тільки своїми фізико-хімічними властивостями, а в ряді випадків і агрегатним станом, їх використання вимагає зміни конструкції двигунів і в цілому машин, а також перебудови всієї системи транспортування, зберігання, розподілу палива споживачам.

Із різних типів синтетичного палива найбільша увага приділяється спиртам, особливо метиловому (метанолу), що пояснюється великим масштабом виробництва, різноманітністю сировинної бази, а також освоєною

продуктивною технологією виробництва. Сировиною для промислового виробництва метанолу служить природний газ, синтез газ (суміш  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2$ ), вугілля, важкі нафтові залишки (гудрон, мазут), відходи побуту і лісної промисловості.)

**Метанол** за своїми фізико-хімічними і експлуатаційними властивостями значно відрізняється від бензину. До основних переваг метанолу, як палива для двигунів, можна віднести його високу детонаційну стійкість і меншу кількість повітря, необхідного для його згорання. Велика прихована теплота випаровування метанолу знижує температуру пальної суміші під час такту впуску, що сприяє підвищенню коефіцієнта наповнення циліндрів і дозволяє форсувати двигун за рахунок зростання середнього ефективного тиску.

До недоліків метанолу як палива відносять його низьку теплоту згорання, в результаті чого збільшується експлуатаційна витрата метанолу і приблизно в два рази зменшується запас ходу автомобіля. Із-за високої теплоти випаровування метанол характеризується поганими пусковими властивостями. Метанол корозійно агресивний по відношенню до свинцевих і алюмінієвих сплавів, крім того він отруйний. Гранично допустима  $100 \text{ мг/м}^3$ . При додаванні метанолу якість бензину змінюється відповідно до відзначених властивостей метанолу. При цьому бензин, який містить метанол, має таку негативну властивість як схильність до розшарування при низьких температурах і наявності вологи та несумісність з гумою і пластмасами.

**Водень**, з екологічної точки зору, є ідеальним паливом, бо при його згорянні утворюється практично тільки вода. За тепловою цінністю він перевершує всі відомі види палива.

Водень найлегший елемент, навіть у рідкому стані (при температурі нижче мінус  $253 \text{ }^\circ\text{C}$ ) він приблизно в 14 разів легше води. В одиниці маси водень містить майже в 3 рази більше тепла, ніж відомі викопні палива. Відпрацьовані гази при роботі двигуна на водні не містять оксидів вуглецю,

вуглеводнів, оксидів свинцю, а оксидів азоту менше ніж при роботі на бензині.

Запаси водню на Землі практично безмежні. Головним чином це світовий океан і природні гази. Основним способом одержання водню сьогодні є парова конверсія природного газу на каталізаторах. Крім того водень одержують з вугілля і коксу в складі світильного газу, а також електролізом води. В останньому випадку велику роль у вартості водню грають місцеві ресурси електроенергії і можливості раціонального використання кисню. Витрати електроенергії на одержання 1 кг водню становлять 75 кВт-год. Дуже значні експлуатаційні витрати при транспортуванні і зберіганні водню (водень має здатність проникати через металеві стінки ємкостей).

Воднево-повітряна суміш займається в дуже широкому діапазоні концентрацій (4,0...74,0 %) і тому згоряє в циліндрі двигуна з великою швидкістю, покращуючи його робочі характеристики. При додаванні 5 % водню в паливно-повітряну суміш витрата бензину і дизельного палива двигуном зменшується на 25...30 %, стає можлива ефективна робота на збідненій робочій суміші, що дозволяє різко знизити токсичність відпрацьованих газів. Потужність двигуна при додаванні водню зростає на 20...40 % за рахунок підвищення теплоти згоряння пальної суміші.

Основні труднощі організації робочого процесу в двигуні при використанні водню пов'язані з його низькою густиною, що зменшує коефіцієнт наповнення циліндрів двигуна, і високою швидкістю поширення фронту полум'я, що створює сприятливі умови для виникнення в циліндрах детонації. Для оптимізації процесу згоряння водню використовують вприск води.

**Гідразин (діамід)** При нормальних умовах це рідина без кольору, густиною ( $1004 \text{ кг/м}^3$ ), температурою кипіння ( $100,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) і замерзання ( $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ), близька до води. Оскільки гідразин має високу температуру замерзання

доводиться використовувати його в суміші з антифризами, наприклад, аміаком і водою, що зменшує теплоту згоряння пальної суміші.

**Азотоводневі сполуки** одержують з природного газу, що робить їх енергетично не вигідним спалювати в двигунах. Крім того, при згорянні азотоводневих палив у продуктах згоряння утворюється значна кількість оксидів азоту.

**Палива на основі рослинних олій.** Оскільки рослинні олії мають близьку до дизельного палива самозаймистість і теплоту згоряння, їх пробують використовувати в дизельних двигунах. Однак, як показали дослідження дизельних двигунів із безпосереднім вприском, при роботі на рослинній олії (сойовій, бавовниковій, ріпаковій, соняшниковій) у системі паливоподачі і на стінках камери згоряння утворюються смололакові відкладення, що призводить до збільшення витрати олії і виходу з ладу двигуна. Низькі в'язкісно-температурні властивості рослинних олій також утруднюють використання їх як дизельного палива. Дослідження, які проводились у Німеччині показали, що попередній підігрів олії до 70...90 °С і розбавлення її дизельним паливом 1:1 суттєво знижує кількість цих відкладень. Розроблені і випускаються спеціальні дизельні двигуни (модернізована циліндро-поршнева група, з метою покращання сумішоутворення; піднято на 200 °С середню температуру за цикл; підігрівання олії в системі живлення), які працюють на чистій олії.

Пиловидне паливо. Внаслідок високої вартості синтетичних рідких палив з вугілля, в Німеччині, США, інших країнах розробляються двигуни, які працюють на пило-видному паливі. Основна проблема пов'язана з високою зольністю вугілля, що призводить до значних відкладень у камері згоряння і підвищеного спрацювання циліндро-поршневої групи. Конкуруючим напрямком є використання вугільного порошку у вигляді суспензії з дизельним паливом. Швейцарська фірма «Зульцер» створила конструкцію дизеля для роботи на суміші 32 %-го порошкоподібного вугілля з дизельним паливом, при цьому тонкість помолу вугілля становила 3 мкм.

## **2. Загальні відомості та класифікація газоподібних палив**

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.

У паливному балансі країни газоподібне паливо з кожним роком займає все вагомніше місце. Великі перспективи використання газу у сільському господарстві як для технологічних (опалювання теплиць, парників, сушарок, тваринницьких ферм), так і побутових потреб. В останні роки газ все ширше використовують у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ).

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 коефіцієнт 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, світільний, водяний, коксовий) дуже отруйні, тому при роботі з ними необхідно суворо дотримуватись правил технічної, особистої і протипожежної безпеки.

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 сунутий) і 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 і стиснуті. Зріджені - це 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 - це 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.);

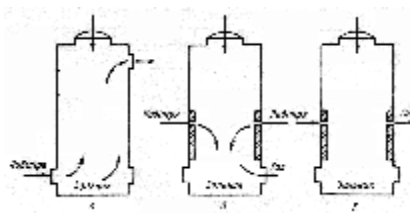
низькокалорійне, з теплотою згоряння до 10000 кДж/м<sup>3</sup> (доменний, генераторний та ін.).

### **3. Отримання та застосування газоподібного пального в ДВЗ**

Одним з найпоширеніших шляхів отримання газоподібного палива із твердого є процес газифікації

Газифікація відбувається в газогенераторах, шляхом пропускання повітря через розжарений шар твердого палива, яке знаходиться в газогенераторі.

Розрізняють такі процеси газифікації: прямий, обернений, горизонтальний (рис. 2).



**Рис. 2 Газогенератори з різними процесами газифікації палива: а- з прямим; б- з оберненим; в- з горизонтальним**

Недоліком прямого процесу газифікації є те, що генераторний газ значно забруднюється продуктами сухої перегонки (смолистими речовинами, органічними сполуками), вугільним пилом тощо.

Генераторний газ, одержаний із різних видів твердого палива, може бути використаний для роботи автотракторної техніки при відсутності рідкого і газоподібного палива та в районах, віддалених від місць переробки нафти. Для цього можна використовувати дрова, торф, деревне, буре та кам'яне вугілля, кокс і напівкокс, брикети з різних сільськогосподарських відходів (тирса, лузга тощо).

**Біогаз** відноситься до відновлювальних енергоресурсів сільськогосподарського виробництва. Одержують його шляхом анаеробної ферментації біомаси. Він містить 50...80 % метану, 50...20 % вуглекислого газу, менше 1 % сірководню та сліди аміаку. Середня теплота згоряння біогазу становить 21000...23000 кДж/м<sup>3</sup>.

Субстратом для анаеробної ферментації є відходи виробництва, а також залишки сільськогосподарських культур (силос, солома) і харчові відходи.

На практиці після тридцятидобового зброджування з 1 кг органічно речовини гною великої рогатої худоби можна одержати 200...500 л, свиней — 300...700 л біогазу. Найбільший вихід газу можна одержати з посліду курей. За добу з гною (послідом) однієї тварини (птиці) можна одержати таку кількість біогазу: велика рогата худоба - 1,5 м<sup>3</sup>; свині — 0,2 м<sup>3</sup>; кури, кролі — 0,015 м<sup>3</sup>.

Основними елементами біогазової установки є: камера бродіння (ферментатор, метантенк), опалювальний і змішувальний пристрої, газгольдер.

Залишок після ферментації використовують як органічне добриво.

#### **4. Застосування газоподібного пального в ДВЗ**

Використання газу, як палива для ДВЗ, почалось у середині ХІХ сторіччя, з появою перших газових двигунів Ленуара. Ці двигуни були недосконалі, працювали без попереднього стиску. Після появи бензинових



двигунів до газоподібного палива зверталися лише тоді, коли виникали великі труднощі з рідким паливом.

Використання газоподібного палива для ДВЗ, крім загальних переваг, має свої специфічні:

- знижується токсичність відпрацьованих газів, що при сучасній концентрації автомобілів суттєво оздоровить повітряний басейн, особливо у великих містах;

- збільшується в середньому на 35...40 % моторесурс двигуна і в 2...3 рази строк роботи моторного масла, оскільки газоповітряна суміш не змиває масляної плівки з дзеркала циліндра і не розріджує масло в картері двигуна;

- висока детонаційна стійкість газоподібного палива дозволяє підвищити ступінь стиску двигуна, а відповідно його і потужність (до 15%) і паливну економічність (до 12%);

- поліпшується розподіл пальної суміші між циліндрами.

Використання газоподібного палива в дизельних і карбюраторних двигунах має свої специфічні особливості. Так при переведенні дизельних двигунів на газоподібне паливо дещо збільшується потужність, оскільки є можливість використати багату пальну суміш, що згоряє без димлення, але одночасно погіршується паливна економічність із-за змушеного зменшення ступеня стиску (до 8...9).

Для переведення дизелів на газоподібне паливо замість дизельної паливної апаратури установлюють систему запалювання, в отвори для форсунок свічки, на впускному трубопроводі монтують змішувач з дросельним патрубком, між блоком і головкою циліндрів ставлять прокладку для зменшення ступеня тиску.

Можна в циліндр замість повітря подавати газоповітряну суміш відповідного складу, яка запалюється в результаті впорскування невеликої кількості дизельного палива, що не перевищує 10...20 % його витрати на дизельному циклі. Цей метод не потребує великого переобладнання дизеля,

крім того, при бажанні можна швидко перевести двигун (газодизель) знову на дизельне паливо.

При переведенні карбюраторних двигунів на газоподібне паливо також створюють газову модифікацію стандартного карбюраторного двигуна, обладнують його газобалонною установкою і карбюратором-змішувачем. У такому випадку зберігається можливість роботи двигуна і на бензині, і на газі. Причому на бензині двигун розвиває номінальну потужність, а на газовому паливі потужність двигуна зменшується (на 7...11% при використанні зрідженого газу і на 16...20 % - стиснутого) внаслідок зменшення наповнення циліндрів газоповітряною сумішшю, а також меншою її теплотою згоряння.)

При використанні газоподібного палива систему живлення двигуна, незалежно від її типу, обладнують газобалонною установкою. За видом газоподібного палива для ДВЗ газобалонні установки поділяють на три типи: для стиснутого природного газу, зрідженого природного газу (рідкого метану) і зрідженого пропан-бутанового газу. Всі (газобалонні установки складаються з балонів для зберігання і транспортування газу, газоподавальної і змішувальної апаратури, контрольних приладів.

## ЛЕКЦІЯ №3

### ТЕМА: ПАЛЬНЕ ДЛЯ ДВИГУНІВ З ПРИМУСОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ

#### План

1. Умови застосування і основні вимоги;
2. Умови згоряння палива;
3. Стабільність бензинів до відкладень;
4. Стандарти, сорти та марки бензинів;
5. Закордонні класифікації автомобільних бензинів.

#### 1. Умови застосування і основні вимоги.

До двигунів з примусовим запалюванням відносять поршневі і роторно-поршневі карбюраторні двигуни, двигуни з системою впорскування палива і двигуни, що працюють на газоподібному паливі. Основним рідким паливом для цих двигунів є бензин.

Бензин — це складна суміш летких ароматичних, нафтових, парафінових вуглеводнів та їх похідних з числом атомів вуглецю від 5 до 10, середньою молекулярною масою біля 100. Легкозаймиста, без кольору або жовтувата (коли без спеціальних добавок) рідина, що википає при 35...205°C.

Карбюраторні двигуни характеризуються зовнішнім сумішоутворенням. Пальна суміш утворюється в спеціальному приладі — карбюраторі. Процес сумішоутворення полягає в розпилюванні, випаровуванні, перемішуванні бензину з такою кількістю повітря, яка необхідна для його згоряння. Випаровування бензину та перемішування з повітрям відбувається і у впускному трубопроводі двигуна, а також в циліндрі під час тактів впуску і стиску. Якість перемішування бензину з повітрям визначає швидкість і повноту згоряння робочої суміші, а тим самим і економічність роботи двигуна.

Суттєвим недоліком карбюраторних двигунів є нерівномірність розподілу пальної суміші по окремих циліндрах і їх робота з різними коефіцієнтами надлишку повітря. Це супроводжується появою в продуктах згоряння оксидів вуглецю, при збагаченні суміші та оксидів азоту, при збідненні, тобто виникає підвищена токсичність відпрацьованих газів і знижується економічність роботи двигуна.

Недоліком безпосереднього впорскування палива є скорочення часу на сумішоутворення, що підвищує жорсткість роботи двигуна.

Бензини повинні відповідати всім основним вимогам до будь-якого палива, крім того, деяким специфічним:

мати хороші сумішоутворюючі властивості при роботі двигуна в різних експлуатаційних умовах, а також високу детонаційну стійкість, що забезпечує нормальне згоряння палива при різних режимах роботи двигуна.

## 2. Умови згоряння палива

Потужність і економічність роботи двигуна суттєво залежить від характеру і повноти згоряння робочої суміші, моменту початку і кінця згоряння.

Згоряння робочої суміші може бути нормальним, жаровим (в результаті самозаймання) і детонаційним.

**Нормальне згоряння.** У двигунах з примусовим запалюванням робоча суміш (стиснута до 1...1,5 МПа і нагріта теплотою стиску до 350...380 °С) займається від електричної іскри і згоряє в процесі поширення фронту полум'я по всій камері згоряння.

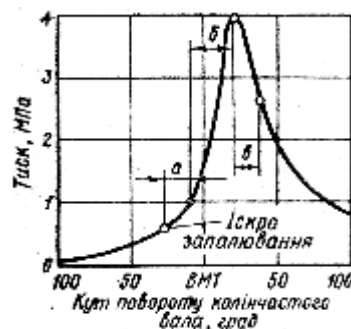


Рис. 3 Індикаторна діаграма роботи карбюраторного двигуна

При цьому виділяють три фази згоряння (рис.3): утворення осередка горіння (ділянка а), швидкого поширення фронту полум'я (ділянка б) і догоряння (ділянка в).

Перша — починається з моменту подачі іскри і закінчується в момент помітного підвищення тиску внаслідок згоряння. В цій фазі, осередок горіння, що виник між електродами свічки, поступово перетворюється в розвинутий фронт полум'я.

Друга — основна фаза швидкого поширення фронту полум'я (середня швидкість 15...80 м/с) протікає практично при незмінному об'ємі, так як поршень протягом цієї фази знаходиться біля верхньої мертвої точки. Закінчується фаза в момент досягнення максимального тиску в циліндрі двигуна.

Заключна третя фаза — процес догорання робочої суміші. Для досягнення максимальної потужності і економічності роботи двигуна точки початку і кінця другої фази повинні бути розташовані приблизно симетрично відносно верхньої мертвої точки (ВМТ).

Положення всіх фаз відносно ВМТ регулюють, змінюючи установку момента запалювання. Кут у градусах повороту колінчастого вала від моменту проскакування іскри між електродами свічки до ВМТ називають кутом випередження запалювання. Оптимальний кут випередження запалювання залежить від властивостей палива, конструктивних особливостей двигуна, режиму його роботи і для сучасних двигунів знаходиться в межах 12... 15°.

Тепер розглянемо детонаційне згоряння. Під час роботи двигуна внаслідок деяких причин (підвищеної температури, невідповідності октанового числа бензину вимогам двигуна, а також якості бензину вимогам стандарту тощо) може виникнути детонаційне (вибухове) згоряння робочої суміші або просто детонація. При детонаційному згорянні фронт полум'я поширюється зі швидкістю 1000...2300 м/с, а температура підвищується до 2500...3000 °С.

Механізм детонаційного згоряння робочої суміші до кінця ще не вивчений. Найбільше поширення набула теорія органічних пероксидів, згідно якої детонація виникає в результаті ланцюгових реакцій утворення і розщеплення вуглеводневих пероксидів під дією високих температур і тиску в робочій суміші, яка згоряє в останню чергу. При розщепленні пероксидів виділяється багато теплоти утворюються нові активні частинки.

Спочатку займання робочої суміші відбувається від іскри свічки запалювання і фронт полум'я температурою 2000...2500 °С поширюється з нормальною швидкістю. Так згоряє навіть при інтенсивній детонації, як правило, 75 % робочої суміші, а при слабкій — 95 %.

Із зростанням температури (400...450 °С) і тиску (3... 4 МПа) в частині незгорілої робочої суміші, в результаті передполум'яних реакцій, відбувається попереднє окислення вуглеводнів з утворенням пероксидних сполук. При досягненні відповідної концентрації пероксидів і активних продуктів їх розщеплення в одній ділянці зони незгорілої робочої суміші, внаслідок самозаймання, з'являється новий осередок полум'я, який поширюється з надзвуковою швидкістю назустріч фронту нормального згоряння. Різко підвищується тиск і температура внаслідок детонаційної хвилі, від якої самозаймається сусідній шар суміші, а новий детонаційний осередок, що утворився, в свою чергу, запалює наступну ділянку суміші і т.д.

Тиск у циліндрі підвищується стрибкоподібно, а потім вібруючи, зменшується при такті розширення, викликаючи характерний дзвінкий металевий стукіт внаслідок вібрації стінок і головки циліндрів від ударів в них детонаційної хвилі.

### **3. Стабільність бензинів до відкладень**

**Фізична стабільність.** Бензини містять найбільш легкокиплячі фракції вуглеводнів, тому втрати їх від випаровування більші, у порівнянні з іншими рідкими паливами. Схильність бензину до втрат від випаровування залежить від їх фракційного складу, тиску насиченої пари, компонентного складу,

проте задовільної кореляції між втратами і перерахованими показниками не має.

Найсхильніші до втрат від випаровування ті бензини, які містять бутан або бутан-бутенові фракції. Газовий бензин й ізопентан менше впливають на схильність бензину до втрат. Втрати бензинів зимового виду, приблизно у півтора рази перевищують втрати літнього при однакових умовах зберігання. Проте при правильному зберіганні і транспортуванні втрати бензину невеликі і зміна їх якості незначна.

**Хімічна стабільність.** Хімічна стабільність бензинів залежить в основному від групового хімічного складу палива і кількості ненасичених вуглеводнів. Кількісно хімічну стабільність бензинів оцінюють індукційним періодом. Чим більший індукційний період бензину, тим він стабільніший.

Підвищення хімічної стабільності бензинів досягається, як і інших продуктів, двома способами: очисткою нестабільних дистилатів і використанням спеціальних антиокис-лювальних присадок. Ефективним і економічним способом підвищення хімічної стабільності є введення антиокислювальних присадок - речовин, що здатні обривати ланцюгові реакції окислення, тим самим збільшуючи індукційний період.

**Схильність до відкладень.** Під час роботи двигуна на деталях системи живлення, у впускному трубопроводі, на стінках камери згоряння можна побачити відкладання. Кількість відкладень у впускному трубопроводі знаходиться у прямій залежності від наявності фактичних смол у бензині.

Нагар — тверді вуглецеві відкладення, що утворюються з смолистих речовин на стінках камери згоряння, впускних клапанах під дією високих температур. Нагар має дуже малу теплопровідність, тому охолодження камер згоряння погіршується, що впливає на потужність і економічність роботи двигуна. Нагар також визиває жарове запалювання. Схильність бензину до нагароутворення залежить в основному від вмісту і складу присутніх в ньому ароматичних вуглеводнів, етилової рідини і сполук сірки.

Ароматичні вуглеводні мають високу детонаційну стійкість тому, вони бажані в бензинах, але вони збільшують схильність бензину до нагароутворення. Враховуючи це, оптимальний вміст ароматичних вуглеводнів в автомобільних бензинах знаходиться в межах 40...45 %.

#### **4. Стандарти, сорти та марки бензинів**

Відповідно до ДСТУ 1.0-93 нормативні документи України по стандартизації підрозділяються на такі категорії:

- державні стандарти України ДСТУ;
- галузеві стандарти України - ГСТУ;
- стандарти науково-технічних і інженерних суспільств і союзів

України СТТУ;

- технічні умови України - ТУУ;
- стандарти підприємств - СТП.

До державних стандартів прирівнюються державні будівельні норми і правила, а також державні класифікатори техніко-економічної і соціальної інформації. Республіканські стандарти колишньої УРСР застосовуються як державні стандарти України до їхньої чи заміни скасування.

Дотепер по нафтопродуктах розроблений тільки стандарт на термінологію (ДСТУ 3437-96). Національні стандарти України на нафту, палива і методи їхнього дослідження відсутні.

Стандарт поширюється на бензини, застосовувані як паливо для карбюраторних автомобільних і мотоциклетних двигунів, а також двигунів іншого призначення. У залежності від октанового числа встановлені наступні марки автомобільних бензинів:

А-72 - неэтилированный з октановым числом по моторному методі не менш 72 (ОКП 02 5112 0401);

А-76 - неэтилированный з октановым числом по моторному методі не менш 76 (ОКП 02 5112 0501);

А-76 - этилированный з октановым числом по моторному методі не менш 76 (ОКП 02 5112 0502);



АИ-91 - неэтилированный з октановим числом по дослідницькому методі не менш 91 (ОКП 02 5112 0900);

АИ-93 - неэтилированный з октановим числом по дослідницькому методі не менш 93 (ОКП 02 51120601);

АИ-95 - неэтилированный з октановим числом по дослідницькому методі не менш 95 (ОКП 0251120300);

Автомобільні бензини підрозділяються на види:

-літній- для застосування у всіх районах, крім північних і північно-східних, у період з 1 квітня до 1 жовтня; у південних районах допускається застосовувати літній бензин протягом усіх сезонів;

-зимовий - для застосування протягом усіх сезонів у північних і північно-східних районах і інших районах з 1 жовтня по 1 квітня.

Автомобільні бензини повинні виготовлятися відповідно до вимог дійсного стандарту і по технологічній документації, затвердженої у встановленому порядку.

### **5. Закордонні класифікації автомобільних бензинів.**

У більшості промислово розвинутих країнах використовують в основному дві марки бензинів - «Преміум» з ОЧД 97...98 і «Регуляр» з ОЧД 90...94. У США, Англії і Німеччині існує ще одна марка «Супер» з ОЧД 100...101, виробництво якого не перевищує 4...6 % від загального виробництва автомобільних бензинів. У багатьох країнах використовують бензин тільки однієї марки.

Специфікацією передбачається випуск двох марок бензинів «Преміум» і «Регуляр», які залежно від показників випарності (фракційний склад і тиск, насиченої пари) поділяють на п'ять типів: С(Cold) - для холодних кліматичних умов, М(Mild) - для помірних умов, W(Warm) для теплої погоди, Н(Hot) - для жаркого клімату і Е (Extreme) - для особливо важких умов.

У країнах Європейського союзу частка бензинів «Преміум» складає 78%, а бензинів «Регуляр» - 22%, як правило вони етильовані з вмістом ТЕС

від 0,15 до 0,40 г/л бензину. Октанове число бензинів «Регуляр» може коливатися від 91 до 92. Рішенням Ради країн ЄЕС від 20.03.85 р. ЄЕС на перспективу затверджений єдиний неетильований бензин «Преміум» з ОЧД 95 (ОЧМ 85). У даний час всі моделі автомобілів переводяться на використання тільки неетильованих бензинів.

## ЛЕКЦІЯ №4

### ТЕМА: ПАЛЬНЕ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

#### План

- 1. Застосування та основні вимоги.**
- 2. Згоряння дизельного палива.**
- 3. Цетанове число дизельного палива.**
- 4. Стабільність та схильність дизельного палива до відкладень**
- 5. Асортимент палив для дизельних двигунів.**
- 6. Закордонна класифікація дизельного пального**

#### 1. Застосування та основні вимоги.

У сільському господарстві дизельні двигуни є джерелом енергії на тракторах, комбайнах, самохідних сільськогосподарських машинах, великовагових автомобілях. У перспективі планується перевести на дизельні двигуни більшість вантажних автомобілів і деякі легкові. Основна перевага дизельних двигунів - їх висока економічність, питома витрата палива на 25...30 % нижча ніж у карбюраторних двигунів. Дизельне паливо дешевше, менш вибухо- і пожежо-небезпечне у порівнянні з бензином.

Дизельне паливо - це складна суміш парафінових, нафтових, ароматичних вуглеводнів і їх похідних з числом атомів вуглецю 10...20, середньої молекулярної маси 200...250, що википають у межах 170...380°C. Прозора, більш в'язка ніж бензин, масляниста рідина від жовтуватого до світло-коричневого кольору густиною 780...860 кг/м<sup>3</sup>. Одержують дизельне паливо прямою перегонкою нафти з додаванням до 20 % продуктів каталітичного крекінгу.

Робочий процес дизельного двигуна відрізняється від робочого процесу карбюраторного двигуна тим, що сумішоутворення відбувається в кінці такту стиску за дуже короткий проміжок часу. Паливо впорскується в камеру згоряння за кілька градусів до ВМТ, де знаходиться стиснене під тиском 3,4...4,4 МПа і нагріте за рахунок цього до температури 500...800 °С повітря.

Контактуючи з повітрям, паливо випаровується, нагрівається до температури самозаймання і перемішуючись з повітрям згоряє. Цей процес продовжується всього 0,002...0,003 с, що в 10...15 разів швидше, ніж у карбюраторному двигуні.

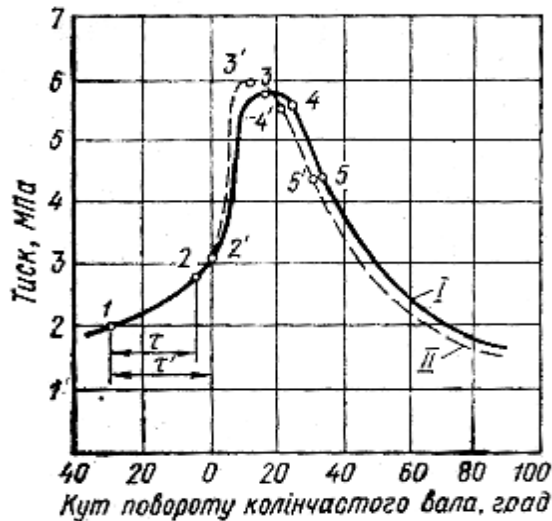
Надійна і економічна робота дизельних двигунів забезпечується за умови правильного підбору палива, установки оптимального кута випередження впорскування і коли суміш повністю згоряє під час робочого ходу. В іншому випадку збільшується димність відпрацьованих газів, зменшується потужність, зростає питома витрата палива.

Існує певна закономірність: чим більше частота обертання колінчастого вала, тим вищі вимоги до палива. Це пояснюється тим, що зі збільшенням частоти обертання зменшується час, за який повинні здійснитися процеси сумішоутворення і згоряння. Тому для забезпечення задовільного протікання підготовчих і основних процесів згоряння застосовують різні способи сумішоутворення: об'ємне, плівкове і змішане, а також паливо легкого фракційного складу.

Вимоги до дизельного палива аналогічні загальним вимогам до всіх палив, крім того, вони повинні мати добру прокачувальну здатність, особливо при низьких температурах; оптимальний фракційний склад і відповідну в'язкість, щоб забезпечувати якісне сумішоутворення і надійно змащувати деталі системи живлення; відповідну самозаймистість, яка забезпечить м'яку, бездимну і економічну роботу двигуна на різних режимах.

## **2. Згоряння дизельного палива.**

Своєчасне займання та згоряння палива обумовлюють економічність та надійність роботи дизельного двигуна.



**Рис.4 індикаторна діаграма роботи дизельного двигуна**

**I – м'яка робота; II – жорстка робота**

Процес згорання палива в дизельному двигуні можна розділити на 4 фази: період затримки займання; період швидкого горіння; період уповільненого горіння; період догорання. Період затримки займання – проміжок часу від початку впорскування (точка 1, рис. 4) до моменту займання палива (точка 2). Паливо, що впорскується в циліндр до приходу поршня в ВМТ (з випередженням) займається не миттєво, а з деяким запізненням. У цей період відбувається процес сумішоутворення та нагрівання палива. Одночасно з фізичною підготовкою палива відбуваються реакції передполуменевого окислення. Період затримки займання (точка 2) завершується займанням робочої суміші, в одному або кількох місцях, де були найсприятливіші умови для проходження перед-полумєневих реакцій. Теплота, що виділяється при утворенні перших осередків самозаймання прискорює процес займання палива, яке надходить у циліндр у період затримки займання, внаслідок чого починається бурхливе горіння, тобто фаза швидкого горіння. Ця фаза (точки 2, 3) характеризується різким зростанням температури і тиску.

Інтенсивність наростання тиску залежить від кількості палива, що надходить у циліндр за період затримки самозаймання. Чим триваліший цей період, тим більше, за інших рівних умов, 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 детонація в карбюраторних двигунах.

Режим роботи двигуна оцінюється зростанням тиску в камері згоряння на  $1^\circ$  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 0,9 МПа — дуже жорстко.

У кінці бурхливого горіння (точка 3, в якій досягається максимальний тиск) наростання тиску припиняється, швидкість згоряння знижується. Після точки 3 починається період уповільненого згоряння, закінчується подача палива, але процес згоряння продовжується. Характерним для нього є зниження тиску в циліндрі, внаслідок збільшення об'єму камери згоряння, так як поршень рухається до НМТ. Кінцем періоду уповільненого згоряння умовно приймають точку 4, коли досягається максимальна температура газів у камері згоряння. Після цього відбувається догорання залишків незгорілого палива і продуктів неповного згоряння (точки 4...5). Тривалість цього періоду впливає на температуру і димність вихлопу та залежить від фракційного складу палива і наявності в ньому смолистих речовин. Тривалість четвертої фази повинна бути найкоротшою.

Таким чином для нормальної роботи двигуна необхідно, щоб паливо самозаймалось у чітко визначений момент і потім енергійно згоряло, викликаючи інтенсивне, але достатньо плавне зростання тиску, не перевищуючи 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.

Якщо самозаймання запізнюється, то це призводить до жорсткої роботи двигуна, що нагадує детонацію в карбюраторному двигуні, але природа цих явищ зовсім протилежна, так як більшість факторів, що

визивають жорстку роботу дизельного двигуна, сприяють усуненню детонації в карбюраторному.

### **3. Цетанове число дизельного палива.**

Показник, що характеризує самозаймистість дизельного палива, називають цетановим числом, яке визначається методом порівняння займистості палива із займистістю суміші двох вуглеводнів. Суміш складається з цетану - період затримки самозаймання якого малий і його цетанове число (ЦЧ) приймають за 100 та альфаметилнафталіну період затримки самозаймання якого великий, цетанове число дорівнює 0.

Цетанове число дорівнює процентному 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: критичного ступеня стиску, запізнення самозаймання, збігу спалахів. 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 впорскуванні палива за 13° повороту колінчастого вала до ВМТ самозаймання суміші починалось рівно у ВМТ, про що повідомляють спеціальні лампочки. Потім підбирають таку суміш цетану з альфаметилнафталіном, яка при тому ж ступені стиску мала такий же період затримки самозаймання (13°). 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.

Знаючи груповий вуглеводневий склад палива визначають цетанове число за формулою:

$$\text{ЦЧ} = 0,85\text{П} + 0,1\text{Н} + 0,2\text{А}, \quad (6)$$

де П. Н. А. - вміст у паливі відповідно парафінових, нафтонових і ароматичних вуглеводнів, у відсотках за масою.

За кордоном для характеристики самозаймання дизельного палива, поряд з цетановим числом, використовують показник - дизельний індекс (ДІ). Між дизельним індексом і цетановим числом палива існує така залежність:

Дизельний індекс	20	30	40	50	62	70	80
Цетанове число	30	35	40	45	55	60	80

Цей показник нормується і у вітчизняній технічній документації на дизельне паливо, яке поставляється на експорт.

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 палива з цетановим числом 40, а взимку, для забезпечення пуску холодного двигуна, цетанове число повинно бути не менше 45.

#### **4 Стабільність та схильність дизельного палива до відкладень**

**Хімічна стабільність** дизельних палив, одержаних з малосірчистої нафти, досить висока. Навіть після зберігання протягом п'яти і більше років вони практично не змінюють своїх показників якості, в той час як дизельні палива, що містять значну кількість ненасичених вуглеводнів і меркаптанів, суттєво змінюють свої властивості за тих же умов.

**Утворення нагару і смолистих відкладень** залежить не тільки від конструктивних факторів, технічного стану і режиму роботи двигуна, але і від якості дизельного палива. На утворення відкладень впливають такі фізико-хімічні властивості палива як фракційний склад, в'язкість, наявність сірчистих сполук, смолистих речовин (фактичних смол), ненасичених вуглеводнів тощо.

Чим вище вміст сірки в паливі, тим більше нагару і лаку утворюється при його згорянні. Сірка впливає не тільки на кількість утворення нагару, а також і на його властивості, тому що сірчисті сполуки підвищують щільність нагару. Враховуючи все це, вміст сірки в дизельних паливах обмежується.



При згорянні гідроочищених палив нагароутворення знижується в 1,5...2,0 рази.

**Коксівність** - це здатність палива утворювати в умовах нагрівання (800...900 °С) без доступу повітря залишок у вигляді вугілля (коксу). Для дизельних палив коксівність залежить від їх фракційного складу, вмісту смолистих і нестабільних сполук. Коксівність (коксове число) визначають або для палива в цілому, або для 10%-го залишку після перегонки. Коксівність 10%-го залишку повинна бути не більше 0,5%.

**Зольність** - палива характеризує вміст у ньому мінерального залишку після згорання. Зола не тільки приймає участь при утворенні нагару, але і підвищує спрацювання деталей двигуна. Допустимий вміст золи в дизельних паливах 0,01-0,02 %.

Схильність палив до лакоутворення оцінюють за вмістом лаку в міліграмах на 10 мл палива, випаровуючи невелику кількість палива у спеціальному лакоутворювачі при пературі 250°С.

## **5. Асортимент палив для дизельних двигунів.**

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

**Паливо З** призначене для двох кліматичних зон: для помірної з температурою повітря не нижче мінус 20 °С і для холодної - з температурою повітря не нижче мінус 30 °С.

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

Так само як і інші марки, арктичне паливо випускають двох видів: вид І - з вмістом сірки не більше 0,2 % і вид ІІ - не більше 0,4 %.

Відповідно до стандарту в умовному позначенні літнього палива вказують граничний вміст сірки і температура спалаху, що допустимі для даного палива. Наприклад: **Паливо дизельне Л-0,2-40 ГОСТ 305—82.**

При позначенні зимових палив замість температури спалаху вказують температуру застигання, наприклад: **Паливо дизельне 3-0,2 мінус 35 ГОСТ305 - 82.**

При позначенні арктичних палив вказується тільки граничний вміст сірки, наприклад: **Паливо дизельне А-0,4 ГОСТ 305—82.**

**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°C. Випускають марок ДЛЕ і ДЗЕ.

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

## **6. Закордонна класифікація дизельного пального**

У США і деяких інших країнах технічними умовами, що діють в державному масштабі, встановлюються, як і для автомобільних бензинів, лише загальні вимоги до найбільш важливих показників дизельних палив, а конкретні вимоги до них, за всіма фізико-хімічними показниками, передбачаються специфікаціями фірм. Так державна специфікація ASTM (США) на дизельні палива встановлює граничні значення основних показників для палив трьох марок, що застосовують у дизельних двигунах різних типів.

**Паливо 1-Д** являє собою гасо-газойлеві нафтові фракції і призначено для швидкохідних дизельних двигунів, які праують з частою зміною навантаження і швидкості в широких межах, а також для двигунів, які експлуатуються при низьких температурах.

**Паливо 2-Д** - в основному газойлеві фракції - призначено для швидкохідних двигунів важких транспортних машин (тракторів), а також для

двигунів, що застосовують у промисловості і працюють з постійними швидкостями і високими навантаженнями.

**Паливо 4-D** - в'язке дистилатне паливо або суміш дистилатних і залишкових палив - призначено для тихохідних стаціонарних двигунів, а також середньохідних двигунів, які працюють тривалий час під навантаженням, в основному при постійній частоті обертання або швидкості.

Специфікацією ASTM на дизельне паливо не регламентується температура застигання, але вона повинна бути на 5,6 °C нижче температури навколишнього повітря, за винятком тих випадків, коли передбачено підігрів палива.

Специфікацією допускається порівняно високий вміст сірки в дизельному паливі - від 0,5 % для палива 1- D до 2,0 % - для палива 4-D.

Товариство автомобільних інженерів США (SAE) розробило свою специфікацію дизельних палив, яка передбачає, випуск чотирьох сортів палив для дизельних двигунів усіх видів.

**Паливо 1-го сорту** - легке дизельне паливо прямої перегонки найбільш високої якості, має малу схильність до димлення, високу стабільність, низьку корозійну активність і добрі низькотемпературні властивості. В основному це паливо відповідає паливу марки 1- D за специфікацією ASTM.

**Паливо 2-го сорту** — дизельне паливо вищої якості, призначене для найпоширеніших умов роботи двигунів, воно поступається дизельному паливу 1-го сорту за низькотемпературними властивостями.

**Паливо 3-го сорту** - дизельне паливо високої якості, але має схильність до димлення, меншу стабільність, гірші корозійні і низькотемпературні властивості. Воно дешевше і призначене для двигунів, які працюють постійно прогрітими (міжміські вантажні автомобілі, локомотиви тощо). Відповідає паливу марки 2- D за класифікацією ASTM.

**Паливо 4-го сорту** — найбільш дешеве і низької якості, рекомендується для тихохідних стаціонарних і судових двигунів. Воно відповідає паливу марки 4- D за специфікацією ASTM.

Крім специфікацій ASTM, SAE і федеральної в США існують специфікації на дизельне паливо, які враховують особливості роботи дизельних двигунів. Так, передбачена специфікація на дизельне паливо для автобусів, причому окремо для міських і міжміських; специфікації залізних доріг; специфікації гірського бюро, військового відомства. НАТО та ін.

В Англії, як і у США, крім державної специфікації BS, яка передбачає поділ палив на класи залежно від їх в'язкості, випускаються палива і за специфікаціями фірм «Shell», «British Petroleum» та ін.

Дизельні палива класів А і В - дистильовані продукти, призначені для швидкохідних двигунів. Палива класів Е, F, G, Н - залишкові продукти, призначені для стаціонарних і суднових силових установок. Паливо D - пічне, використовується для автоматичних силових установок.

## ЛЕКЦІЯ №5

### ТЕМА: ТЕРТЯ, СПРАЦЮВАННЯ ТА ВИДИ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

#### ПЛАН

1. Види тертя та види спрацювання
2. Класифікація мастильних матеріалів та вимоги до них
3. Властивості присадок, що застосовуються в маслах
4. Класифікація масел
5. Асортимент моторних масел
6. Закордона класифікація моторних масел

#### 1. Види тертя та види спрацювання

Добре відомою причиною опору відносного руху двох контактуючих тіл є тертя, на подолання якого витрачається енергія. Мірою тертя є кількість енергії, розсіяної на одиницю шляху, воно має розмірність сили й чисельно дорівнює силі тертя.

Тертя виникає в місцях стикання поверхні тіл незалежно від того, перебувають вони в русі чи в спокої. Залежно від характеру переміщення тертьових деталей розрізняють тертя спокою та тертя руху. В свою чергу останнє поділяють на тертя ковзання й тертя кочення.

**Тертя ковзання** — це тертя руху двох твердих тіл, коли швидкості тіл у точках контакту різні за величиною й напрямом, або за величиною або напрямом (тертя між вкладишем підшипника й цапфою, між поршнем та гільзою тощо).

**Тертя кочення** — це тертя руху двох твердих тіл, коли швидкості тіл у точках дотику однакові за величиною та напрямом (тертя в кулькових та роликових підшипниках).

Іноді обидва види тертя проявляються разом, коли кочення супроводжується ковзанням, наприклад у зубчастих передачах.

Залежно від наявності мастильного матеріалу розрізняють тертя без мастильного матеріалу й тертя з мастильним матеріалом.

Тертя без мастильного матеріалу має молекулярно-механічну природу. На площадках фактичного контакту поверхні діють сили молекулярного притягання, що утворюють адгезійні зв'язки. Сили адгезії прямо пропорційні площі фактичного контакту. При прикладанні тангенціальної сили, що викликає відносне ковзання двох тіл, адгезійні зв'язки руйнуються. Одночасно відбувається деформування поверхневих шарів.

У цьому випадку сила тертя  $F$  обумовлена механічною та молекулярною взаємодією:

$$F = aS_{\phi} + bP \quad (7)$$

де  $a$  — середня інтенсивність молекулярної складової сили тертя;

$S_{\phi}$  — фактична площа контакту;

$b$  — коефіцієнт, що характеризує механічну складову силу тертя;

$P$  — сила тиску.

Відношення сили тертя до сили тиску являє собою коефіцієнт тертя  $f$ :

$$f = \frac{aS_{\phi}}{P} + b \quad (8)$$

Коефіцієнт тертя без мастильного матеріалу орієнтовано складає 0,10—0,80. Тертя без мастильного матеріалу під час експлуатації машин веде до інтенсивного спрацювання, задирання поверхні тертя та заїдання механізму. Виникнення його на змащених поверхнях свідчить про те, що масло на даній ділянці перестало виконувати свої функції.

Тертя із мастильним матеріалом поділяють на тертя при граничному, рідинному та напіврідинному мащенні.

Розрізняють плівки фізичного (адсорбція), хімічного (хемосорбція) походження та граничні плівки, утворені в процесі хімічної реакції між твердими поверхнями та молекулами масла.

Утворення адсорбційних граничних плівок обумовлено наявністю в мастильних матеріалах полярних атомних груп, що утримуються на поверхні вандервальсовськими поверхневими силами.

Закон рідинного тертя базується на гідродинамічній теорії мащення, розробленій російським вченим М. П. Петровим у 1883 р. Згідно цієї теорії сила тертя при рідинному мащенні визначається такою залежністю:

$$F = h \frac{SV}{h} \quad (9)$$

де  $F$  — сила тертя при рідинному мащенні,  $H$ ;

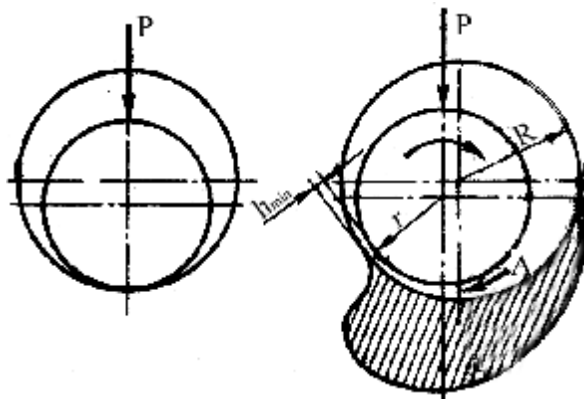
$h$  — динамічна в'язкість,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;

$S$  — площа стикання тертьових тіл,  $\text{м}^2$ ;

$V$  — швидкість взаємного переміщення тертьових поверхонь  $\text{м/с}$ ;

$h$  — товщина масляного шару,  $\text{м}$ .

Схема утворення масляного шару підшипника у режимі гідродинамічного мащення наведена на рис.5.



**Рис.5. Схема утворення масляного шару підшипника у режимі гідродинамічного мащення**

У неробочому стані вал під дією власної ваги лежить на нижній поверхні підшипника, їх розділяє гранична плівка, міцність і товщина якої залежить від полярної активності молекул, що входять у масляну рідину. По обидва боки вала утворюється клиновий серпоподібний зазор. Під час обертання вала адсорбована на його поверхні плівка масла тягне за собою наступні шари у звужену частину клиноподібного зазору, що веде до

підвищення тиску в шарі рідини. При достатній в'язкості мастильного матеріалу та окружній швидкості вала в шарі масла утворюється тиск, що перевищує навантаження на підшипник, а це забезпечує розділення поверхонь вала й підшипника. При цьому центр вала зміщується від первинного стану в бік обертання. Тиск у шарі масла підтримується насосною дією обертового вала.

Для визначення товщини масляного шару в підшипнику встановлена така залежність:

$$h_{min} = \frac{hCV}{P} \quad (10)$$

де  $C$  — коефіцієнт, що враховує конструкцію підшипника;

$P$  — навантаження на одиницю несучої поверхні підшипника.

Спрацювання — це результат процесу руйнування, виражений в одиницях довжини, об'єму, маси.

Залежно від режиму й умов розрізняють такі види спрацювання: водневе, абразивне, окислювальне, внаслідок пластичної деформації, корозійне, кавітаційне, ерозійне, корозійно-механічне, при схоплюванні та заїданні, при фретінг-корозії та ін. Характер руйнування залежить від видів взаємодіючих пар тертя (метали, полімери, мінерали тощо), типу відносного руху (ковзання, кочення, удар, вібрація та ін.).

При роботі тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин та знарядь мають місце усі види тертя та спрацювання. У різноманітних агрегатах та вузлах сільськогосподарської техніки одні види спрацювання можуть протікати окремо чи разом, один вид може переходити в інший.

Найефективнішим засобом зниження тертя й спрацювання є правильний вибір мастильних матеріалів.

## **2. Класифікація мастильних матеріалів та вимоги до них**

Надійна робота машин та механізмів в умовах впливу різноманітних факторів (температура, тиск, навантаження, швидкості відносного руху



тертьових поверхонь та ін.) забезпечується застосуванням різних видів та сортів мастильних матеріалів.

За походженням усі мастильні матеріали поділяють на нафтові чи мінеральні, органічні (рослинного або тваринного походження), синтетичні та змішані, що містять у своєму складі у різних співвідношеннях нафтовий і синтетичний компоненти.

За агрегатним станом розрізняють чотири групи мастильних матеріалів: рідкі, пластичні, тверді та газоподібні.

Звичайно під час експлуатації масло виконує одну чи кілька функцій. Тому в промисловості виробляють масла, що мають певне призначення й забезпечують у цій галузі найбільший ефект. Залежно від призначення масла поділяють на: моторні, трансмісійні, гідравлічні, індустріальні та іншого призначення.

Масла повинні мати:

оптимальні в'язкісно-температурні властивості для полегшення запуску машин та механізмів у межах температур навколишнього середовища, які потребує експлуатація; для зниження тертя й спрацювання та скорочення витрат енергоресурсів;

добру змащувальну здатність для забезпечення надійного змащення на всіх режимах роботи машин та механізмів;

необхідні антиокислювальні властивості, що забезпечують мінімальну зміну хімічного складу масла в процесі його роботи;

добрі миюче-диспергуючі властивості з метою зниження схильності до утворення різноманітного роду відкладень на нагрітих металевих поверхнях і в системі мащення (лаки, нагари, осади);

високі протикорозійні властивості по відношенню до конструкційних матеріалів, особливо кольорових металів та сплавів при робочих температурах масла;

достатні захисні властивості для запобігання металевих поверхонь від атмосферної корозії у неробочий період машин та механізмів;

стійкість до процесів випаровування, спінювання та утворення емульсій.

### **3. Властивості присадок**

В даний час присадки складають до 25% об'єму масла. Очікується, що після 2005 року їх вміст в маслах перевищить 35%. При цьому стане реальним питання створення масел, не змінних протягом всього терміну експлуатації двигуна.

#### **Антиокислювальні присадки.**

Окислення вуглеводнів протікає по механізму розгалужених ланцюгових реакцій з вимушеним розгалуженням.

Ланцюговими називають хімічні реакції, в яких поява активної частинки (вільного радикала) викликає велике число перетворень неактивних молекул. Вільні радикали, на відміну від молекул, володіють вільними ненасиченими валентностями, що призводить їх до легкої взаємодії з початковими молекулами. При взаємодії вільного радикала з молекулою відбувається розрив одного з валентних зв'язків останньої і, таким чином, утворюється новий вільний радикал, що реагує з новою молекулою. Ланцюгову реакцію, в результаті якої взаємодія однієї активної частинки з початковою молекулою приводить до утворення двох і більшого числа нових активних частинок, називають розгорнутою (Н. Н. Семенов).

Окислення істотно залежить від концентрації кисню в маслі, що окислюється. Чим більше поверхня зіткнення масла з повітрям, тим вище швидкість його дифузії в маслі і швидкість окислення. Швидкість окислення масел в тонкому шарі значно вище, ніж в об'ємі.

Сучасні уявлення про механізм дії інгібіторів окислення базуються на розглянутих вище уявленнях про окислення вуглеводнів як про ланцюговий процес, в якому зародження ланцюгів і їх розвиток йдуть з участю вільних радикалів. Вважають, що інгібітори тільки тоді можуть гальмувати окислення масел, якщо сприятимуть перетворенню радикалів в стабільні

молекули, заважаючи тим самим регенерації радикалів або затрудняючи їх утворення і накопичення в продукті, що окисляється.

### **Антикорозійні присадки і інгібітори корозії**

Корозія металів в середовищі змащувальних масел може протікати як по хімічному, так і по електрохімічному механізмам.

При безпосередній взаємодії агресивних компонентів нафтопродуктів з металами процес пошкодження їх поверхні розвивається по хімічному механізму.

Істотне підвищення корозійної агресивності змащувальних масел спостерігається при попаданні в них води. В цьому випадку процес протікає по електрохімічному механізму.

Основні задачі боротьби з хімічною корозією розв'язуються в процесі розробки змащувальних масел шляхом оптимізації складу і вибору відповідних концентрацій компонентів, базових масел і присадок. Тому непрацюючі масла звичайно не викликають пошкодження поверхонь металу. В процесі експлуатації функції антикорозійних агентів виконують інші типи присадок (антиокислювальні, гетергентно-диспергуючі та ін.), здатні запобігати утворенню корозійно-агресивних продуктів окислення або перешкоджувати шкідливому впливу кислих продуктів.

Для боротьби з електрохімічною корозією використовують маслорозчинні і н г і б і т о р и к о р о з і ї

### **Миючі-диспергуючі присадки**

Термін " Миючі-диспергуючі (детергентно- диспергуючі) присадки" склався історично і в даний час не відображає повною мірою їх функціонального призначення. Ця укорінена назва створює ілюзію того, що ці продукти володіють "очищаючою дією", тоді як функція цих присадок полягає, більшою мірою, в запобіганні утворення осадків, ніж в видаленні раніше утворених.

Під Миючі-диспергуючими властивостями присадок в даний час розуміють їх здатність запобігати накопиченню, відкладень продуктів

окислення і ущільнення масел на металевих поверхнях деталей двигуна, а також їх здатності видаляти (змивати) ті, що вже утворилися на цих поверхнях відкладення і нагар.

Існують основні властивості, якими повинні володіти Миючі-диспергуючі присадки:

- *нейтралізуючі*- обумовлюючі здібність до нейтралізації кислих продуктів, що утворюються при роботі масел в умовах високотемпературного окислення ;

- *солюбілізуючі*- обумовлюючі здатність переводити нерозчинні продукти окислення масел в колоїдний розчин;

- *диспергуючі*- обумовлюючі здібність до мимовільного або з витратою зовнішньої роботи диспергуванню відкладень, що утворилися в маслі при роботі двигуна

- *стабілізуючі*- пов'язані з сорбцією поверхнево-активних речовин, а також здатністю утримувати дисперсні частинки в маслі в зваженому стані і запобігати їх коагуляції;

- *власно-миючі*- обумовлюючі здібність молекул до адсорбції на поверхні металів з утворенням подвійного електричного шару, що володіє екрануючою дією і перешкоджаючим утворенню відкладень.

### **В'язкісні присадки.**

В'язкісними (загущаючими) називають присадки, поліпшуючі В'язкісно -температурні характеристики змащувальних масел. Як присадки цього типу в даний час використовують, головним чином, маслорозчинні *полімери і сополімери*.

Механізм дії цих присадок пов'язують із зміною форми макромолекул полімерів, розчинених в маслі. Будучи згорнутими в "клубки", макромолекули присадки не змінюють його в'язкості, а розпрямляючись, збільшують в'язкість в порівнянні з базовим маслом.

### **Депресорні присадки.**

Депресорні присадки застосовують для зниження температури застигання масел і забезпечення їх текучості при низьких температурах.

При пониженні температури масла відбувається виділення з нього кристалів висококиплячих компонентів (перш за все *n*-парафінових вуглеводнів) у вигляді голок і пластин. Останні утворюють просторові структури (каркас), що приводить до втрати рухливості масел.

### **Антипінні присадки**

Піна виникає при інтенсивному перемішуванні масла з розчиненим і диспергованим в ньому повітрям. Стійкість піни визначається властивістю масла утримувати бульбашки газу і залежить від міцності плівок, що утворюються на межі розділу "повітря -масло". Піноутворенню сприяють високі в'язкість і густина масел, низька температура, а також наявність в маслах поверхнево-активних речовин (антиокислювальні, протизадирні, антикорозійні миюче-диспергуючі та інші присадки).

Посилене піноутворення сприяє підвищеному окисленню масел, перешкоджає нормальній роботі агрегатів, порушує прокачуваність масел в системах мастила і подачу їх до мащених поверхонь.

В якості антипінних присадок можуть бути використані присадки, що мають різну хімічну природу. Найбільше розповсюдження отримали полісілоксани ; (поліметилсілоксан, полідиметилсілоксан, поліетилсілоксан).

**Присадки, поліпшуючі трибологічні властивості масел (протизадирні, протизносні, антифрикційні, припрацьовочні).**

*Протизадирні* присадки звичайно трохи знижують (а іноді навіть підвищують) знос в режимі нормального зношування, але різко знижують інтенсивність поверхневого руйнування при роботі.

До даної групи присадок можна також віднести присадки, прискорюючі процеси припрацювання пар тертя - припрацьовочні присадки. В якості останніх частіше всього використовують найбільш реакційно-здатних, що мають у наявності сірку проти-задирні присадки (розчинена або

колоїдна сірка, полісульфіди та ін.) в кількостях, що перевищують звичайно встановлені для даного класу масел норми.

Найбільш ефективними протизносними присадками є мас-маслорозчинні з'єднання фосфору, миш'яку і сурми. Практичне застосування знайшли найдоступніші і якнайменше токсичні з них з'єднання фосфору. Протизносним ефектом володіють також багато присадок, традиційно віднесені до групи антиокислювальних і у тому числі, деякі маючі в наявності азото-борові з'єднання.

Як антифрикційні присадки використовують деякі кисневмісні з'єднання, активні полярні групи, маслорозчинні, що мають молибден продукти, дисперсії в маслах твердих мастил (графіт, дисульфід молибдену, з'єднання бору).

#### **4. Класифікація моторних масел**

У наш час класифікація моторних масел регламентується ГОСТ 17479.1 - 85, згідно з яким система позначення масел включає кілька знаків: літеру «М» (моторне), цифровий індекс, що характеризує клас кінематичної в'язкості, потім ставлять літеру, що означає належність до групи за експлуатаційними властивостями.

Залежно від кінематичної в'язкості масла поділяють на такі класи в'язкості 3<sub>з</sub>, 4<sub>з</sub>, 5<sub>з</sub>, 6<sub>з</sub>, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 3<sub>з</sub>/8, 4<sub>з</sub>/6, 4<sub>з</sub>/8, 4<sub>з</sub>/10, 5<sub>з</sub>/10, 5<sub>з</sub>/12, 5<sub>з</sub>/14, 6<sub>з</sub>/10, 6<sub>з</sub>/14, 6<sub>з</sub>/16.

Для літніх класів нормують границі в'язкості при 100 °С, а для зимових - при - 18 °С. Всесезонні масла повинні одночасно задовольнити нормам в'язкості одного літнього та одного зимового класів, їх клас позначається дробом, у чисельнику й знаменнику якого вказують клас в'язкості зимового та літнього масел відповідно. Літера «з» вказує на наявність у маслі загущуючих присадок.

Залежно від рівня експлуатаційних якостей та області застосування масла поділяють на 6 груп (табл. 1).

## Групи масел та область їх застосування

Група масел	Рекомендована область застосування
1	2
А	Нефорсовані карбюраторні та дизельні двигуни
Б <sub>1</sub>	Малофорсовані карбюраторні двигуни, які працюють в умовах, що сприяють утворенню високотемпературних відкладень і корозії підшипників Малофорсовані дизелі
Б	
Б <sub>2</sub>	Середньофорсовані карбюраторні двигуни, які працюють в умовах, що сприяють окисленню масла й утворенню всіх видів відкладень
В <sub>1</sub>	
В В <sub>2</sub>	Середньофорсовані дизелі, які працюють на маслах з підвищеними антикорозійними, протиспрацьовувальними властивостями масел та низькою схильністю до утворення високотемпературних відкладень
Г <sub>1</sub> Г	Високофорсовані карбюраторні двигуни, які працюють у важких експлуатаційних умовах, сприяючих окисленню масла, утворенню всіх видів відкладень, корозії та іржавіння
Г <sub>2</sub>	
Д	Високофорсовані дизелі без наддуву або з помірним наддувом, які працюють в експлуатаційних умовах, що сприяють утворенню високотемпературних відкладень
Е	Високофорсовані дизелі з наддувом, які працюють у важких експлуатаційних умовах, або коли використане паливо вимагає застосування масла з високою нейтралізуючою здатністю, антикорозійними та протиспрацьовувальними властивостями, малою схильністю до утворення всіх видів відкладень
	Лубрикатори системи змащування циліндрів дизелів, які працюють на паливі з високим вмістом сірки

При цьому масла для карбюраторних двигунів мають індекс «1», а для дизелів — індекс «2». Універсальні масла, призначені для використання як у дизелях, так і в карбюраторних двигунах одного рівня форсування, цифрового індексу не мають.

Універсальні масла, що належать до різних груп, мають подвійне позначення, в якому перше характеризує якість масла як дизельне, друге — як карбюраторне.

Приклади позначення:

М-10-Г<sub>2</sub> — моторне масло, цифра 10, що характеризує клас в'язкості, вказує на те, що це масло має кінематичну в'язкість 9,5...10,5 мм<sup>2</sup>/с при температурі 100 °С, а індекс Г<sub>2</sub> — що це масло призначено для високофорсованих дизельних двигунів.

М-4<sub>3</sub>/8-В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub> — моторне всесезонне масло, клас в'язкості 4<sub>3</sub>/8, свідчить про те, що у нього кінематична в'язкість при — 18 °С дорівнює 1300...2600 мм<sup>2</sup>/с, а при 100 °С — 7...9,5 мм<sup>2</sup>/с. Це масло призначено для використання в середньофорсованих дизелях (В<sub>2</sub>) та у високофорсованих карбюраторних двигунах (Г<sub>1</sub>).

Після основного позначення в дужках може бути вказано додаткове, що характеризує відмітні ознаки масла, наприклад «рк» - робочо-консерваційне М-8-Г<sub>2</sub> (рк); «к» — для двигунів автомобілів КамАЗ — М-10-Г<sub>2</sub> (к); «и» — має композицію присадк — М-10-Г<sub>1</sub> (и); «м» — має в своєму складі малозольні присадки — М-10-Д (м) тощо.

## **5. Асортимент моторних масел**

Асортимент масел для сучасних карбюраторних двигунів включає в основному продукти, що відносяться до груп В<sub>1</sub> і Г<sub>1</sub>. За фізикохімічними і експлуатаційними показниками ці масла повинні відповідати сучасним вимогам і нормам.

**Масло М-4<sub>3</sub>/6-В<sub>1</sub>** одержують на базі веретенного масла з композицією присадок. Високий рівень в'язкісно-температурних властивостей забезпечує загущуюча присадка. Використовують як зимове масло для середньої



кліматичної зони та всесезонне для північної кліматичної зони з температурою холодного пуску до — 30 °С.

**Масло М-8-В** є універсальним. Одержують його з суміші дистилатного й залишкового компонентів з композицією присадок. Це масло використовують як всесезонне для середньофорсованих карбюраторних двигунів легкових і вантажних автомобілів. У середньофорсованих дизельних двигунах його використовують як зимове масло.

**Масло М-6з/10-В** одержують з використанням високоякісних базових масел АСВ-5 або АСВ-6 та ефективними композиціями присадок. Є універсальним всесезонним довгопрацюючим для середньофорсованих карбюраторних і дизельних двигунів. Високі експлуатаційні властивості масла дозволяють використовувати його із підвищенням до 15... 18 тис. км пробігом автомобіля й 500 мотогодин роботи трактора.

**Масло М-5з/10-Г<sub>1</sub>** виготовляють на основі індустріального масла з композицією миючедиспергуючих, антиокислювальної загущуючої та інших присадок фірми Lubrisol та вітчизняного виробництва. Це масло є ефективним при всесезонному застосуванні від +35 °С до — 35 °С.

**Масло М-6з/12-Г<sub>1</sub>** одержують на базі суміші мало-, середньо- і високов'язкого компонентів з композицією присадок, що забезпечують підвищені протиспрацьовувальні властивості, які включають зношення штовхачів, кулачків розподільного вала. Воно призначене для високофорсованих карбюраторних двигунів усіх типів легкових автомобілів і є всесезонним при використанні в кліматичних зонах з температурою навколишнього середовища від +40 °С до - 25 °С.

**Масло моторне М-12ТП<sub>у</sub> (ТУ-38.401862-91)** призначене для експлуатації двотактних двигунів мотоциклів, бензопил, човнів, насосів та іншої техніки. Його вводять у бензин у кількості 2 % для одержання паливнозмащувальної суміші. Застосування цього масла дозволяє вдвічі скоротити його втрату в порівнянні з іншими автотракторними маслами.

**Масла М-8-В<sub>2</sub> і М-10-В<sub>2</sub>** застосовують в автотракторних дизелях без наддуву, що експлуатуються на дизельному паливі з невеликим вмістом сірки, відповідно при експлуатації їх взимку та влітку.

**Масла для дизелів.** Сучасні дизельні двигуни характеризуються великою різноманітністю типів, конструкцій та умов експлуатації. Тому асортимент дизельних масел охоплює всі групи експлуатаційних властивостей від А до Е, передбачених класифікацією. Особливістю дизельних масел є підвищені вимоги до рівня миюче-диспергуючих та антикорозійних властивостей. Основою дизельних масел є дистилатні, залишкові або компановані базові масла селективної очистки, які одержують з малосірчистих або сірчистих нафт. У всі дизельні масла вводять багатофункціональні присадки або композиції присадок.

Науково-дослідний інститут НП «Масма» розробив і передав у виробництво нові вітчизняні сорти і марки моторних масел Галол М-2040, Славол М-3042 та ін. В основу систематизації цих масел інститутом покладено принципи класифікації країн СНД (ГОСТ 17479.1-85) і елементи класифікації інофірм.

«Славол» і «Галол» виготовляється відповідно Кременчузьким і Дрогобицьким заводами; М-моторне масло; перші дві цифри (20, 30)- клас в'язкості; цифра (4)-група масла за експлуатаційними властивостями (відповідає букві Г); остання цифра (0,2)-призначення масла (0-універсальне; 2-для дизельних двигунів).

## **6. Закордона класифікація моторних масел**

У зв'язку з розширенням міжнародних зв'язків все частіше виникає необхідність вибрати вітчизняне масло для імпортової техніки та навпаки. Відповідність вітчизняного й закордонного сортів масла встановлюють шляхом порівняння класифікаційних характеристик за класом в'язкості й рівнем експлуатаційних властивостей, позначених у марці масла-замінника, що підлягає заміні.

У США розроблена й впроваджена міжнародна класифікація моторних масел за в'язкістю товариством інженерів-автомобілістів SAE (Society of Automobile Engineers) й за умовами застосування Американським нафтовим інститутом API (American Petroleum Institute). Ці класифікації широко використовуються в багатьох країнах, причому в деяких з них вони прийняті як національний стандарт.

Остання редакція класифікації моторних масел по в'язкості американського Суспільства інженерів-автомобілістів (SAE) була затверджена в квітні 1997 року. Відповідно до SAE J 300 моторні масла підрозділяються на 11 класів в'язкості: шести зимових (0W - 25 W) і восьми літніх (20 - 60).

Для всесезонних моторних масел прийнято подвійне номерне позначення (наприклад, 5 W - 30, 15 W -40, 20 W -50 і т.п.), причому перша цифра позначає відповідність зимовому класу в'язкості по низькотемпературних властивостях, а друга - відповідність літньому класу по високотемпературних (табл.2).

Таблиця 2

## Приблизна відповідність класів в'язкості моторних мастил ГОСТ і SAE

Клас в'язкості по ГОСТ	Кінематична в'язкість при 100 °С, сСТ	Клас в'язкості по SAE	Кінематична в'язкість при 100°С, сСТ
1	2	3	4
Сезонні масла			
-	-	0W	>3.8
33	>3,8	5W	>3,8
43	>4.1	10W	>4.1
53	>5,6	15W	>5.6
63	>5.6	20W	>5,6
-	-	25W	^9.3
6	5,6-7.0	20	5.6-9.3
8	7.0-9.3	20	5,6-9.3
10	9.3-11.5	30	9,3-12.5
12	11.5-12,5	30	9,3-12,5
14	12.5-14.5	40	12.5-16.3
16	14.5-16.3	40	12.5-16.3
20	16,3-21.9	50	16,3-21,9
24	21,9-26,1	60	22,0-26,1
Все сезонні масла			
33/8	7.0-9,3	5W-20	5,6-9,3
	5.6-7.0	10W-20	5.6-9,3
43/8	7.0-9.3	10W-20	5,6-9,3
43/10	9,3-11.5	10W-30	9,3-12,5
53/10	9.3-11.5	15W-30	16,3-21,9
53/12	11,5-12,5	15W-30	9,3-12,5
53/14	12.5-14,5	15W-40	12.5-16.3
63/10	9,5-11,5	20W-30	9,3-12.5
63/14	12,5-14.5	20W-40	12,5-16,3
63/16	14,5-16,3	20W-40	12,5-16,3

## ЛЕКЦІЯ №6

### ТЕМА: ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ МАСЕЛ

#### ПЛАН

- 1. Умови роботи масел в трансмісіях та основні вимоги.**
- 2. Класифікація трансмісійних масел.**
- 3. Пластичні змащувальні матеріали.**
- 4. Масла для гідравлічних систем.**

#### **1. Умови роботи масел в трансмісіях та основні вимоги.**

Трансмісійні масла призначені для змащування зубчастих передач, підшипників та інших деталей тракторів, автомобілів й сільськогосподарських машин.

Специфічні умови, в яких працює трансмісійне масло, характеризуються трьома основними особливостями: високими питомими контактними навантаженнями в зоні зачеплення шестеренчастих передач, підвищеними швидкостями відносного ковзання тертьових поверхонь зубів та широким інтервалом робочих температур.

В агрегатах трансмісій автотракторної та сільськогосподарської техніки середньоексплуатаційна температура найімовірніша температура, що встановилась за час роботи трансмісії, складає 60...90 °С.

При обкатці та деяких важких режимах роботи машин, наприклад при буксировці, температура масла підвищується до 120 °С. Фактична температура масла в зоні контакту зубів шестерен значно вище температури масла в об'ємі на 150...250 °С. Помітно впливає на температуру швидкість ковзання на поверхні зубів у зоні їх контакту та в'язкість масла.

Швидкості ковзання та питомі тиски на поверхні зубів шестерен є важливими характеристиками, що визначають можливість застосування масла в шестеренчастій передачі. При збільшенні навантаження змащувальна

плівка, що розділяє поверхні тертя, може руйнуватися, що веде до безпосереднього контакту металевих поверхонь, їх заїданню та катастрофічного спрацювання. Із збільшенням швидкості ковзання, навантаження, при якому починається заїдання, знижуються.

Фактичні швидкості ковзання в циліндричних та конічних передачах складають на вході в зачеплення 1,5...3,0 м/с у деяких агрегатах вони досягають 9...12 м/с. Для гіпоїдних передач швидкості ковзання складають 15 м/с, а для черв'ячних редукторів на лінії зачеплення — 20...25 м/с.

Внаслідок лінійного контакту зубів шестерень на їх поверхні виникають високі питомі навантаження, що утруднюють здійснення гідродинамічного мащення. Напруженість зубчастих передач залежить від їх типів та взаємного розташування осей. У циліндричних, конічних і черв'ячних передачах питомі навантаження в полюсі зачеплення складають звичайно 500...1500 МПа, досягаючи в деяких випадках 2000 МПа. У гіпоїдних передачах вони в 2 рази вище. Під впливом таких навантажень в'язкість масла в зоні контакту різко зростає й умови для гідродинамічного мащення погіршуються.

Виходячи з особливостей умов роботи змащувальних матеріалів у сучасних трансмісіях, загальною для всіх трансмісійних масел є вимога надійно і протягом заданого ресурсу роботи розділяти контактуючі зуби шестерен і охороняти поверхні тертя від зносу, пітингу (тріщини від динамічних навантажень), заїдання та інших пошкоджень, а також знижувати до мінімуму втрати на тертя. Крім того, масло повинно відводити тепло від поверхонь тертя, знижувати дію ударних навантажень, шум та вібрацію шестерен, сполучень та вузлів силових передач.

## **2. Класифікація трансмісійних масел.**

Залежно від експлуатаційних властивостей та рекомендованих галузей застосування масла для трансмісій автомобілів, тракторів та іншої мобільної техніки віднесені до 5 груп (табл.3)

Таблиця 3

## Класифікація трансмісійних масел за експлуатаційними властивостями

Група масла	Склад масел	Рекомендована область застосування
1	2	3
ТМ-1	Нафтові (мінеральні) масла без присадок	Циліндричні, конічні та черв'ячні передачі, що працюють при контактних напруженнях від 900 до 1600 МПа та температурі масла в об'ємі до 90 °С Те ж, при контактних напруженнях до 2,100 МПа та температур масла в об'ємі до 130 °С Циліндричні, конічні, спіральсько-конічні та гіпоїдні
ТМ-2	Мінеральні масла з протиспрацьовувальними присадками	
ТМ-3	Мінеральні масла з протизадирними присадками помірної ефективності	
ТМ-4	Мінеральні масла з протизадирними присадками високої ефективності	передачі, що працюють при контактних напруженнях до 2500 МПа і температурі масла в об'ємі до 150 °С Циліндричні, спіральськоконічні і гіпоїдні передачі, що працюють при контактних напруженнях до 3000 МПа і температурі масла в об'ємі до 150 °С
ТМ-5	Мінеральні масла з протизадирними присадками високої ефективності й багатфункціональної дії, а також універсальні масла	гіпоїдні передачі, що працюють з ударними навантаженнями при контактному тиску більш 3000 МПа і температурі масла в об'ємі до 150 °С

Згідно з ГОСТ 17479.2—85 передбачена також система позначень (маркування) масел для трансмісій. Трансмісійні масла маркують групою знаків, перша з яких позначається літерами ТМ (трансмісійне масло); друга група знаків позначається цифрами й характеризує належність до тієї чи іншої групи за експлуатаційними властивостями; третя — позначається цифрами, що характеризують клас в'язкості при температурі 100 °С. При наявності загущуючої присадки додатково вказують індекс «з».

Наприклад, масло ТМ-3-18 означає: трансмісійне масло 3-ої експлуатаційної групи (з протизадирними присадками помірної ефективності) класу в'язкості 18 при 100 °С. У позначенні трансмісійного

масла ТМ-5-12 (рк) абрєвіатура (рк) означає, що воно одночасно є робочоконсерваційним.

Відповідність класифікації трансмісійних масел ГОСТ 17479,2—85 продуктам діючого асортименту, що випускаються нафтопереробними підприємствами за різними нормативно-технічними документами наведена в табл. 4

Таблиця 4

Асортимент трансмісійних масел

Позначення за ГОСТ 17479.2-85	Прийняте позначення
1	2
ТМ 1-8	ТС-14,5
ТМ-1-18	АК-15
ТМ-2-9	ТСп-10ЭФО
ТМ-2-18	ТЭп-15
ТМ-2-34	ТС
ТМ-3-9	ТСп-10
ТМ-3-18	ТСп15К, ТАП-15В
ТМ-5-9	ТСз-9гип
ТМ-5-34	ТСгип
ТМ-5-12з(рк)	ТМ-5-12рк

### 3. Пластичні змащувальні матеріали.

Промисловість випускає широкий асортимент пластичних мастил різноманітного призначення, які відрізняються складом і властивостями. Відповідно до ГОСТ 23258-78 «Мастила пластичні. Найменування і позначення» класифікаційне позначення мастил складається з 5 літерних й цифрових індексів, розташованих у порядку, який вказує: групу (підгрупу) відповідно до призначення; загусник; рекомендований (умовний) температурний інтервал застосування; дисперсійне середовище; консистенцію мастила.

Згідно з вказаним стандартом за призначенням пластичні мастила поділяють на 4 групи — антифрикційні, консерваційні, канатні і ущільнювальні.



Антифрикційні мастила призначені для зниження тертя й спрацьовування тертьових деталей. У свою чергу їх ділять на 12 підгруп, що позначають індексами:

С — загального призначення (солідоли) для звичайних температур (до 70°C);

О — загального призначення для підвищених температур (до 110 °С);

М — багатоцільові, роботоздатні від —30 °С до 130 °С в умовах підвищеної вологості;

Т — термостійкі для робочих температур 150 °С й вище;

Н — морозостійкі, роботоздатні нижче -40 °С;

И — протизадирні й протиспрацьовувальні, призначені для підшипників кочення при контактних напруженнях вище 2500 МПа й підшипників ковзання — вище 150 МПа;

Х-хімічно стійкі для вузлів тертя, контактуючих з агресивними середовищами;

П — приладові для вузлів тертя приладів і точних механізмів;

Т — редукторні (трансмісійні);

Д — приробіткові (дисульфідмолібденові, графітні та інші пасти) для полегшення складання, запобігання задирам і прискоренню приробітку;

У — вузькоспеціалізовані (галузеві);

Б — брикетні для тертьових поверхонь з використанням мастил у вигляді брикетів.

Група консерваційних мастил, що позначена індексом 3, призначена для запобігання корозії металевих поверхонь під час зберігання, транспортування й експлуатації.

Канатні мастила мають індекс К, їх використовують для запобігання спрацьовуванню й корозії сталевих канатів.

Ущільнювальні мастила призначені для герметизації зазорів; полегшення складання й розбирання арматури; сальникових пристроїв; різьбових, роз'ємних й рухомих з'єднань. Цей вид мастила позначається

індексами: А — арматурні для використання в арматурах і сальникових пристроях; Р — різьбові; В — вакуумні для рухомих та роз'ємних з'єднань вакуумних систем.

Загусник позначається першими двома літерами металу, який входить до складу мастила: Ка — кальцієве; На — натрієве; „Ли — літієве. Ли-Ка — змішане літієво-кальцієве тощо.

Приклад класифікаційного позначення літієвого мастила Литол 24: МЛи 4/13-3 — це мастило антифрикційне, багатоцільове (М) загущене літієвим милом (Ли), роботоздатне при температурах від —40 °С до +130 °С (4/13). Відсутність індексу дисперсійного середовища вказує, що мастило виготовлене на нафтовій основі. Остання цифра 3 характеризує консистенцію мастила.

#### **4. Масла для гідравлічних систем.**

Основною функцією гідравлічного масла є передача механічної енергії від її джерела до виконавчих органів із забезпеченням зміни величини або напряму докладеної сили. Одночасно воно є змашувальним та охолоджуючим середовищем для третьових поверхонь гідропривода.

Згідно ГОСТ 17479.3 – 85 передбачена також система позначень гідравлічних масел, яка складається із знаків, перший з яких позначається літерами МГ — мінеральне гідравлічне, далі вказують клас в'язкості й належність до групи за експлуатаційними властивостями.

Наприклад, МГ-15-В— масло мінеральне гідравлічне (МГ), цифра 15, що характеризує клас в'язкості, вказує на те, що це масло має кінематичну в'язкість 13,5... 16,5 мм<sup>2</sup>/с при температурі 40 °С, за експлуатаційними властивостями відповідає групі В.

Таблиця 5

Позначення гідравлічних масел

ГОСТ 17479. 3—85	НТД
1	2
МГ-22-А	АУ (ТУ 38 1011232-89)

1	2
МГ-32-А	ЕШ (ГОСТ 10363—78)
МГ-10-Б	РМЦ (ГОСТ 15819—70)
МГ-15-Б	АМГ-10 (ГОСТ 6794—75)
МГ-22-Б	АУП (ОСТ 38 01364-84)
МГ-46-Б	МГ-30 (ТУ 38 10150-79)
МГ-15-В	ВМГЗ (ТУ 38 101479-74)
МГ-15-В	МГЕ-10А (ОСТ 38 01281-82)
МГ-22-В	Р (ТУ 3810П79-71)
МГ-46-В	МГЕ-46В (МГ-30у) (ТУ 38 001347-83)
МГ-68-В	МГ-8А (М-8А) (ТУ 38 1011135-87)

## ЛІТЕРАТУРА

1. Окоча А. І., Антипенко А.М. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали. – К.: Урожай, 1996. – 336с.
2. Ільченко В. Ю. Використання паливно-мастильних матеріалів в аграрному виробництві. – Дніпропетровськ.: 1994. – 90с.
3. Руденко А. И. Нефтехозяйство колхозов и совхозов. – М.: Колос, 1975. – 224с.
4. Лышко Г. П. Топливо и смазочные материалы. – М.: Агропромизат, 1985. – 336с.
5. Караулов А. К., Худолий Н. Н. Автомобильные масла. Моторные и трансмиссионные. Ассортимент и применение: Справ. – К.:”Журнал” Радуга”, 2000. – 436с.
6. Справочник по применению топлива и смазочных материалов / Е. С. Мельников, В. Н. Дашков, Н. Ф. Капустин и др.; Под ред. М. М. Севернева. – Минск: Ураджай, 1989. – 256с.