

# Лекції з ВЕМ та РАТ

## Зміст

ЛЕКЦІЯ №1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА І РОЛЬ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ .....	2
Питання 1. Характеристика і роль паливно-енергетичних ресурсів у сільському господарстві України. ....	2
Питання 2. Нафта – основне джерело отримання палив і масел (самостійно).....	4
Питання 3. Паливо для бензинових двигунів (частина 1) .....	7
ЛЕКЦІЯ № 2 ПАЛИВО ДЛЯ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ (частина II). ....	16
<i>Сутність процесів займання та згоряння палив.</i> .....	16
Питання 1. Сутність процесів займання та згоряння палив. Нормальне та детонаційне згоряння. ...	18
Питання 2. Оцінка детонаційної стійкості бензинів та методи її підвищення. Види антидетонаторів. ....	24
Питання 3. Сучасні стандарти та марки автомобільних бензинів. ....	26
ЛЕКЦІЯ № 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА.....	29
Питання 1. Умови роботи дизельного двигуна, вимоги до дизельного палива. ....	29
Питання 2. Основні показники дизельного палива (густина, в'язкість, фракційний та хімічний склад). ....	32
Питання 3. Індикаторна діаграма дизельного двигуна. Цетанове число (ЦЧ). Метод визначення. ...	38
Питання 4. Стандарти та марки дизельних палив в Україні. Альтернативні палива для ДВЗ. ....	47
ЛЕКЦІЯ № 4. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИКОРИСТАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	52
Питання 1. Стан проблеми. Поняття про тертя та зношування деталей. ....	52
Питання 2. Функції і експлуатаційні вимоги до класифікацій мастильних матеріалів. ....	56
Питання 3. Призначення присадок, вимоги до них, їх класифікація. Призначення і види присадок до масел. ....	58
ЛЕКЦІЯ № 5 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИКОРИСТАННЯ МОТОРНИХ МАСЕЛ.....	66
Питання 1. Умови роботи та вимоги до моторних масел. ....	66
Питання 2. Основні показники якості моторних масел. Зміна якості масла в процесі роботи двигуна .....	68
Питання 3. Міжнародна та вітчизняна класифікація моторних масел. ....	75
ЛЕКЦІЯ № 6 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ І ГІДРАВЛІЧНИХ МАСЕЛ .....	82
Питання 1. Умови роботи, функції, вимоги до трансмісійних масел.....	82
Питання 2. Класифікація та марки трансмісійних масел. ....	85
Питання 3. Експлуатаційні вимоги та класифікації гідравлічних масел. ....	90
ЛЕКЦІЯ 7,8. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ, СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ РІДИН І МАТЕРІАЛІВ. ....	94
Питання 1. Загальні відомості, призначення і експлуатаційні вимоги до пластичних мастил. ....	94
Питання 2. Основні показники (якості) пластичних мастил. ....	98
Питання 3. Класифікація, позначення, марки та асортимент пластичних мастил, які використовуються у сільському господарстві.....	101
Питання 4. Експлуатаційні властивості та застосування спеціальних технічних рідин та матеріалів. ....	104

# ЛЕКЦІЯ №1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА І РОЛЬ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ

Питання, які підлягають розгляду.

1. Стан проблеми, мета та задачі дисципліни.
2. Нафта – основне джерело отримання нафтопродуктів. Класифікація нафтопродуктів. Наука хімотологія (самостійно).
3. Паливо для бензинових двигунів.(частина 1)

## Питання 1. Характеристика і роль паливно-енергетичних ресурсів у сільському господарстві України.

Стан проблеми, мета та задачі дисципліни.

Сучасне сільськогосподарське виробництво України витрачає близько 40...50% нафтопродуктів від загальної кількості, що використовуються у народному господарстві. Тільки рослинництво з урахуванням транспортних робіт витрачає десь до 80%, автотранспорт 60% від загального.

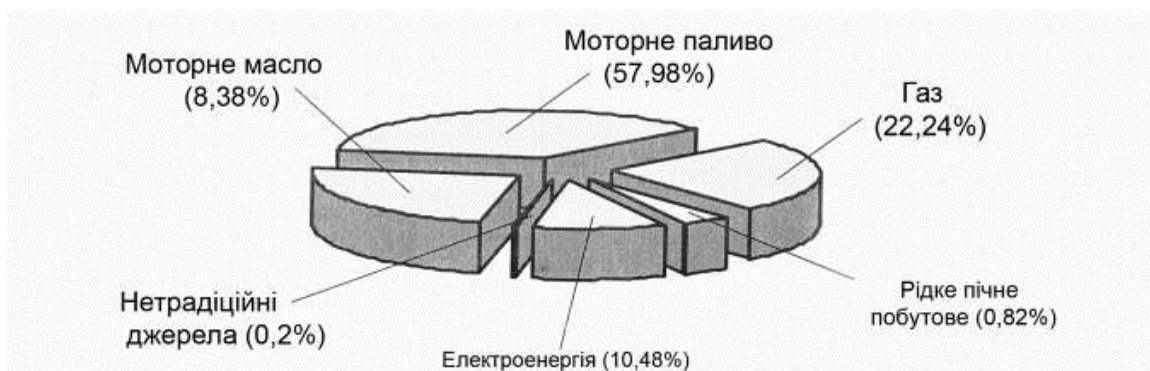


Рис.1 Структура енергоносіїв у сільськогосподарському виробництві.

Склад і властивості нафти залежать від родовища і можуть мати різні складові. У нафті утримується 82...87% вуглецю, 10...14% водню і до 0,5...5,0% (сумарно) інших елементів (сірка кисень і азот). Нафта може мати густину від 0,65 до 1,05 кг/см<sup>3</sup>, температуру застигання від плюс 26 до мінус 60 °С, температуру спалаху - нижче 0 °С, температуру самозаймання - вище 500 °С і теплоту згоряння 43,7...46,2 МДж/кг.

Україна – нафтовидобуваюча країна. Промисловий видобуток нафти розпочався наприкінці XVIII сторіччя. Як свідчить геологорозвідка, Україна має власні ресурси нафти – 8417,8 млн.т умовного палива, з них нафта – 1325,7 млн. т. (15,7%), газовий конденсат – 380,5 млн.т (4,5%), газ вільний – 6435,7 млн. т (76,5%), газ розчинений – 275,9 млрд. м<sup>3</sup> (3,3%). Видобуток здійснюється у трьох

нафтогазоносних районах – Прикарпатському, Дніпровсько-Донецькому і Причорноморському.

Україна відноситься до числа країн, у яких власний видобуток нафти не забезпечує потреби промисловості. Власні нафтові ресурси задовольняють потребу внутрішнього ринку лише на 11%, з природного газу – на 22%. Основна частина нафти для нафтопереробної промисловості імпортується. Постачанням нафти на Україну займається близько 400 фірм. Основна частина сирової нафти надходить з Росії і Казахстану (75 і 13 відсотків відповідно). Окремі партії нафти поставляються з інших країн (Туркменістан, Узбекистан та ін.).

Від якості, вірного вибору та вмілого використання нафтопродуктів залежать не тільки їх витрати, але й технічний стан сільськогосподарської техніки та нафтокладського обладнання, ефективність роботи та використання, витрати праці. Встановлено, що у загальній вартості тракторних робіт на частку нафтопродуктів припадає більш 45,0...50% усіх витрат.

Тому, раціональне використання паливно-мастильних матеріалів забезпечує зниження витрат на виробництво сільськогосподарської продукції, що є завданням державної ваги.

Згідно міжнародного стандарту ISO 8681 (International Organization for Standardization – Міжнародна організація зі стандартизації), усі нафтопродукти класифікують на п'ять основних класів по буквеним індексам (табл. 1.1) .

Клас	Продукт
F	Палива
L	Змащувальні матеріали, індустріальні масла і ридинні продукти
W	Парафіни
B	Бітуми
S	Розчинники та сировина для хімічної промисловості

Таблиця 1.1 Класифікація нафтопродуктів згідно ISO 8681

Метою дисципліни є - отримання теоретичних знань про властивості нафтопродуктів та їх вплив на техніко-економічні і експлуатаційні показники машин.

Задачами дисципліни є знання:

- 1.Фізико-хімічного складу ПММ.
- 2.Основних показників якості нафтопродуктів.

- 3. Існуючих марок нафтопродуктів та область їх застосування в залежності від типу двигуна та сезонності.
- 4. Шляхів раціонального та економного використання ПММ.
- 5. Безпеки і захист навколишнього середовища.

Нафта - горюча масляниста рідина, що добувається з надр землі, від темно-бурого до ясно-жовтого кольору з характерним запахом. Нафта - суміш рідких вуглеводнів, атоми вуглецю яких складають основу складних молекул, з'єднаних з воднем і між собою у ланцюгові, кільцеві, гіллясті та інші форми (парафінові, нафтеніві і ароматичні), у якій розчинені газоподібні і тверді вуглеводні. У невеликих кількостях містить сірчисті та азотисті з'єднання, органічні кислоти і деякі інші хімічні сполуки.

## **Питання 2. Нафта – основне джерело отримання палив і масел (самостійно)**

Нафта, що добувається на промислах, містить розчинені гази, механічні домішки у виді піску і глини (до 1,5 %), воду (до 50% і більш), солі (від 0,0001 до 10 г/дм<sup>3</sup>). У нафту можуть попадати компоненти технологічних засобів, які застосовуються для збільшення нафтовіддачі шарів, запобігання корозії устаткування, відкладення парафінів і солей, поразки нафти мікроорганізмами та ін. Для забезпечення необхідної якості нафти для її подальшого транспортування і переробки на промислах проводиться її підготовка (стабілізація, зневоднювання, знесолення та ін.). Якість нафти для нафтопереробних підприємств повинна відповідати вимогам стандартів і технічних умов, що обумовлюються у контрактах на поставку продукції. Основні вимоги до якості нафти керуються ГОСТ 9965-76.

Стандарт поширюється на нафту, що поставляється нафтопереробним підприємствам та призначена для переробки. У залежності від ступеня підготовки, стандартом встановлені 1, 2 і 3 групи нафти.

У залежності від масової частки сірки, нафти підрозділяються на три класи:

- 1 – малосірчисті (до 0,60%);
- 2 - сірчисті (від 0,61 до 1,80%);
- 3 - багатосірчасті (більш 1,80%).

У залежності від густини при 20 °С, кожен клас нафти підрозділяється на три типи:

- 1 - легкі (до 850 кг/м<sup>3</sup>);

2 - середні (від 851 до 885 кг/м<sup>3</sup>);

3 - важкі (більш 885 кг/м<sup>3</sup>).

### ***Хімічний склад нафти, його вплив на властивості нафтопродуктів***

Груповий склад визначається вуглеводнями, які входять до складу нафти, основними з яких є: парафінові (насичені, граничні, алкани) із загальною структурною формулою  $C_n H_{2n+2}$ ; нафтеніві (поліметиленові, циклани) із загальною структурною формулою  $C_n H_{2n}$  і ароматичні (бензолні, арени) із загальною структурною формулою  $C_n H_{2n-6}$ .

Властивості вуглеводнів кожної групи визначаються структурою молекул та їх молярною масою. З ростом молярної маси збільшуються густина, в'язкість, температура плавлення і кипіння вуглеводнів.

У залежності від вмісту у нафті трьох основних груп вуглеводнів - парафінових, нафтенівих і ароматичних - розрізняють метанові, метаново-нафтеніві, нафтеніві, нафтенно-ароматичні та ароматичні нафти.

Паливо – це горюча речовина (основна складова частина якого – вуглець), що здатна до виділення ймовірно більшої кількості тепла, розвиваючи при цьому високу температуру. Крім того, паливо при згорянні не повинне виділяти токсичних сполук. Таким чином, до палива можна віднести не усі речовини, які здатні горіти. Паливо може знаходитися у надрах землі у готовому виді або бути отримане штучно.

Палива, в свою чергу, підрозділяють по чотирьом загальним признакам на групи, сорт, марки і види:

1. По походженню – на природні і штучні;
2. По хімічному складу – на вуглеводні і не вуглеводні;
3. По агрегатному стану – на газообразні, рідкі й тверді (табл. 1.2)

<b>Паливо</b>	<b>Природне</b>	<b>Штучне</b>
Тверде	Викопні вугілля, горючі сланці, торф, деревина, відходи сільського господарства	Кам'яновугільний кокс, деревне вугілля, торф'яний кокс, напівкокс, брикети, пилоподібне паливо
Рідке	Нафта	Бензин, газ, дизельне паливо, смоли сухої перегонки твердого палива, бензол, спирти.

Газоподібне	Гази природні і супутні при видобутку нафти й інших копалин	Світильний, коксовий, крекінговий, доменний, генераторний, водяник, змішаний, газы нафтопереробних заводів
-------------	---	--

Таблиця 1.2 Основні види палива

4. Від області застосування (табл. 1.3).

Група палива	Підгрупа палива	Позначення марок палива
Бензин	Авіаційний	Б
	Автомобільний	А
Газотурбінне	Реактивне	Р
	Для судових і стаціонарних енергетичних установок (судове)	Г
Дизельне	Для швидкохідних дизелів (дистилятне)	Д, З
	Для середньо оборотних і мало оборотних дизелів (сумішеве)	ДТ
Мазут	Флотський	Ф
	Топковий	М
	Мартенівський	МП
Побутове	Пічне	П
	Керосин	К

Таблиця 1.3 Класифікація палив по ГОСТ 4.25-83

Використання ПМіЕМ за їх функціональним призначенням надані на рис. 2.



Рис. 2. Функціональне використання ПМіЕМ.

**Хімотологія** – наука про експлуатаційні властивості, якість і раціональне використання в техніці палив, масел, мастил та спеціальних рідин.

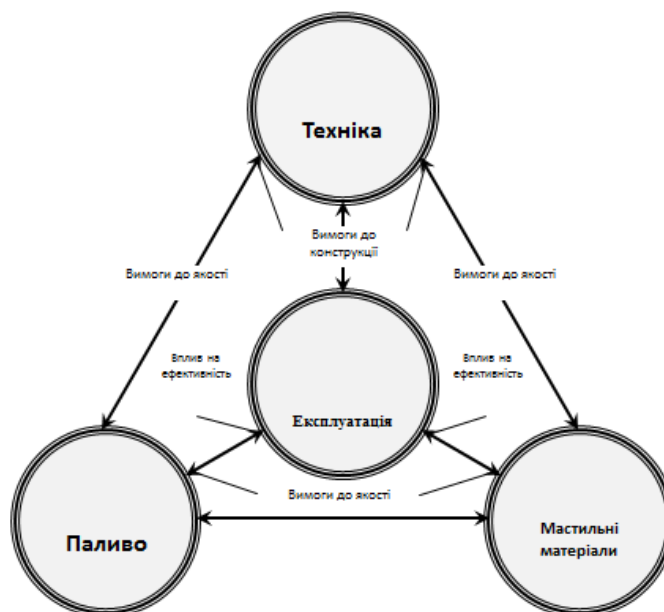


Рис.3. Універсальна хімотологічна система використання ПМіЕМ.

### **Питання 3. Паливо для бензинових двигунів (частина 1)**

Великі нафтопереробні підприємства, як правило, випускають якісне паливо. Для виробництва сурогату їм довелося б серйозно перенастроювати устаткування. До того ж такі заводи працюють під пильним наглядом контролюючих органів. Псування ж палива відбувається на його шляху до споживача. Найпоширеніший варіант фальсифікації пов'язаний з доведенням за допомогою різноманітних добавок низько-октанового сировини до рівня товарного бензину. За рахунок своєї простоти і високої економічної рентабельності цей спосіб користується великою популярністю у тіньових власників.

Отриманий з його допомогою сурогат за своїми експлуатаційними якостями сильно відрізняється від стандартного палива і шкідливий для автомобіля будь-якої сучасної марки будь то вітчизняна чи імпортна. Його головною вражаючим фактором, який є майже завжди при використанні підробленого бензину, - сильна детонація, що руйнує метал і яка веде до перегріву двигуна. **Крім того, негативний вплив на паливну систему і двигун автомобіля надають самі присадки.** Багато хто з них відверто небезпечні. Причому кожна по-своєму впливає на ваш toyota landeruiser або mirtsubishi lancer. Часто використовувані завдяки своїй дешевизні **ферроцена - хімікати, 50 мг яких здатні перетворити 1 л 92-го в 95-ий, в кілька разів**

**скорочують життя свічок.** Серйозні пошкодження вони завдають і елементам екологічної системи.

Багато **присадки містять надлишок заліза.** Воно згубно впливає **на свічки, деталі паливної та екологічної систем.** Дуже серйозні наслідки можуть бути викликані застосуванням різних смолистих сполук, через які відбувається закоксовка поршнів і кілець, клапанів (рис.4,5,6)

Але навіть якщо АЗС не мухлює з присадками - це ще не гарантує безпеки проданого на ній палива. Іноді причиною виходу автомобіля з ладу стає елементарна неакуратність заправників. Через брудні баки бензовозів або під час заливки резервуарів в паливо потрапляють пил, земля, пластівці іржі та інше сміття. Найчастіше саме вони стають причиною поломки паливної системи.

Хоча причин, що викликали швидке "вмирання" свічок, може бути маса, після зняття дефектної деталі діагностувати неякісний бензин не варто праці: вона буде покрита **рівним нагаром червоного кольору - явною ознакою достатку заліза в паливі.** Причому пошкоджені зазвичай виявляється не тільки перестала працювати свічка, але і всі інші: на них так само буде видно червонуватий наліт. Іноді при занадто довгій їзді на поганому бензині залишаються ще й сліди детонаційної ерозії на електродах - вона виглядає так, ніби їх з'їла іржа, поверхня контактів стає нерівною і шорсткою на дотик.



Рис. 4 Вплив наявності в бензині заліза, або інших металовмісних присадок.

**Знос і нагароутворення клапанів.**





Рис. 6 Нагароутворення на клапанах

Другим за частотою проявом підробленого бензину стає передчасний **вихід з ладу свічок запалювання**. Найбільше подібним несправностей схильні європейські та американські авто. Як правило, в цьому випадку клієнт звертається в сервіс зі стандартними скаргами, що свідчать про перебої у функціонуванні одного (рідше - кількох) циліндрів: нерівна робота двигуна, "рвані" холості ривки, у тому числі при русі з постійною швидкістю, поганий пуск і підвищений витрата палива.

Найпоширенішою ознакою підробленого бензину є детонаційні стуки. Які приводять до руйнування поршневих кілець, розбиванню гнізд клапанів. За словами автослюсарів, у 80% випадків вони виникають саме внаслідок невдалої заправки. Їх поява звичайно **пов'язана з використанням бензину, що має октанове число нижче ніж треба.**



Рис. 5 Знос та нагароутворення гнізд клапанів.

При виявленні таких несправностей нічого не залишається, окрім як заново замінити весь комплект свічок. До того ж не зайвим буде запропонувати клієнту

промити паливну систему і форсунки інжектора, оскільки велика небезпека того, що неякісне паливо вразило і ці вузли автомобіля.

Автомобільний бензин – це легкозаймиста, легколетюча складна суміш, до складу якої входить більш 200 видів ароматичних, нафтових і парафінових вуглеводів з числом атомів вуглецю від 4 до 10 (середня молекулярна вага близько 100, які википають у діапазоні температур від 25...40 до 180...250 °С. Бензини отримують шляхом застосування таких технологічних процесів, як пряма перегонка, каталітичний риформінг, крекінг з додаванням високооктанових компонентів та присадок.

У сільському господарстві бензин використовується, як паливо для вантажних і легкових автомобілів, у пускових та інших двигунах. У меншій мірі бензин використовують у сільськогосподарській авіації, як розчинник лакофарбових виробів та інших технічних і технологічних потреб. Для швидкого та повного згоряння палива у двигуні необхідно його випаровування та змішування у відповідних пропорціях з повітрям. Особливістю бензинових двигунів є застосування, переважно, зовнішнього сумішоутворення (утворення суміші зовні циліндра). Процес сумішоутворення протікає, в основному, у впускному трубопроводі і завершується після попадання у циліндр.

На процес сумішоутворення відводиться порівняно мало часу, тому для його прискорення використовують розпилення за допомогою розпилювачів у карбюраторах чи форсунках – у системах впрыску. При подачі палива у впускний трубопровід частина палива випаровується, частина залишається на стінках у вигляді плівки, а частина транспортується повітрям у вигляді малих крапель розміром 100...300 мкм.

Для підвищення швидкості випаровування впускний трубопровід підігривається так, що на шляху до циліндрів випаровується 60...80% палива. Залишок палива потрапляє в циліндр у виді крапель і плівки.

Особливість процесу сумішоутворення у бензинових двигунах обумовлює нерівномірний розподіл пального по циліндрах, розділ його на фракції і нерівномірне надходження окремих фракцій у циліндр, як по часу, так і по кількості. Важкі фракції с температурою кипіння вище 220 °С (якщо вони присутні у паливі) гірше випаровуються, змивають масло зі стінок циліндра і, потрапив у картер, розріджують масло. Особливо відчувається вплив цих процесів на функціонування двигуна в

період холодного і гарячого пусків, прогріву, розгону і уповільненню. Наявність таких явищ пред'являють визначні вимоги до випаровуваності палив, що зв'язано з його фракційним і груповим складом.

Суміш, що потрапила до циліндра, стискається у камері згоряння і займається за допомогою електричного розряду між електродами свічі. При сприятливих умовах реакція окислення з осередку займання внаслідок складних ланцюгових реакцій розповсюджується по повному об'єму. У деяких випадках, частина свіжої суміші, до якої полум'я доходить в останню чергу, нагрівається у разі стискання до температури, що перевищує температуру самозаймання. Це може призвести до займання залишкової суміші по об'єму, фактично до вибуху (детонація).

У процесі сумішоутворення і згоряння палив на поверхнях впускного трубопроводу і камери згоряння відкладаються смоли і нагар. Протікання цих процесів, у значній мірі, пов'язано з хімічним складом використаних палив.

Таким чином, особливості процесів сумішоутворення та згоряння у бензинових двигунах, а також конструкції паливних систем пред'являють цілий ряд вимог до фізично - хімічних та експлуатаційних властивостей палив, що забезпечують надійну та довгострокову роботу сучасних і перспективних двигунів у різноманітних кліматичних умовах, високі енергетичні та економічні показники, а також низьку токсичність відпрацьованих газів.

#### **Загальні вимоги до якості автомобільних бензинів наступні:**

- мати високу теплоту згоряння;
- мати хороші сумішоутворюючі властивості, що обумовлюють легкій пуск двигуна, плавний перехід з одного режиму роботи на другий
- мати високу детонаційну стійкість, яка забезпечує нормальне згоряння палива без детонаційних стуків у двигуні.
- не утворювати нагаровідкладень
- не викликати корозії деталей.
- бути стабільним при транспортуванні і зберіганні, тобто не змінювати своїх початкових властивостей;
- не мати шкідливого впливу на людину та навколишнє середовище.

Вплив різних властивостей бензину на якість роботи систем двигуна наведен на рис. 7.



Рис. 7 Вплив показників бензина на якість роботи систем бензинового двигуна

### Випаровуваність бензинів

**Випаровуваність** автомобільних бензинів характеризує швидкість і повнота переходу бензину з рідкого в парообразний стан, обумовлює важливіші експлуатаційні властивості двигунів з примусовим запаленням – умови сумішоутворення і склад пальної суміші, схильність бензину до утворювання парових пробок у паливній системі автомобіля, а також повноту згоряння бензину і ступінь розрідження моторного масла бензиновими фракціями. Вона залежить від фізичних властивостей палива та факторів експлуатаційного порядку – швидкості повітряного потоку, температури і тиску повітря, часу й поверхні випаровування.

До фізичних властивостей бензину відносять: фракційний склад, тиск насичених парів, теплоту випаровування, коефіцієнт дифузії парів, в'язкість, поверхневий натяг, теплоємність і густину. Стандартом випаровуваність регламентована найбільш впливовими на неї показниками – фракційним складом і тиском насичених парів.

**Фракційний склад** є одним з найважливіших показників якості бензину. Фракційний склад встановлює залежність між кількісним вмістом фракцій палива (у відсотках за об'ємом) і температурою, при якій воно переганяється. Від фракційного складу бензину залежить пуск, час прогріву і прийомистість двигуна, спрацювання деталей циліндро-поршневої групи, витрата палива, масла, токсичність відпрацьованих газів та ін.

Бензини - складна суміш вуглеводнів, які мають різну випаровуваність та википають не при одній температурі, а у широкому інтервалі. Фракційний склад оцінюють за температурними межами його википання і по температурі його окремих фракцій. (Рис.8)



Для характеристики фракційного складу у стандарті регламентовані: температура початку кипіння (**t п.к.**), температури, при яких переганяється 10, 50 і 90% (**t 10%**, **t 50%**, **t 90%**) бензину, температура кінця його кипіння (**t к.к.**), а також визначають залишок після перегонки і втрати. Усі ці показники у тій чи іншій мірі характеризують бензин у двигуні з іскровим запаленням.

На рис. 9 показана крива розгонки бензину та вказані його основні фракції - *пускова, робоча і кінцева*.



Рис. 9 Крива розгонки бензину

В склад **пускової фракції** бензину входять легкокиплячі вуглеводні, які входять у перші 10% об'єму дистиляту (**t п.к. - t 10%**). **Робочу фракцію** складають дистиляти, які википають у межах від 10% до 90% об'єму (**t 10% - t 90%**), і **кінцеву фракцію** - від 90% об'єму до кінця кипіння (**t 90% - t к.к.**).

**Пускові властивості та схильність до утворення парових пробок** визначається температурами початку кипіння **t п.к.** і перегонки 10% бензину **t 10%**. По температурі **t 10%** роблять висновок про наявність у бензині пускових фракцій, від яких залежить легкість пуску холодного двигуна. Чим нижче ця температура, тим легше і швидше можна запустити двигун, оскільки більша кількість бензину надходить в циліндр у вигляді пару.

Це стосується тих бензинів, які використовуються при низьких температурах повітря.

При високій температурі перегонки 10% бензину ускладнюється пуск холодного двигуна, тому що основна кількість бензину подається в циліндр у рідкому стані. Такий бензин розріджує масло, змиваючи його зі стінок циліндрів, і призводить до підвищеного спрацювання деталей двигуна.

Якщо бензин має дуже низькі температури **t п.к.** і **t 10%**, то на прогрітому двигуні, особливо у спеку, в системі живлення можуть утворюватися парові пробки, які порушують подачу палива з паливного бака до бензонасоса. Гранична температура пуску карбюраторного двигуна (найменша температура повітря  $t_{п}$ , °C) описується наступною емпіричною залежністю:

$$76,2033,05,0 \dots \% 10 \rightarrow = k n n t t t$$

Проте, використання бензину з низькою температурою 50% може привести до зниження коефіцієнту наповнення і потужності двигуна.

**Знос та економічність** роботи двигуна оцінюється температурою перегонки 90% ( $t_{90\%}$ ) і температурою кінця кипіння ( $t_{к.к.}$ ), по яким роблять висновок щодо інтенсивності і повноти згорання робочої суміші, про наявність у бензині важких (хвостових) фракцій. При наявності важких фракцій, бензин випаровується не повністю, що призводить до нерівномірного розподілу пальної суміші між циліндрами, розрідження масла і змиву його зі стінок циліндрів, а також до підвищення спрацювання двигуна і витрат палива (рис.10). Чим вище кінець кипіння бензину тим більше його втрати та знос деталей.

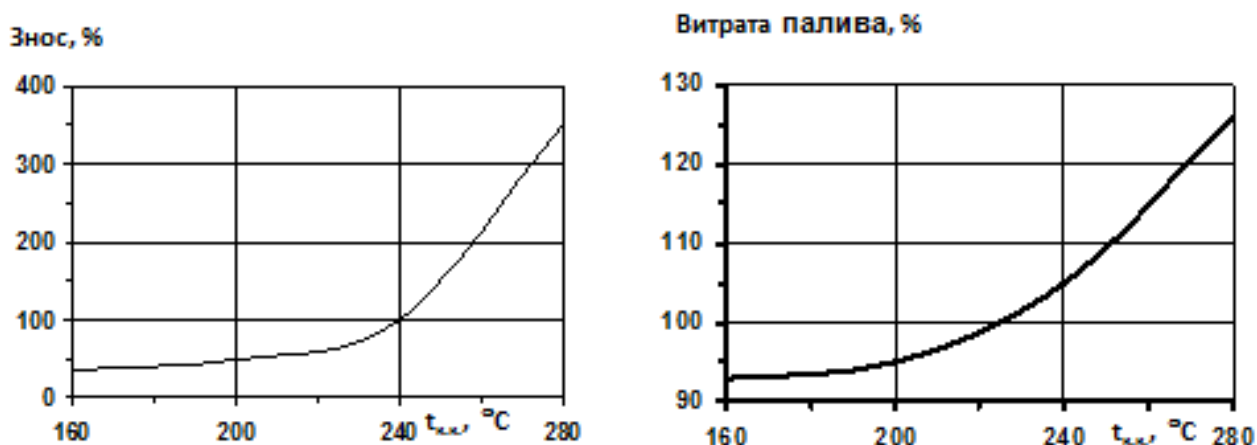


Рис. 10 Залежність загального зносу та витрати палива двигуна від температури кінця кипіння  $t_{к.к.}$  бензину.

## ЛЕКЦІЯ № 2 ПАЛИВО ДЛЯ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ (частина II).

### ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ.

1. Сутність процесів займання та згоряння палив. Нормальне та детонаційне згоряння бензину.
2. Оцінка детонаційної стійкості бензинів та методи її підвищення. Види антидетонаторів.
3. Сучасні стандарти та марки автомобільних бензинів в Україні.

### *Сутність процесів займання та згоряння палив.*

Сутність процесів займання і згоряння різні, але обидва представляють собою процес окислення молекул пального з виділенням тепла та випромінюванням світла.

Горінням називають швидко протікаючі реакції окислення при високих температурах у зоні займання полум'я. Займання характеризується спонтанним переходом повільних передполум'яних реакцій у швидкі екзотермічні, які виникають у разі порушення рівноважного стану, що веде до виникнення полум'я. Звичайно, це окисні процеси, обов'язковими умовами яких є попереднє повне випаровування рідкого палива та з'єднання палива з киснем повітря, але іноді здійснюється згоряння у чистому кисні або інших окислювачах. Для виникнення реакції необхідно, щоб паливо й окислювач були нагріті до температури самозаймання палива, що залежить від його хімічного складу і фізичних властивостей, концентрації кисню, способів сумішоутворення, температури навколишнього середовища і т.д.

Кінцевими продуктами згоряння будь-якого палива є вуглекислий газ, пари води та окисли сірки. На процес згоряння у значній мірі впливає кількість повітря, яке подається. При його недостатності горіння протікає повільно, температура невисока, утворюються продукти неповного згоряння (окис вуглецю, сажа та інше), а гази, що відробили, стають темними і, навіть, чорними.

Якщо ж подавати кількість повітря вище визначеної межі, то багато тепла буде витрачатися на нагрівання азоту - основного компоненту повітря - і надлишкового кисню. При цьому температура знижується, швидкість згоряння зменшується, і, як наслідок, виникають перевитрати палива.



Кількість повітря  $L_{теор}$  у пальній суміші, теоретично необхідного для повного згоряння 1 кг палива, називають стехіометричним. Для деяких палив ці значення наступні:

Авіаційний бензин	14,9 кг
Автомобільний бензин	14,8 кг
Дизельне паливо	14,4 кг
Етиловий спирт	9,0 кг
Метиловий спирт	6,5 кг
Бензол	13,2 кг

Для повного згоряння елементів, що входять до складу палива, потрібна визначена кількість кисню, яку підраховують по реакціях горіння. Кисень, що утримується у паливі, бере участь у згорянні, тому кількість кисню, необхідного ззовні, на цю величину зменшується. Загальну кількість кисню (кг), необхідного для спалювання 1 кг палива, підраховують так:

$$L_{O_2} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{100}$$

де С, Н, S, О – відсоткові частки відповідних хімічних елементів у паливі.

Звичайно, згоряння здійснюється не у чистому кисні, а у повітрі. Підраховано, що в атмосферному повітрі частка кисню складає 21...23,2 % по масі. Тоді, розрахункова кількість повітря, що необхідна для повного згоряння палива (кг/кг), буде підраховуватися по формулі:

$$L_{теор} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{23,2}$$

У реальних умовах експлуатації двигунів неможливо здійснити повне згоряння палива з розрахунковою (теоретично необхідною) кількістю повітря: необхідно, щоб кожна частка палива вступила у реакцію з кожною часткою подаваного кисню. Тому, практично для здійснення повного згоряння завжди подається деякий надлишок повітря: згоряння ведуть не з розрахунковою, а з дійсною кількістю повітря ( $L_{дійсн.}$ ).

Відношення дійсно витраченої кількості повітря до теоретично необхідного (стехіометричного) називають коефіцієнтом надлишку повітря ( $\alpha$ ):

$$\alpha = \frac{L_{дійсн.}}{L_{теорет}}, \quad L_{дійсн.} = \alpha L_{теорет}$$

У залежності від співвідношення кількості повітря і палива може бути кілька видів пальної суміші. Якщо повне згоряння відбувається з розрахунковою кількістю повітря, то коефіцієнт надлишку повітря дорівнює одиниці ( $\alpha = 1$ ) суміш називають **нормальною**, коли більше одиниці ( $\alpha > 1$ ) суміш **бідна**, а менше одиниці ( $\alpha < 1$ ) - **багата**. При значеннях близьких до одиниці - збіднена або збагачена.

Режимна робота двигуна як на бідних, так і на багатих сумішах, не вигідна. У першому випадку пальна суміш розбавляється великою кількістю інертного азоту і зайвим киснем, швидкість і температура горіння знижуються, двигун не розвиває потрібної потужності. У другому - кисню недостатньо, утворюються продукти неповного згоряння палива, збільшується кількість нагарів, двигун димить, витрата палива зростає, а потужність знижується. Необхідно забезпечити повне згоряння палива з можливо меншим коефіцієнтом надлишку повітря. У залежності від виду палива, умов його згоряння коефіцієнт надлишку повітря може бути різним (табл. 1.4).

Вид палива	$\alpha$
Газоподібне	1,05...1...1,20
Бензин	0,90...1...1,15
Паливо для швидкохідних дизелів	1,20...1...1,40
Паливо для тихохідних дизелів	1,50...1...1,70

Таблиця 1.4 Зразкові значення коефіцієнта надлишку повітря

У виробничих умовах, звичайно, не вимірюють дійсну кількість повітря, витраченого для згоряння, а підраховують коефіцієнт надлишку за складом газів, що відробили або димових. Якщо у продуктах згоряння багато вільного кисню, то повітря подається у надлишковій кількості - суміш бідна ( $\alpha > 1$ ), а якщо є продукти неповного згоряння, наприклад, чадний газ CO, то повітря недостатньо – суміш багата ( $\alpha < 1$ ). Таким чином, для експериментального визначення коефіцієнта надлишку повітря, з яким працює двигун або інша установка, у продуктах згоряння необхідно встановити зміст CO, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, що роблять за допомогою газоаналізаторів.

### **Питання 1. Сутність процесів займання та згоряння палив. Нормальне та детонаційне згоряння.**

У двигунах із запаленням від іскри робоча суміш займається в кінці такту стиску. У цей час температура суміші підвищується, але не досягає значень,

відповідних температурі займання. Внаслідок іскрового розряду у запалювальній свічці суміш біля неї нагрівається до температури займання і утворюється полум'яне горіння. Згорання робочої суміші розпадається на дві фази: фазу утворення полум'я горіння та фазу гаряче-полум'яного горіння.

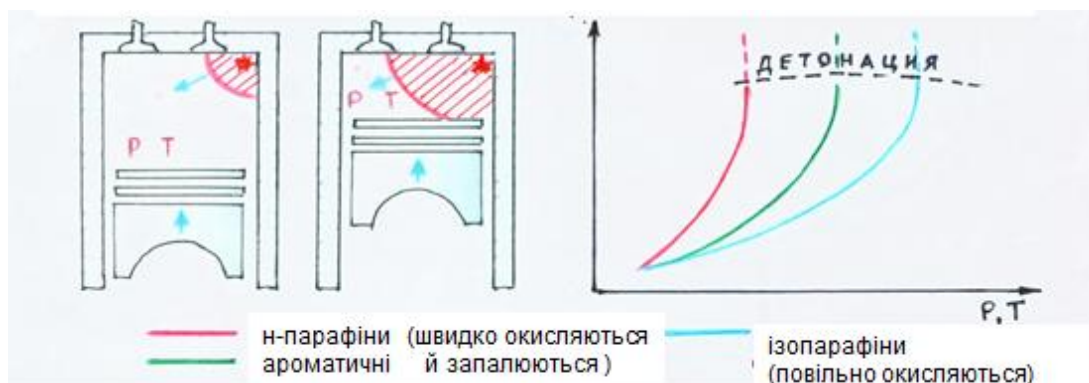


Рис.1 Швидкість поширення фронту горіння суміші:  $V_{фг}(P,T)$

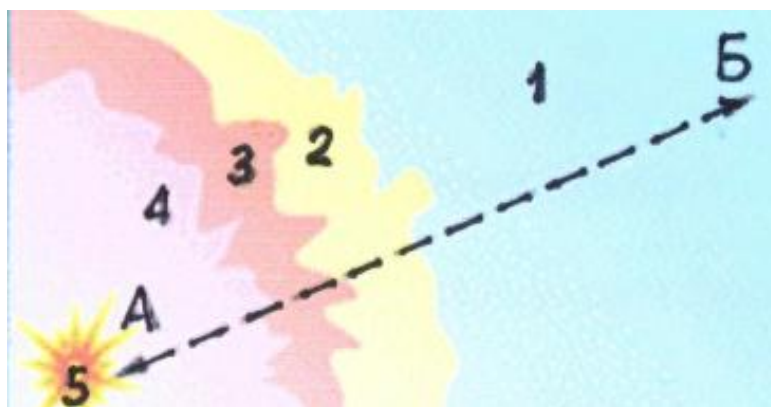


Рис.2 Нормальне згорання паливо-повітряної суміші.

1. Вихідна паливо-повітряна суміш
2. Зона передполумєневих процесів
3. Фронт горіння
4. Продукти згорання
5. Область ініціювання (запалення)

В першій фазі, тривалість якої становить 12...15% від загального часу згорання суміші, відбувається більш інтенсивне окислення молекул палива, ніж при стиску суміші, за рахунок підігріву від електричної іскри. У першій фазі горіння підвищення тиску практично не відрізняється від підвищення тиску, викликаного стисненням суміші.



Рис. 3 Детонаційне згоряння



Рис. 4 Швидкість наростання тиску в камері згоряння

У другій фазі реакція горіння прискорюється, і тепло, що виділяється при цьому, нагріває робочу суміш, яка знаходиться попереду полум'я; фронт полум'я переміщується до незгорілих шарів робочої суміші.

Поширення полум'я пов'язане з передачею тепла у паливо-повітряному середовищі і залежить від теплопровідності середовища та вихрових течій у ньому. Швидкість поширення полум'я при нормальному горінні коливається у межах 20...40 м/с і залежить від якості палива, складу горючої суміші, початкової температури і тиску, наявності залишкових газів та ступеня завихрення суміші у камері згоряння. Найбільша швидкість поширення полум'я спостерігається при збагаченні суміші, коли  $\alpha = 0,90$ .

Більш багаті і бідні суміші горять повільніше. Із збільшенням у робочій суміші залишкових газів, швидкість горіння зменшується. Турбулентність робочої суміші у циліндрі значно збільшує швидкість поширення полум'я. Порівняно з швидкістю

поширення полум'я при згорянні палива у спокійному стані, поширення полум'я у циліндрі збільшується за рахунок турбулентності у 10 разів.

При нормальному горінні палива, тиск у циліндрі зростає плавно. Проте у ряді випадків згорання супроводжується дуже високим місцевим підвищенням температури і тиску, що відбувається майже миттєво, та носить вибуховий характер і називається *детонацією*.

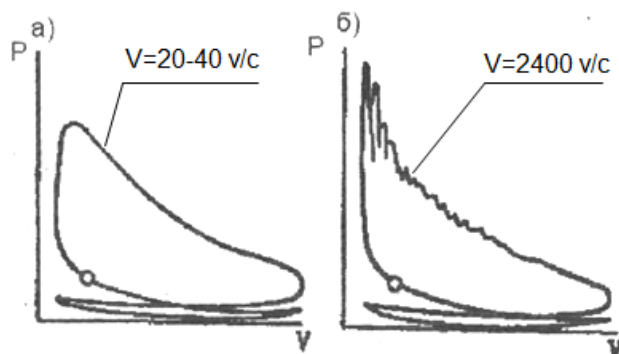


Рис. 5 Індикаторні діаграми роботи бензинового двигуна:

а) при нормальному згорянні робочої суміші;

б) при детонаційному згорянні

**Детонація** – це „ненормальна” робота двигуна із займанням від іскри, яка викликана вибуховим, детонаційним згоранням частини горючої суміші, що супроводжується різкими металевими стуками, димним вихлопом, перегрівом двигуна, зниженням потужності та іншими шкідливими наслідками, навіть механічне пошкодження деталей двигуна.

Виникнення явища детонації можна пояснити на підставі теорії перекисного окислення акад. А.Н. Баха та теорії ланцюгових реакцій, розробленої акад. М.М. Семеновим і його школою. Згідно з теорією А.Н. Баха, у період, який передуює займанню робочої суміші, відбуваються реакції попереднього окислення вуглеводнів. Інертна молекула кисню при цьому активізується під дією енергії окислювального тіла, що виражається у послабленні зв'язків, які з'єднують атоми кисню в молекулу. Початковим продуктом окислення вуглеводнів є перекиси. Кисень входить до складу молекули перекису у вигляді -O-O-, включаючись у молекулу вуглеводню по

C-H зв'язку.

Перекиси представляють собою малостійкі з'єднання, схильні до різних перетворювань. Важливим фактором, який визначає напрям вторинних реакцій, є температура. Чим вища температура горючої суміші до моменту займання, тим

інтенсивніше утворюються у ній хімічно-активні речовини. Згідно з теорією акад. М.М. Семенова, горіння палива носить характер ланцюгових реакцій. У цьому випадку активні центри, що утворились спочатку, співударяючись з молекулами палива, утворюють у числі продуктів реакції активні центри, які знову реагують з молекулами палива, утворюючи нові активні центри.

Протягом реакції активні центри відновлюються і реакція розвивається ланками. Не завжди активні центри відновлюються. У результаті співударяння активного центру з молекулою вихідної речовини можуть виникнути не один, а кілька активних центрів, і тоді реакція набуває вигляду розгалуженої ланцюгової реакції. У випадку, коли процес утворення активованих молекул буде перебільшувати процес обриву ланцюгів, нормальне горіння може перетворитися у детонацію, для виникнення якої концентрація перекисів повинна досягти критичного значення.

Дослідження показують, що при детонації критична концентрація перекисів створюється у тій частині палива, яка догоряє в останню чергу. Тривалість детонації становить 0,0001 с, що відповідає приблизно 2 градусам повороту колінчастого вала. Критична концентрація перекисів створюється у кінці фази тиску. При високій концентрації перекисів, внаслідок їх бурхливого розпаду та прискорення ланцюгової реакції, відбувається детонація. При цьому виділяється велика кількість енергії у малому об'ємі, що призводить до виникнення ударної пружної хвилі, після чого займання кожного наступного шару частини суміші, яка не згоріла, відбувається внаслідок удару хвилі, а тиск і температура у цьому шарі зростають скачкоподібно.

Ударна хвиля у двигуні, рухаючись з надзвуковою швидкістю, досягає стінок циліндра і багаторазово відбиваючись від них, викликає вібрацію стінок, яка сприймається, як детонаційний звук. Таким чином, виникнення детонації є результатом нагромадження у частині заряду, що не згоріла, робочої суміші перекисів. Чим інтенсивніше будуть утворюватись перекиси, тим швидше може перейти нормальне горіння у детонаційне.

### ***Вплив конструкційних і експлуатаційних факторів та складу палива на процес горіння***

Детонаційна стійкість бензинів залежить від їх вуглеводного складу, а при однаковому вуглеводному складі - від їх молекулярної ваги.

Найбільш висока детонаційна стійкість у ароматичних вуглеводнів та алканів ізобудови. Найгірші антидетонаційні якості у нормальних алканів.

Бензини каталітичного крекінгу, що складаються в основному з ізопарафінових та ароматичних вуглеводнів, мають високі антидетонаційні властивості. З другого боку, автомобільні бензини прямої перегонки з парафінових нафт, у складі яких є нормальні алкани, мають дуже низьку детонаційну стійкість. Крім природи самого палива, **на детонацію впливають** такі фактори, як *ступінь стиску, число обертів двигуна, кут випередження запалювання, склад суміші, ступінь відкриття дросельної заслінки, розміри циліндрів, кількість і розташування запалювальних свічок, нагароутворення.*

**При збільшенні ступеня стиску** підвищується тиск і температура робочої суміші, що прискорює процес нагромадження перекисів, а потім утворюються сприятливі умови для виникнення детонації.

**При збільшенні числа обертів** колінчастого валу двигуна зменшується час для утворення перекисів, а зростання завихрення робочої суміші збільшує швидкість нормального горіння, що також зменшує нагромадження перекисів. Все це знижує інтенсивність детонації або запобігає її виникненню.

**При зменшенні кута випередження запалювання** детонація зменшується. Від величини цього кута залежить тиск при згорянні суміші в циліндрі; із зменшенням кута тиск знижується, а звідси послаблюється або зовсім зникає детонація. Від складу суміші залежить швидкість горіння. Збагачуючи суміш, можна збільшити швидкість нормального горіння і зменшити детонацію, але витрата палива при цьому збільшиться.

При перекритті **дросельної заслінки** зменшується ваговий заряд суміші, що призводить до зменшення тиску у циліндрі, і як наслідок до послаблення детонації.

Від **розмірів циліндра**, так само як і від кількості запалювальних свічок та їх розташування, залежить довжина шляху полум'я. Із зменшенням діаметра циліндра та збільшенням кількості запалювальних свічок довжина шляху полум'я до найбільш віддаленої точки зменшується, суміш згорає швидше і виникнення детонації ускладнюється.

**Нагароутворення** на днищі поршня та стінках камери згорання сприяє детонації. При нагарі, внаслідок гіршої тепловіддачі, підвищується температура у циліндрі, а крім того, при значному відкладенні нагару підвищується ступінь стиску. За цих умов інтенсивність утворення перекисів зростає і полегшується виникнення детонації.

## **Питання 2. Оцінка детонаційної стійкості бензинів та методи її підвищення. Види антидетонаторів.**

Під час детонації двигун працює жорстко, нестійко, спостерігаються металічні стуки. Внаслідок підвищення тепловіддачі газів стінкам циліндра двигун перегрівається. При тривалій роботі з детонацією прогорають поршні, клапани, поршневі кільця, пошкоджуються підшипники та інші деталі. Детонація викликає падіння потужності двигуна та перевитрату палива.

Здатність палива протистояти детонації називається **детонаційною стійкістю**. Детонаційна стійкість палива оцінюється **октановим числом**.

Октанове число автомобільних бензинів визначають двома методами: **моторним і дослідницьким**. Обидва методи стандартизовані. Для визначення октанового числа використовують моторні установки із одноциліндровими двигунами з перемінним ступеням стиснення ( $\epsilon = 4 \dots 10$ ). Визначення октанового числа за моторним методом ведеться при обертах вала двигуна 900 хв-1 з підігрівом робочої суміші до  $149 \pm 1$  °С, та при перемінному куті випередження запалювання; визначення октанового числа за дослідницьким методом ведеться при обертах вала двигуна 600 хв-1, температурі повітря  $52 \pm 1$  °С і постійному куті випередження запалювання – 13 град. В іншому, методики визначення октанового числа за обома методами однакові. У цілому, умови випробування за дослідницьким методом легше ніж за моторним, тому октанове число бензину визначене по дослідницькому методу вище, ніж за моторним на 7...10 одиниць.

**Моторний метод** визначення октанового числа характеризує детонаційну стійкість бензину у режимі роботи двигуна завантаженого автомобіля, при його русі по маршрутам за містом (висока форсованість та найбільша теплонапруженість двигуна).

**Дослідницький метод** визначення октанового числа характеризує детонаційну стійкість бензину у режимі роботи двигуна легкового автомобіля при його русі в умовах міста (обмежені потужності, чисельні зупинки, низька теплонапруженість двигуна).

При визначенні октанового числа двигун працює на випробуваному паливі. Під час роботи поступово підвищується ступінь стиснення, доки не виникне детонація, інтенсивність якої фіксується.



Потім закріплюється ця ступінь стиснення та підбирається еталонне паливо, при роботі на якому виникає детонація тієї же сили, що і у випробуваному паливі.

Таким чином, **октанове число** - це умовна одиниця визначення детонаційної стійкості палива, яка показує відсоток вмісту по об'єму ізооктану у штучно приготовленій суміші, що складається із ізооктану (детонаційна стійкість дорівнює 100) та н-гептану (детонаційна стійкість дорівнює 0), що за своєю детонаційною стійкістю еквівалентна випробуваному паливу. Якщо, наприклад, еталона суміш містить 76% ізооктану і 24% н-гептану, та за своєю детонаційною стійкістю дорівнює випробуваному бензину, тоді октанове число палива дорівнює 76.

### **Методи підвищення детонаційної стійкості бензинів:**

- 1) метод впливу на фракційний склад;
- 2) метод впливу на хімічний склад;
- 3) введення спеціальних присадок-антидетонаторів.

*Перший метод* заснований на врахуванні залежності октанового числа від молекулярної ваги вуглеводнів. Детонаційна стійкість того самого гомологічного ряду, як правило, зменшується із зростанням їх молекулярної ваги. Тому, збільшення низькомолекулярних вуглеводнів у складі бензину збільшує їх детонаційну стійкість. Цей метод не дає великого ефекту і знаходить дуже обмежене застосування.

*Другий метод* заснований на врахуванні хімічної природи вуглецю. Якщо зрівняти між собою вуглеводні з однаковим числом атомів вуглецю у молекулі вуглеводню, то за ознакою підвищення октанового числа гомологічні ряди їх розташуються у такому порядку: н-парафіни – нафтени – ізопарафіни - ароматичні, тобто за рахунок збільшення вмісту у паливі ароматичних вуглеводнів і ізопарафінів можна помітно підвищити детонаційну стійкість бензинів.

*Третій метод* – введення присадок-антидетонаторів. Практично це вирішується введенням у базові бензини від 20 до 50% високооктанових компонентів: ізооктан, ізопентан, киснемісткі сполуки, наприклад, ефіри і спирти та ін. Октанове число при цьому підвищується приблизно на 15 одиниць.

Однак, вітчизняним нафтопереробним заводам важко забезпечити Україну великою кількістю якісних високооктанових добавок. Також відмова від застосування етилової рідини не можлива без використання присадок (*третій метод*) на основі

заліза, марганцю та ароматичних амінів. Асортимент присадок, які використовують в Україні, наведено у таблиці.

<b>Тип присадки</b>	<b>Марка</b>
Антидетонатори на базі свинцю	Р-9, 1-ТС, П-2
Антидетонатори на базі заліза	ФК-4, FePo3, ДАФ, АПК, Октан-Максимум
Антидетонатори на базі марганцю	Hitec-3000, Hitec-3046, Hitec-3062
Суміші металоорганічних добавок та кисень утримуючих або ароматичних компонентів	ДАКС, Феррара, Фетерол марок В, Г
Кисневмісні	Метилтретбутиловий ефір (МТБЕ) Етилтретбутиловий ефір (ЕТБЭ)
Високооктанова кисневмісна приставка	ВКД – створена в Україні, виходить із технічного спирту.

### **Забруднення бензинів**

**Вміст механічних домішок води** у бензині залежить, у значній мірі, від умов зберігання і транспортування, оскільки, в основному, механічні домішки представляють собою продукти корозії резервуарів, трубопроводів, паливних баків та лише частково ґрунтовий пил, а вода. Це продукт конденсату. Наявність механічних домішок у бензині при роботі двигуна прискорює знос циліндро-поршневої групи. Так, підвищення у бензині вмісту кварцового пилу до 40 г/т збільшує інтенсивність зносу циліндрів у шість разів. У цей час встановлено, що наявність невеликої кількості води (до 1%) зменшує детонаційні явища, за рахунок зниження температури передполуменевого горіння робочої суміші.

### **Питання 3. Сучасні стандарти та марки автомобільних бензинів.**

#### **Класифікація бензинів в Україні та за кордоном.**

Нормативна документація на якість автомобільного бензину, що діє в Україні, включає такі стандарти: державний стандарт України (ДСТУ 4063-2001), технічні умови України (ТУ У 00149943.501-98 та ТУ У 320.00158764.025-99), стандарт України ДСТУ 320.00140043.015-2000. Слід відзначити, що виробництво та застосування етилованих бензинів регламентовано постановою Кабінету Міністрів

України від 1 жовтня 1999 р., яке повністю забороняє використання бензинів, які містять етилову рідину з 1 січня 2005 року.

Основна частина палив імпортується з Росії, Білорусії і Литви. Російські нафтопереробні заводи випускають автомобільний бензин по ГОСТ Р 51105-97, а також по союзним ТУ і технічним умовам Російської Федерації (ТУ 38. 301-25-41-97, ТУ 38. 401-58-127-95 та ін.) Підприємства Білорусії і Литви також виробляють свою продукцію, в основному, по російським нормативним документам. У країнах Європейської Співки випускається автомобільний бензин, що відповідає вимогам європейського стандарту EN 228. Близькі до них за якістю автомобільні бензини, які випускаються у країнах Центральної Європи. При імпорті нових марок автомобільного бензину з країн ближнього і дальнього зарубіжжя сертифікуватися вони будуть відповідно вимог нормативної документації, яка діє в Україні.

### **Бензини автомобільні по ДСТУ 4063-2001**

Цей новий державний стандарт, що прийшов на зміну ГОСТ 2084-77, термін початку дії з 1 липня 2002 р., встановлює вимоги до автомобільного бензину марок:

**A-76** – з октановим числом по *моторному методу* не менше 76;

**A-80** - з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 80;

**A-92** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 92;

**A-95** - з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 95;

**A-98** - з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 98.

Додатково у цьому стандарті введенні обмеження на вміст ароматичних вуглеводнів, встановлено верхні та нижні межі густини, вперше регламентується вміст киснеміських компонентів: метанолу, етанолу, спиртів, ефірів.

### **Бензини автомобільні з підвищеним кінцем кипіння по**

#### **ТУ У 00149943.501-98**

Протягом тривалого часу температура кінця кипіння обмежувалася значенням не вище 195°C для літніх і не вище 185 °C для зимових бензинів. Однак, внаслідок світової кризи останніх років та загального збільшення кількості машин з іскровим запаленням, було прийняте рішення підвищити температуру кінця кипіння до 215 °C, незважаючи на неповне згоряння при використанні таких бензинів, внаслідок чого підвищується витрата палива, знижується потужність та економічність двигуна. Стандарт встановлює вимоги до автомобільного бензину марок:

**A-80** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 80;

**A-92** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 92;

**A-95** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 95;

**A-96** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 96.

**A-98** - з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 98.

#### **Бензин автомобільний А-98 по ТУ У 320.00158764.025-99**

Збільшення сучасних високофорсованих автомобілів з двигунами, які вимагають палив з високими антидетонаційними характеристиками, послужило введенню тільки автомобільного бензину **A-98** з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 98.

#### **Бензини моторні сумішеві по ДСТУ 320.00140043.015-2000**

Також для зменшення дефіциту високооктанових бензинів в Україні було введено галузевий стандарт на бензини моторні сумішеві неетиловані, які містять високооктанову киснемістку добавку, що представляє собою 99% етиловий спирт. Недоліком бензино-спиртової суміші є фазова нестабільність, тобто розшарування у присутності води, що обумовлює малий термін їх зберігання – до 3 місяців. Стандарт встановлює вимоги до автомобільного бензину марок:

**A-80Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 80;

**A-92Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 92;

**A-95Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 95;

**A-98Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 98.

Гарантійний термін зберігання бензинів, виготовлених за ДСТУ – 3 роки.

## ЛЕКЦІЯ № 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

### Питання, які підлягають розгляду:

1. Умови роботи дизельного двигуна та вимоги до дизельного палива.
2. Основні показники дизельного палива (густина, в'язкість, фракційний склад).
3. Індикаторна діаграма дизельного двигуна. Цетанове число (ЦЧ). Метод визначення.
4. Стандарти та марки дизельних палив в Україні. Альтернативні палива для бензинових та дизельних двигунів.

### Питання 1. Умови роботи дизельного двигуна, вимоги до дизельного палива.

По класифікації рідких нафтових палив за призначенням, до другої групи віднесені палива для поршневих двигунів із займанням від стиску – **дизельне паливо**. Дизельне паливо – це складне утворення парафінових (10...40%), нафтових (20...60%) і ароматичних (14...30%) вуглеводнів та їх похідних середньої молекулярної маси 110...230, що википають у межах 170...380 0 С.

У сільському господарстві дизельне паливо використовується для роботи тракторів, комбайнів та інших самохідних сільськогосподарських машин, вантажних автомобілів, деяких стаціонарних дизелів. У середньому по Україні 73% дизельного палива йде на тракторні роботи, 9,8% - на роботу самохідних комбайнів, землерийних машин, автомобілів і стаціонарних двигунів, 17,5% - на приготування трав'яного борошна, спалювання у теплових установках та інші потреби. Це становить долю використання дизельного палива у цій галузі близько 40%. У перспективі планується перехід на дизельне паливо двигунів більшості вантажних та багатьох легкових автомобілів, тобто до 2010 року прогнозується збільшення його використання більш ніж у чотири рази. Основна перевага дизелів – висока економічність: питомі витрати палива менше на 20...30%, ніж у карбюраторних двигунів. А коефіцієнт корисної дії (ККД) дизелів (45%) на цей час на 10% перевищує ККД карбюраторних двигунів (35%) і мають, крім цього, цілий ряд таких переваг, як можливість форсування наддувом.



Крім того, дизельне паливо менш вогнебезпечне, завдяки гіршій випаровуваності значно зменшує втрати від випаровування при транспортуванні і зберіганні; саме використання дизельного палива розглядається як засіб збільшення паливних ресурсів за рахунок застосування більш вагових нафтових фракцій – типа керосину, газойлю та їх сумішей.

У дизельних двигунах випаровування палива здійснюється у повітрі, нагрітому до високих температур (близько 700 °С). Утворення горючої суміші забезпечують найбільш висококиплячі фракції продуктів переробки нафти. У швидкохідних дизелях з високим числом обертів колінчастого валу застосовують низькокипляче паливо, бо час на випаровування та сумішоутворення у них менше ніж у середньо- та тихохідних двигунах.

Значні вимоги, які пред'являють до сучасних дизелів, призвели до розвитку різних засобів організації робочого процесу та сумішоутворення (об'ємне, пристінне, комбіноване). Однак, спільним є те, що у дизелях використовується внутрішнє сумішоутворення (утворення суміші безпосередньо у циліндрі). Процес сумішоутворення починається фактично у момент початку вприскування палива у нагріте повітря (температура близько 400 °С ... 500 °С і тиск - 2,5...3 МПа) у кінці такту стиску і завершується одночасно з кінцем горіння. Таким чином, на випаровування палива та перемішування його з повітрям відведено дуже мало часу ( $0,6 \cdot 10^{-3}$  ...  $2 \cdot 10^{-3}$  с). Щоб паливо за цей час встигло випаруватись, розмір краплин повинен бути у межах 10...20 мкм, а із зменшенням діаметру краплин зростає швидкість їх нагріву. Якість сумішоутворення та згорання визначається характеристиками вприску палива та його розпилю, швидкостями пересування повітря у камері згорання, геометричними характеристиками та матеріалом розпилювача і камери згорання, якістю палива (випаровуваністю, в'язкістю та інше).

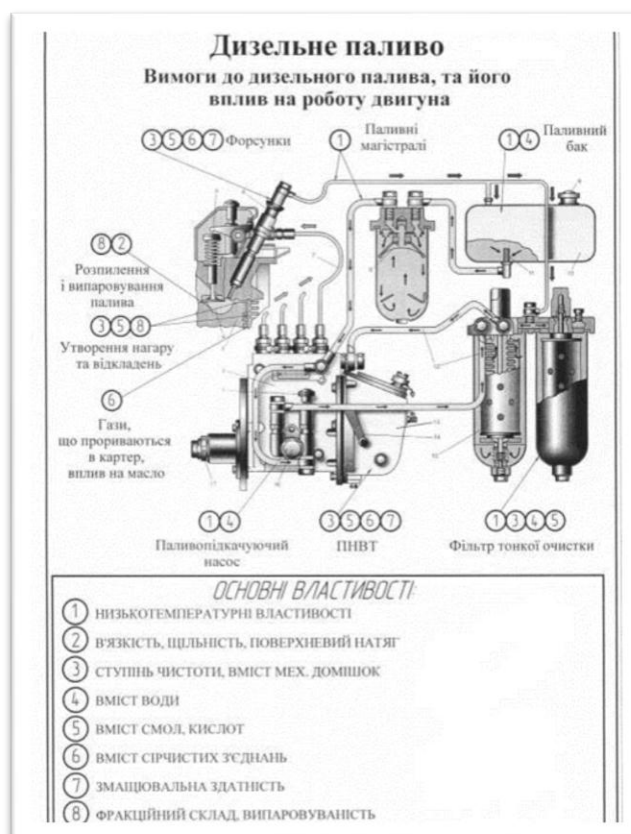
Особливо важливо у процесі згорання запобігти великій швидкості зросту тиску, що обумовлює жорстку роботу та великі навантаження на деталі двигуна.

Меншу жорсткість роботи забезпечують палива з кращим займанням. Сучасна паливна апаратура дизелів складається з високоточних деталей (зазори у плунжерних парах складають 2...5 мкм), які здійснюють зворотно-поступальні та обертальні рухи відносно один одного на великих швидкостях.

У процесі дозування та стискання паливо протікає по каналам паливної апаратури на величезних швидкостях.

Особливі проблеми виникають при використанні дизельних палив у зимовий період. При зниженні температурі у паливі утворюються кристали парафінів, що веде до підвищення в'язкості. Забиваючи фільтри тонкої очистки, виникає загроза неможливості проходження палива через них. З цих причин, при використанні дизельних палив при мінусових температурах, вони повинні зберігати можливість до фільтрації і рухливості.

Таким чином, особливості процесів сумішоутворення та згоряння у дизелях, а також конструкції паливних систем пред'являють цілий ряд вимог до фізико - хімічних та експлуатаційних властивостей палив, що забезпечують надійну та довгострокову роботу сучасних і перспективних дизельних двигунів у різноманітних кліматичних умовах, високі енергетичні та економічні показники, а також низьку токсичність відпрацьованих газів.



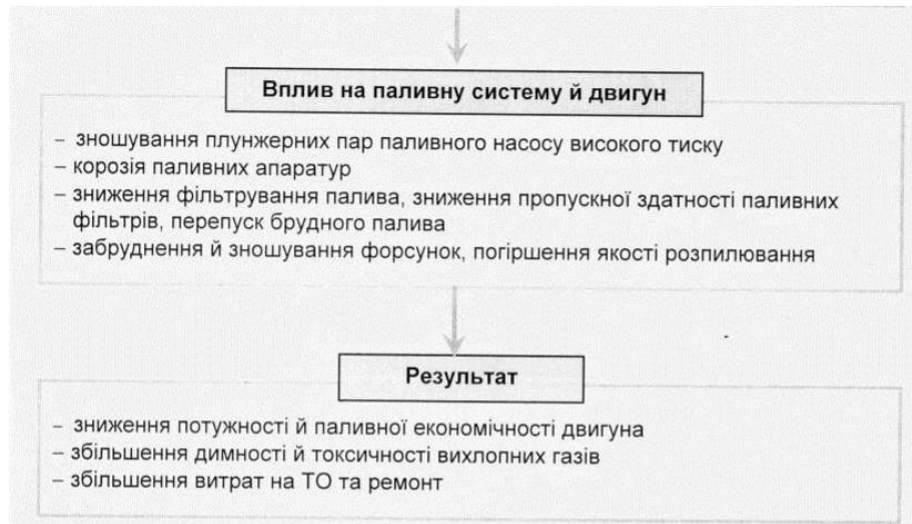
### Загальні вимоги до якості дизельного палива наступні:

- паливо повинно мати оптимальний фракційний склад і в'язкість, які забезпечують необхідну дисперсність факела розпилювання та випаровуваність, а також змащування плунжерних деталей паливної апаратури;
- володіти оптимальним самозайманням для забезпечення легкого пуску дизеля у різних кліматичних умовах і повністю згоряти при малому значенні періоду затримки займання;
- мати оптимальні низькотемпературні властивості для заданих кліматичних умов застосування;
- не містити корозійно-активних речовин, смолистих з'єднань, механічних домішок і води;
- мати високу стабільність при тривалому зберіганні;
- не утворювати підвищених лако- та нагаровідкладень на деталях двигуна і паливної апаратури;
- не викликати підвищеного зносу деталей циліндро-поршневої групи двигуна;
- не утворювати при згоранні підвищеної димчасті та мати низьку токсичність відпрацьованих газів. До чого приведе використання палива, у якого показники якості відповідають стандарту.

### Питання 2. Основні показники дизельного палива (густина, в'язкість, фракційний та хімічний склад).



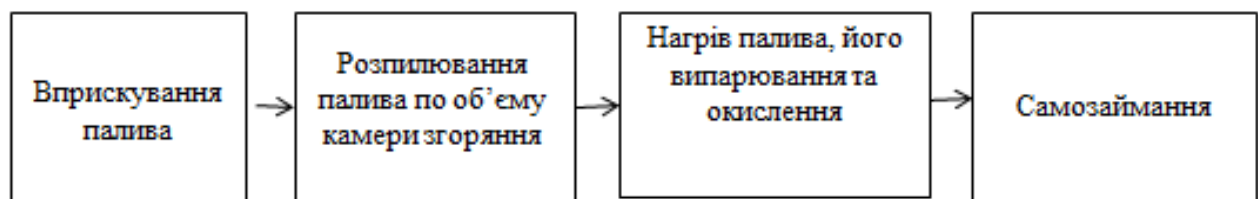




### Властивості палива, які визначають якість сумішоутворення

Якість сумішоутворення залежить від в'язкості густини, випаровуваності палива, поверхневого натягу. Стандартом регламентовано перші три показники.

При аналізі впливу якості палива на сумішоутворення доцільно було б розглянути складаючи його „елементарні” фізичні процеси:



Під розпилом палива прийнято вважати процес розпаду струменя, що витікає із розпилюючого пристрою (форсунки) на краплини, та подальше подрібнення цих краплин на більш дрібні. У дизелях визначений розмір краплин обумовлено заданою геометрією факела розпилу. При цьому, як збільшення, так і зменшення розміру краплин, веде до порушення геометрії факела, а, як наслідок, до порушення роботи двигуна.

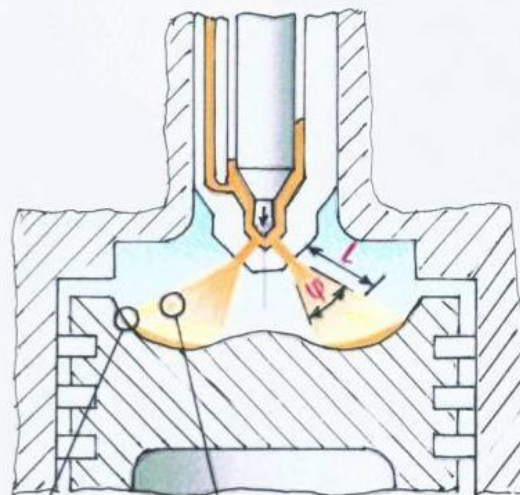
Розпад струменя палива на окремі краплини та якість сумішоутворення протікає під впливом зовнішніх і внутрішніх сил. Зовнішніми є аеродинамічні сили, що діють на струмінь. До внутрішніх відносять сили, що обумовлені впливом фізико-хімічних властивостей палива. До них відносять густину, в'язкість, поверхневий натяг. Розглянемо вплив цих властивостей більш детально.

## ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

### Свойства, влияющие на смесеобразования

#### ● ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ:

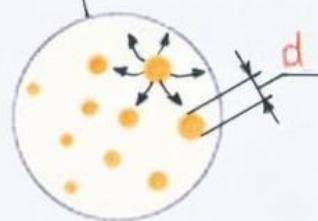
- 1- давление, создаваемое ТНВД
- 2- диаметр и количество отверстий форсунки
- 3- объем циклового заряда топлива
- 4- температура камеры сгорания
- 5- геометрия камеры сгорания



#### СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕ



пленочное



объемное

### Влияние параметров топлива

#### ● Вязкость топлива:

- 1- определяет диаметр капель  $d$
- 2- определяет дальность  $L$
- 3- определяет угол факела

#### ● Фракционный состав топлива:

- 1- определяет скорость испарения
- 2- определяет распределения концентраций паров в камере сгорания
- 3- влияет на механизм смесеобразования и скорость выгорания топлива



Густина дизельного палива у більшій мірі визначає характеристики вприску палива - залежність об'єму палива, що подається форсункою від початку вприску до заданого моменту подачі. Оскільки паливний насос дизеля дозує кількість вприскуемого палива по об'єму нагнітальної порожнини насоса, при цьому, при об'ємному дозуванні збільшення густини палива збільшує його масову витрату прямо

пропорційно. Крім того, внаслідок підвищеного максимального тиску у трубопроводі зростає продуктивність впрыску, а тривалість, як правило, зменшується.

**В'язкість** дизельного палива у значній мірі визначає роботу паливної апаратури дизеля. Наприклад, зменшення в'язкості палива веде до зміни геометрії факела розпилю палива, основною характеристикою є далекобійність. Встановлено вплив фізико-хімічних властивостей дизельного палива на довжину суцільної ділянки струменя розпиленого палива  $L_c$  :

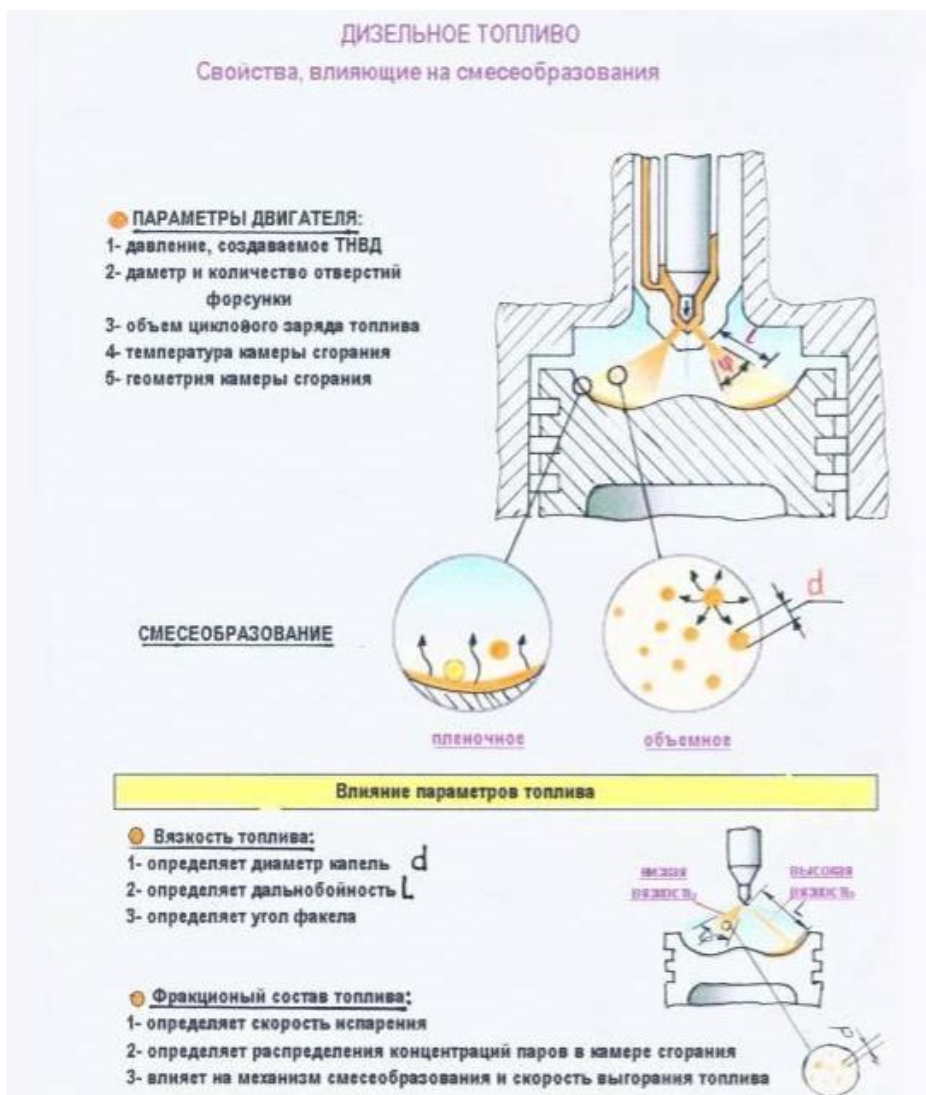
$$L_C \sim \nu_{20}^{0.616} \cdot \rho_{20}^{1.518} \cdot \sigma^{0.402},$$

де - кінематична в'язкість при 20<sup>0</sup> С, мм<sup>2</sup> /с;

- густина палива при 20<sup>0</sup> С, кг/м<sup>3</sup> ;

$\sigma$ - поверхневий натяг.

З підвищенням густини і в'язкості палива збільшується далекобійність струменя та ступінь заповнення камери згорання паливом.



В'язкість також безпосередньо впливає на токсичність палива. Тонкість розпилу оцінюють розмірами краплин, що забезпечують найбільш повне і швидке випаровування і мають бути у межах 5...40 мкм. Середній діаметр краплин  $d_c$  залежить від фізико-хімічних властивостей дизельного палива у такій залежності:

$$d_c \sim v_{20}^{0,147} \cdot \rho_{20}^{0,339} \cdot \sigma^{0,193}$$

Підвищення кінематичної в'язкості з 3 до 9 мм<sup>2</sup>/с веде до збільшення середнього діаметру краплин приблизно у 2 рази, густини - з 0,74 до 0,88 г/см<sup>3</sup> - у 5 разів. Підвищення густини палив супроводжується сильним підвищенням в'язкості. При невеликій в'язкості зростає втрата палива у зазорах між плунжером та гільзою паливного насоса під час такту нагнітання (рис. 1), і як наслідок, кількість палива яке вприскується у циліндр зменшується, порушуючи роботу двигуна.

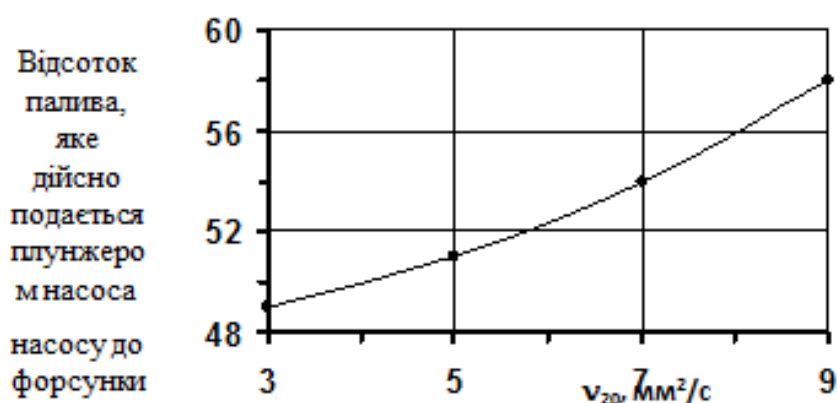


Рис. 1 Відносна залежність обсягу палива, що дійсно подається насосом до форсунки від кінематичної в'язкості палива

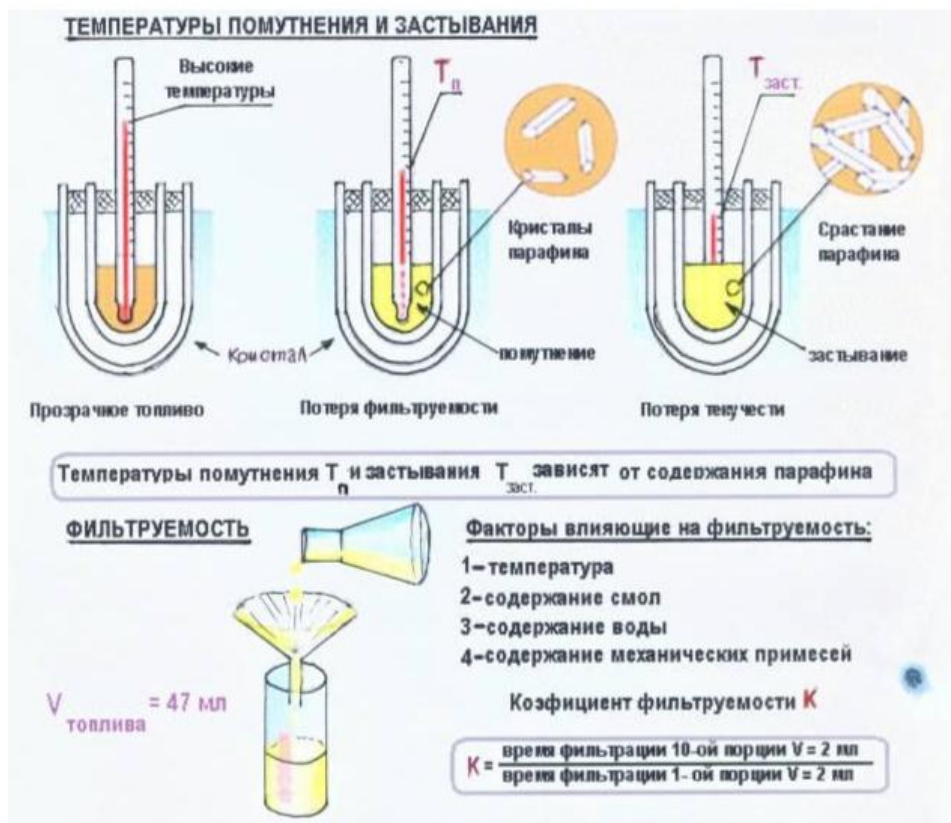
Паливо у системі живлення дизельного двигуна, крім того, виконує роль мастильного матеріалу. При недостатній в'язкості палива підвищується знос плунжерних пар насоса та голок форсунок.

**Низькотемпературні властивості** палива оцінюються температурою помутніння палива, граничною температурою фільтрування, і температурою застигання.



Основні вимоги, які пред'являються до якості дизельного палива, полягають у тому, щоб воно легко прокачувалось по паливній системі і безперервно надходило у циліндр двигуна.

Розглянемо вплив показників якості дизельного палива на прокачуваність більш докладно.



**Випаровуваність** дизельних палив по стандарту оцінюється тільки фракційним складом.

Випаровуваність палив у дизельних двигунах має не таке важливе експлуатаційне значення, ніж випаровуваність бензинів у карбюраторних двигунах. Це пов'язано з тим, що у дизельному двигуні, сумішоутворення протікає при дуже високій температурі у кінці такту стиску повітря.

**Фракційний склад сучасного стандартного дизельного палива має такі характеристики.**

Переганяється при температурі, 0 С				
початок кипіння	10% фракцій	50% фракцій	90% фракцій	96% фракцій
180...210	205...230	250...280	320...345	330...370

Випаровуваність дизельних палив, у першу чергу, визначають **пускові властивості**.

Пускові властивості дизельних палив залежать від температури википання 50% ( $t_{50\%}$ ) фракцій. При цьому, цетанове число (якщо воно не надто низьке) впливає на легкість пуску, у меншій мірі, ніж фракційний склад. При запуску двигуна складаються найбільш несприятливі умови для сумішоутворення та самозаймання палива, внаслідок недостатньо високої температури у кінці такту стиску. При цьому велика кількість тепла передається холодним стінкам, а частина стискаемого повітря, при невеликих пускових обертах колінчатого валу, буде прориватися у картер. Ступінь стиску, а, як наслідок, і температура повітря у кінці стиску, будуть нижче порівняно з прогрітим двигуном. Саме тому, випаровуваність має бути такою, щоб у момент самозаймання утворювалася горюча суміш, яка відповідає межах займання.

Обважнювання фракційного складу погіршує пускові властивості. Полегшення пуску двигуна з кращою випаровуваністю спостерігається лише до певних меж полегшення фракційного складу, у зв'язку з погіршенням займання (рис. 1.11). Крім того, відбувається перезбагачення суміші поблизу форсунки і збіднення у решті камери згоряння, знову погіршуються пускові характеристики. Температура википання 96% фракцій палива ( $t_{96\%}$ ), в основному, здійснює вплив на потужності та економічні показники роботи дизеля.

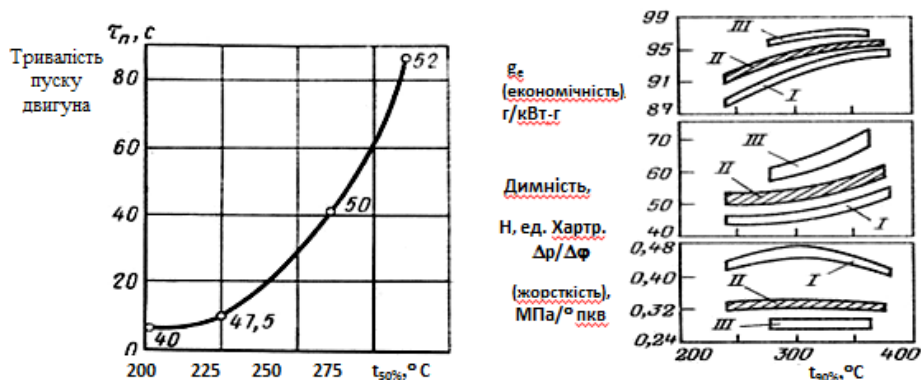


Рис. 2. Вплив фракційного складу на показники роботи одноциліндрової установки, на базі двигуна ЯМЗ-236 у залежності від цетанового числа палива:

**I - ЦЧ=40±2; II - ЦЧ=46±2; III - ЦЧ=52±2**

### Питання 3. Індикаторна діаграма дизельного двигуна. Цетанове число (ЦЧ). Метод визначення.

Здатність дизельного палива самозайматися у дизелі та інтенсивність його згоряння залежить від хімічного складу палива, випаровуваності та цетанового числа. Стандартом *самозаймистість* палива кількісно оцінюється цетановим числом.

Сутність процесів займання та згорання палива принципово різняться, хоча обидва представляють собою окислення молекул пального.

Самозаймистість дизельного палива у двигуні відбувається в результаті виникнення двох необхідних умов:

1) порушення рівноваги між швидкостями утворення та розпаду нестійких киснемістких з'єднань, у результаті цього виділяється надлишкова кількість енергії (тепла);

2) порушення рівноваги між швидкостями тепловиділення (від окислення палива) і тепловідводу до стінок камери згорання, у результаті чого температура підвищується, а хімічні реакції переходять в екзотермічні.

У будь-якому дизельному двигуні процес згорання палива можна розділити на чотири фази:

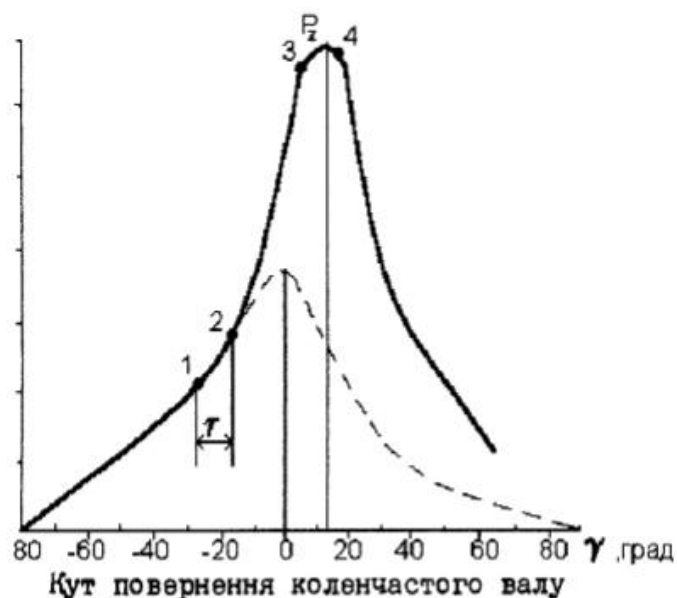
–передполум'яні екзотермічні хімічні реакції окислення палива (період затримки займання);

–період швидкого згорання палива (період різкого наростання тиску);

–період сповільненого горіння;

–фаза догорання палива.

На рис. 3 представлено розвернуту індикаторну діаграму дизельного двигуна.



Складному процесу самозаймання дизельного палива завжди передує **період затримки займання** (ділянка 1-2, див. рис. 3) – проміжок часу від початку вприскування (точка 1) палива до моменту його займання (точка 2).

Загальний період затримки займання складається з часу, що витрачається на протікання **фізичних процесів** ( $\tau_{\text{ф}}$ ) (розпил палива, перемішування його з повітрям, нагрів та випаровування ( $\tau_{\text{ф}} \approx 0,1 \dots 10^{-3}$  мс), і часу необхідного для **хімічних** реакцій ( $\tau_{\text{х}}$ ) (передполум'яні реакції багатостадійного окислення вуглеводнів палива,  $\tau_{\text{х}} \approx 1,8 \dots 5,0$  мс).

У результаті передполум'яних реакцій накопичується тепло (його виділяється більше, ніж відводиться до стінок камери згоряння), температура підвищується, швидкості хімічних реакцій ростуть і починається процес горіння (точка 2, рис. 3) - самозаймаються проміжні продукти окислення палива.

У період швидкого зростання тиску (ділянка 2-3) відбувається процес горіння. Однак, подача палива на цей час ще продовжується, тому за другу фазу не може згоріти весь цикловий заряд палива, а згоряє тільки його основна частина. Інтенсивність наростання тиску залежить від об'єму палива, яке подається в циліндр за період затримки займання.

У період повільного горіння (ділянка 3-4) згорає та частина палива, що продовжує подаватися форсункою до кінця впрыскування. Під час цієї фази горіння тиск в циліндрі спочатку майже не змінюється, а потім починає знижуватися.

Дизельні палива, які володіють кращою займистістю у двигуні, забезпечують нормальне протікання процесу згоряння без різкого підвищення тиску і появи, у зв'язку з цим, стуків у циліндрі. Однак, надмірне зменшення періоду затримки займання недоцільне, оскільки знижується повнота згоряння, збільшується витрата палива, чадність відпрацьованих газів та маса відкладень нагару у камері згоряння.

**Цетанове число (ЦЧ)** - основний показник займистості палива у дизельному двигуні, який характеризує тривалість *періоду затримки займання* палива.

При малому періоді затримки займання двигун працює „м'яко”, без стуків, при підвищеному періоді затримки, у камері згоряння накопичується паливо, що веде до вибухового згоряння. В цьому випадку тиск росте дуже стрімко і тому двигун працює „жорстко”, із стуками.

Незалежно від складу палива, з підвищенням ЦЧ, період затримки займання знижується, але з підвищенням форсування двигуна (збільшення температури, перш за все, і тиску заряду) його вплив зменшується, що спостерігається при підвищенні частоті обертів колінчатого валу двигуна.



Вибір ЦЧ для дизелів визначається найбільшим ефектом зниження періоду затримки займання (найбільш ефективне значення ЦЧ 45...50 одиниць). При значному збільшенні цетанового числа (більше 70 одиниць) наглядається втрата потужності та димність відпрацьованих газів двигуна. Це пояснюється тим, що при дуже малому періоді затримки займання паливо швидко згорає у безпосередній близькості від форсунки. Решта палива, що вприскується, попадає у зону горіння. В результаті цього, у камері згорання утворюються зони перенасиченої (у районі форсунки утворюються продукти неповного згорання - сажа) та переизбытної (неповне використання об'єму камери згорання на периферії) сумішей. Це знижує потужності та економічні показники двигуна. Крім цього, збільшення ЦЧ підвищує вартість палива.

На практиці, при відсутності можливості визначення ЦЧ за моторним методом, використовують розрахунок цетанового індексу по показникам палива. Однак, цетановий індекс лиш приблизно може оцінити величину ЦЧ. По стандарту цетановий індекс розраховують за формулою :

$$ЦІ = 454,74 - 1641,41\rho + 774,74\rho^2 - 0,554t_{50\%} + 97,803 \lg^2 t_{50\%},$$

де  $\rho$  - густина палива при 15<sup>0</sup> С, г/см<sup>3</sup>

$t_{50\%}$  - температура википання 50% фракцій палива, <sup>0</sup>С.

При однакових ЦЧ обваження фракційного складу палива приведе до росту тривалості періоду затримки займання.

### **Схильність до утворення відкладень**

Для надійної роботи дизельних двигунів палива, які застосовуються, не повинні викликати значних відкладень нагару, лаку осадків на деталях камери згорання та в агрегатах системи живлення. Стандартом до утворення відкладень регламентована **зольністю і коксівністю 10%-вого залишку, концентрацією фактичних смол.**

Дизельне паливо при згоранні не повинне утворювати нагаровідкладення на деталях камери згорання, клапанах газорозподільного механізму, поршневих кільцях, голці та корпусі форсунки і т. д., тобто не призводити до значних порушень у роботі. Так, нагар, що утворюється на клапанах, призводить до їх зависання, у камері згорання — до порушення тепловіддачі, на форсунках - погіршення якості вприскування. Вкрай небажане утворення відкладень на поршневих кільцях, що

приводить до їх закоксування, отже, порушує компресію, збільшує прорив газів в картер двигуна, підвищує частку угару моторного масла і т. п.

На процес нагароутворення у дизелі впливають наступні властивості палива: неповнота згоряння - по причині важкого фракційного складу та підвищеної в'язкості; присутність у паливі високомолекулярних смолисто-асфальтових з'єднань, концентрація фактичних смол, ненасичених вуглеводів, сірчистих з'єднань і механічних домішок; підвищеної зольності. Тому, для того, щоб зменшити нагароутворення у двигуні, необхідно або повністю очистити паливо від небажаних з'єднань, або значно зменшити їх присутність.

Для оцінки схильності палива до нагароутворення використовують показник коксівності. Його зручно використовувати для порівняльної оцінки різноманітних партій одного і того ж палива при приймальних випробуваннях.

**Коксівність** 10%-вого залишку є непрямим показником схильності палив до нагароутворення.

Крім нагару, на деталях утворюються також лакові відкладення - продукти високотемпературного окислення ненасичених вуглеводів і других з'єднань. Окремо показник коксівності палива можна оцінювати за вмістом у ньому смол.

Небажаною частиною дизельного палива є зола, що представляє собою мінеральний залишок після горіння палива в атмосфері повітря при температурі 800...850 °С. Для дизельного палива зольність не повинна перевищувати 0,01%. З підвищенням зольності значно росте знос деталей паливної апаратури і циліндропоршневої групи двигуна.

**Зольність** - показник схильності до утворення відкладень при високих температурах.

Сірчисті з'єднання, які містяться у паливі, впливають, головним чином, на якість нагару. Сірка, концентруючись у нагарах та відкладеннях, робить їх більш твердими і важковиводимими. Так, при вмісті у паливі 0,08% сірки у нагарах її містилося 1%, а густина відкладень становила 0,03 г/см<sup>3</sup>. При підвищенні вмісту сірки у паливі до 1,5% у нагарах її вміст зріс до 9%, а густина відкладень збільшилася до 0,5 г/см<sup>3</sup>.

## **Корозійна активність, протизносні властивості палива**

**Корозійна активність** дизельних палив та **протизносні властивості** оцінюються по стандарту **вмістом загальної і меркаптанової сірки, сірководню, випробуванням на мідній платині, кислотністю.**

Під **корозійною активністю** вважається властивість палива або продуктів його згоряння викликати при контакті з металами корозію.

Під **протизносними властивостями** вважається спроможність палива виконувати функції змащувально-консерваційного матеріалу для деталей паливної апаратури, тертьових плунжерних пар паливних насосів.

**Коефіцієнт фільтрування** дизельного палива дозволяє оцінити вміст загальної забрудненості та поверхнево-активних речовин, які викликають закупорку пор паперових фільтрів та ускладнюють роботу паливної апаратури двигунів. Чим більше у паливі механічних домішок, тим вище коефіцієнт фільтрування. Причому, механічні домішки роблять більш істотний вплив на коефіцієнт фільтрування тих палив, у яких більше смолистих з'єднань. Порушення роботи паливної системи двигуна, особливо при низьких температурах, більш за все є наслідком випадання твердих кристалів, які забивають фільтрувальні елементи. Відбувається таке явище тому, що у дизельному паливі містяться розчинені парафінові вуглеводи, які при зниженні температури кристалізуються.

**Температура помутніння** – температура, при якій змінюється фазовий склад палива (з'являється тверда фаза). При цьому паливо починає „мутніти”.

**Температура застигання** палива лише до деякої міри характеризує поведінку палива у системі живлення двигунів. По ній у більшій мірі судять про можливість заправки, транспортування, зливу та наливу палива.

Температура застигання нижче температури помутніння на 5...10 °С. При зниженні температури, зрощення кристалів парафіну утворюють просторову решітку, де усередині знаходяться рідкі вуглеводи палива.

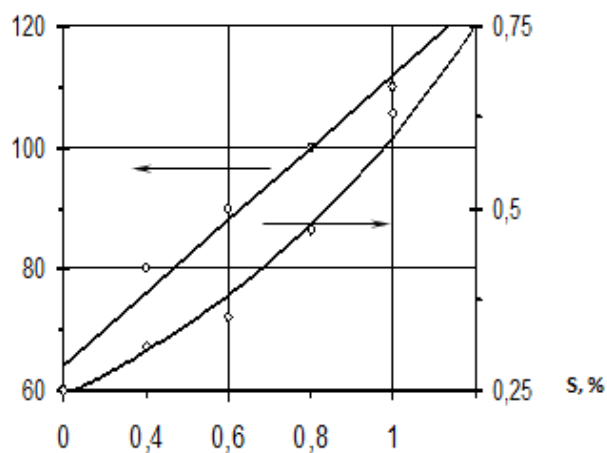
Для забезпечення нормальної роботи дизельного двигуна необхідно, щоб температура застигання палива була на 8...12 °С нижче температури навколишнього середовища.

**Гранична температура фільтрування** оцінює низькотемпературні властивості в умовах, що максимально наближені до умов експлуатації.

Корозійна активність дизельних палив залежить від вмісту у них у значних кількостях безвуглеводних компонентів - кисне- і сірко з'єднань.

**Кислотність** характеризує вміст органічних кислот у дизельному паливі, які викликають корозію кольорових металів, особливо свинцю і цинку. При збільшенні кислотності дизельного палива з 4 до 5 мг КОН на 100см<sup>3</sup> продуктивність форсунок за один хід плунжера може зменшуватися на 13,5%, а середній знос плунжерних пар - збільшитися на 50%.

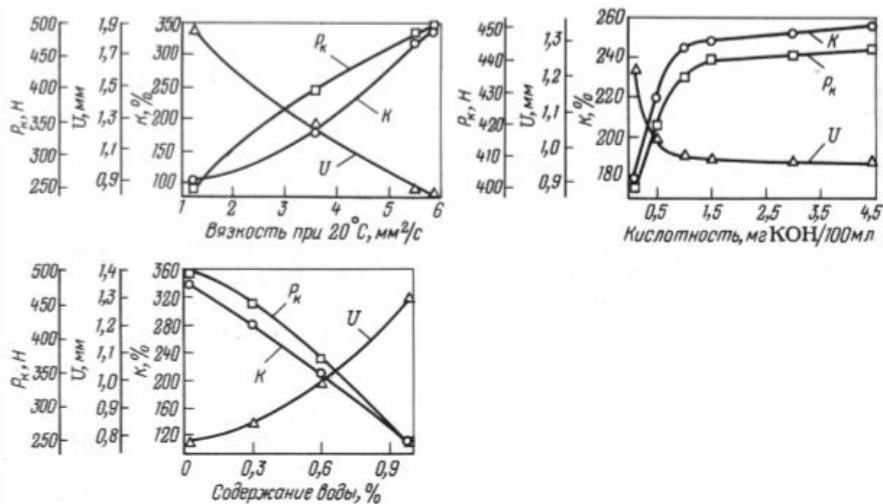
**Сірка**, якщо вона є у вільному стані у паливі, майже миттєво взаємодіє з міддю та її сплавами, створюючи сульфідів, внаслідок чого поряд із корозією металу, що призводить до втрати його маси, спостерігається утворення відкладень на металі. Встановлено, що при зниженні вмісту сірки у дизельному паливі з 1,0 до 0,003% зменшується знос плунжерів у 2 рази. Знос деталей циліндропоршневої групи ілюструється рис. 4.



**Меркаптановою сіркою** називають частку (у відсотках), що припадає у паливі на наявну у меркаптанах сірку. У меркаптанах атом водню здатен замінюватися на метал з утворенням меркаптидів. При окисленні меркаптанів можуть утворюватися сульфоокисли і сірчана кислота. Корозія металів меркаптанами визначається їх концентрацією (вище 0,01%) у паливі і складом.

**Вміст сірководню** - обов'язковий контрольний показник якості палива. Сірководень кородує цинк, залізо, мідь, латунь, алюміній. Тому, при його виявленні дизельне паливо для застосування не придатне.

**Іспит на мідній пластинці** - якісний показник присутності активних сірчистих з'єднань у паливі.



### Прокачуваність, низькотемпературні властивості палива

**Прокачуваність** дизельного палива стандартом оцінюється **в'язкістю, вмістом механічних домішок і води, коефіцієнтом фільтрування, низькотемпературними властивостями.**

**В'язкість** дизельних палив значно залежить від температури. З підвищенням в'язкості збільшується опір прокачуванню палива по системі живлення. При певному значенні в'язкості опір системи живлення настільки зростає, що паливо перестає надходити у потрібній кількості.

Найбільш надійним і точним методом визначення в'язкості при різноманітних температурах є метод практичного визначення в'язкості за допомогою капілярних віскозиметрів. Чим важче фракційний склад, тим сильніше в'язкість палива залежить від температури. Для стабілізації режиму роботи дизельного двигуна при зміні в'язкості палива використовують автоматичні в'язкостні коректори, які забезпечують сталість масової циклової подачі.

**Вміст механічних домішок і води** у дизельних паливах строго регламентується.

Гранична температура фільтрування дизельних палив завжди нижче температур помутніння, але вище температур застигання. Гранична температура працездатності дизелів приблизно відповідає граничній температурі фільтрування. Проте, така відповідність не завжди правдива. Різниця залежить від конструктивних особливостей систем живлення дизелів і вмісту депресорних присадок у паливі.

Гранична температура фільтрування завжди нижче (на 2...10°C) температури застигання.

У холодні періоди року перед використанням дизельних палив літніх марок, або задля поліпшення низькотемпературних властивостей зимових, мають бути проведені певні заходи. Насамперед це стосується запобіганню утворенню кристалів льоду у разі обводнення палива. Для цього застосовуються спеціальні рідини (И, ТГФ, И-М та ін.). Зниження температури застигання дизельного палива може проводитися шляхом внесення депресорних присадок або розбавлення його гасом чи конденсатом або бензином, але добавки, наприклад, бензину не повинні перевищувати 5...15% (бензин повинен бути не етильованим та мати мінімальне октанове число).

### **Екологічні властивості дизельних палив**

Вплив палив на навколишнє середовище виявляється, в основному, у трьох напрямках: токсичному впливі на людей, що безпосередньо контактують із паливом; забруднення атмосфери шкідливими речовинами, які містяться у відпрацьованих газах двигуна, і пожежною небезпекою палив. Пожежну небезпеку палива можна характеризувати **тиском насичених парів**, а також **температурами його спалаху і самозаймання**. Стандартом регламентована температура спалаху у закритому тиглі.

Саме дизельне паливо є малотоксичною пальною рідиною і за ступенем впливу на організм наслідить до 4 класу небезпеки (ГОСТ 12.1.007).

Шкідливі речовини, які виділяються при роботі дизеля, є однією з головних причин забруднення атмосфери міст. Для дизельних двигунів у відпрацьованих газах нормується вміст твердих часток (сажі), монооксиду вуглецю CO і оксиду азоту NO<sub>x</sub>.

На утворення сажі та її виділення з відпрацьованими газами значною мірою впливає груповий склад палива. Найбільшу кількість сажі дають палива, що містять важкі ароматні вуглеводні (у 20 разів більше ніж ті, що містять парафінові). Кількість вуглеводнів та оксидів азоту у відпрацьованих газах збільшується з переобтяженням фракційного складу і збільшенням густоти палива. На цей час зниження токсичності відпрацьованих газів вирішується комплексно, як шляхом покращення організації процесів сумішоутворення і згорання палива, впровадження каталітичних конверторів, так і шляхом добору оптимального групового і фракційного складу палив, розробки і впровадження протидимчастих присадок до палив.

## Питання 4. Стандарти та марки дизельних палив в Україні.

### Альтернативні палива для ДВЗ.

Нормативна документація на якість дизельного палива, що діє в Україні, включає такі стандарти: державний стандарт України (ДСТУ 3868-99), технічні умови України (ТУ 38. 601-53-2-93), ГОСТ 1667-68 та міждержавний стандарт ГОСТ 305-82.

Основна частина палив імпортується з Росії, Білорусії і Литви. Російські нафтопереробні заводи випускають дизельне паливо по ГОСТ 305-82, а також по союзним ТУ і технічним умовам Російської Федерації (ТУ 38. 401-58-106-94, ТУ 38. 1011348-90 та ін.) Підприємства Білорусії й Литви також виробляють свою продукцію, в основному, по російським нормативним документам. У країнах Європейської Співки випускається дизельне паливо, що відповідає вимогам європейського стандарту EN 590. Близькі до них по якості дизельні палива випускаються і у країнах Центральної Європи. При імпорті нових марок дизельного палива з країн ближнього і дальнього зарубіжжя сертифікуватися вони будуть згідно з вимогами нормативної документації, яка діє в Україні.

### Дизельні палива по ДСТУ 3868-99

Стандарт поширюється на палива для швидкохідних дизелів і газотурбінних двигунів наземної і судової техніки, які отримують з продуктів переробки нафти.

У залежності від умов застосування встановлені такі марки дизельного палива:

**Л** (літнє) - що рекомендується для експлуатації при температурі навколишнього середовища  $0^{\circ}\text{C}$  і вище;

**З** (зимове) - що рекомендується для експлуатації при температурі навколишнього середовища не нижче мінус  $15^{\circ}\text{C}$ .

По вмісту сірки дизельні палива підрозділяють на чотири види:

1 - масова частка сірки не більше 0,05%;

2 - масова частка сірки не більше 0,10%;

3 - масова частка сірки не більше 0,20%;

4 - масова частка сірки не більше 0,50%;

В умовному позначенні:

до палива марки **Л** повинні входити масова частка сірки і температура спалаху.

Наприклад, літнє дизельне паливо загального призначення з масовою часткою сірки до 0,2% маркірується „**Л-0,2-40**”, де **0,2** - масова частка сірки - не більше 0,20% (третього виду), **40** – температура спалаху у закритому тиглі - не менше  $40^{\circ}\text{C}$  (для

дизелів загального призначення); до палива марки **З** повинно входити масова частка сірки і температура застигання. Наприклад, зимове дизельне паливо з масовою часткою сірки до 0,05% маркірується „**З-0,05(-25)**”, де **0,05** – масова частка сірки - не більше 0,05% (першого виду), **(-25)** – температура застигання - не вище мінус 25 °С.

#### **Палива дизельні обтяженого фракційного складу по ТУ 38. 601-53-2-93**

Паливо призначене для застосування в автотракторній техніці.

У залежності від умов експлуатації, паливо виготовляється трьох марок:

**УФС** - паливо для експлуатації при температурі навколишнього середовища плюс 5 0 С і вище;

**УФС п1** - паливо з депресорною присадкою для експлуатації при температурі навколишнього середовища мінус 5<sup>0</sup>С і вище;

**УФС п2** - паливо з депресорною присадкою для експлуатації при температурі навколишнього середовища мінус 15<sup>0</sup>С і вище.

По утриманню сірки палива підрозділяються на три підгрупи:

- 1 - масова частка сірки не більше 0,2%;
- 2 - масова частка сірки не більше 0,5%;
- 3 - масова частка сірки не більше 1,0%.

В умовному позначенні марки палива додається цифра, що позначає масову частку сірки. Наприклад, **УФС - 0,2**, де **0,2** - масова частка сірки не більше 0,2%.

#### **Дизельне паливо для середньо- та малообертних дизелів за ГОСТ 16667-68**

Паливо призначене для дизелів із невеличкою частотою обертання колінчатого валу (300...1000 хв<sup>-1</sup>).

Паливо широко використовується на річкових і морських судах, тепловозах і стаціонарних дизельних електричних станціях (у сільському господарстві).

У залежності від умов експлуатації паливо виготовляється двох марок:

**ДТ** - призначено для середньообертних і малообертних дизелів, не обладнаних системою підготування палива;

**ДМ** (мазут) - для суднових малообертних дизелів, обладнаних системою підготування палива (перед використанням підігрівають до 60...70<sup>0</sup>С).

По утриманню сірки марки палива підрозділяються:

*ДТ - мало сірчисте* (масова частка сірки не більше 0,5%);

*ДТ - сірчисте* (масова частка сірки не більше 1,5%);

*ДМ - сірчисте паливо* (масова частка сірки не більше 3%).

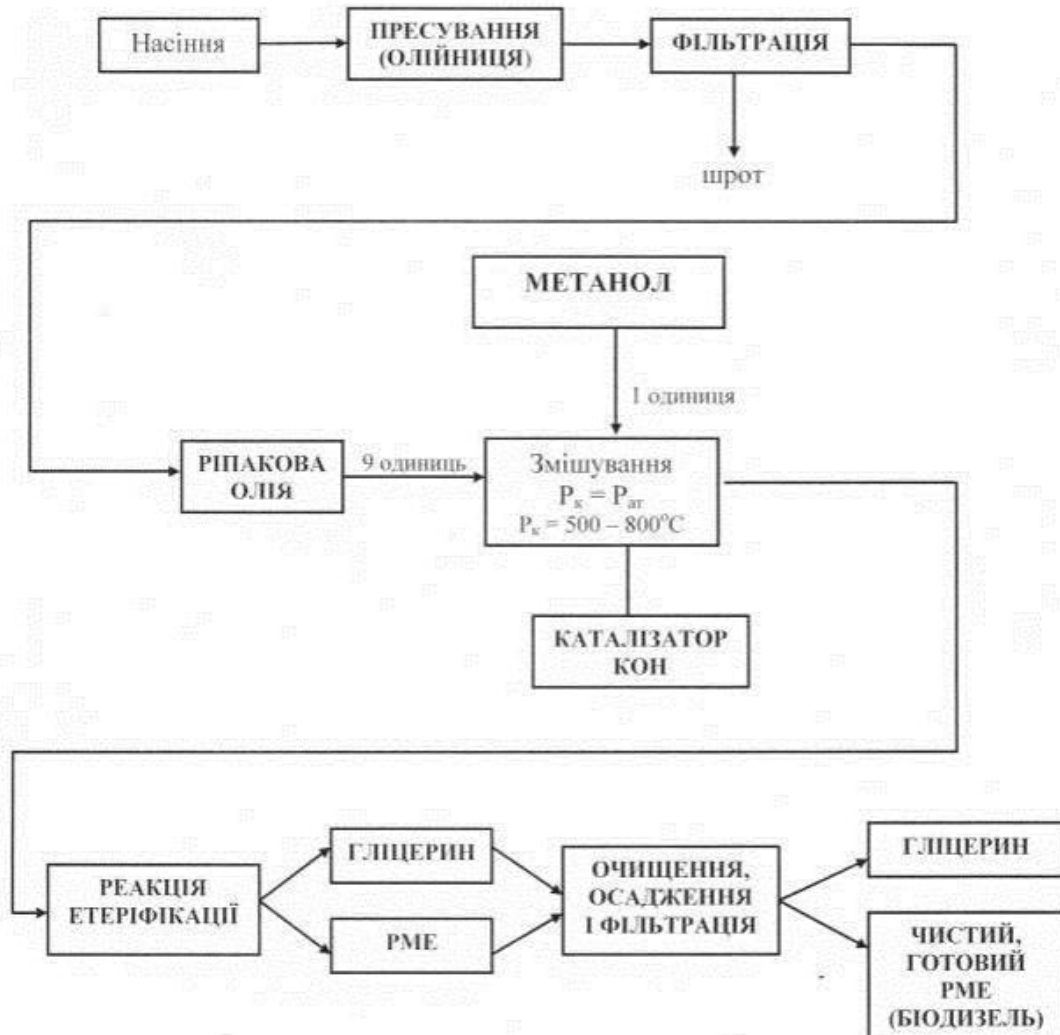


## Альтернативні види палив для ДВЗ

У теперішній час для ДВЗ використовується такі альтернативні види палив:

- -Для бензинових двигунів – біоетанол;
- -Для дизельних двигунів – біодизель.

Схема отримання біодизеля:



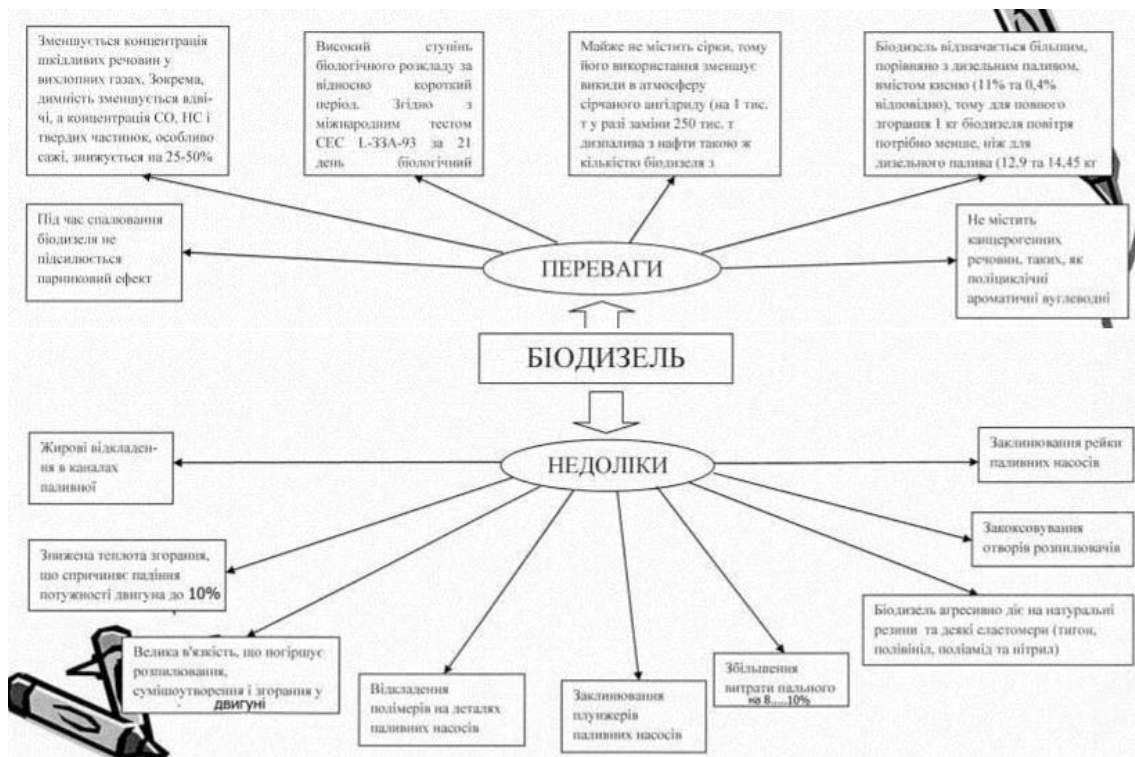
### ОПЕРАЦІЙНА СХЕМА

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ РІПАКУ І ОДЕРЖАННЯ БІОДИЗЕЛЯ

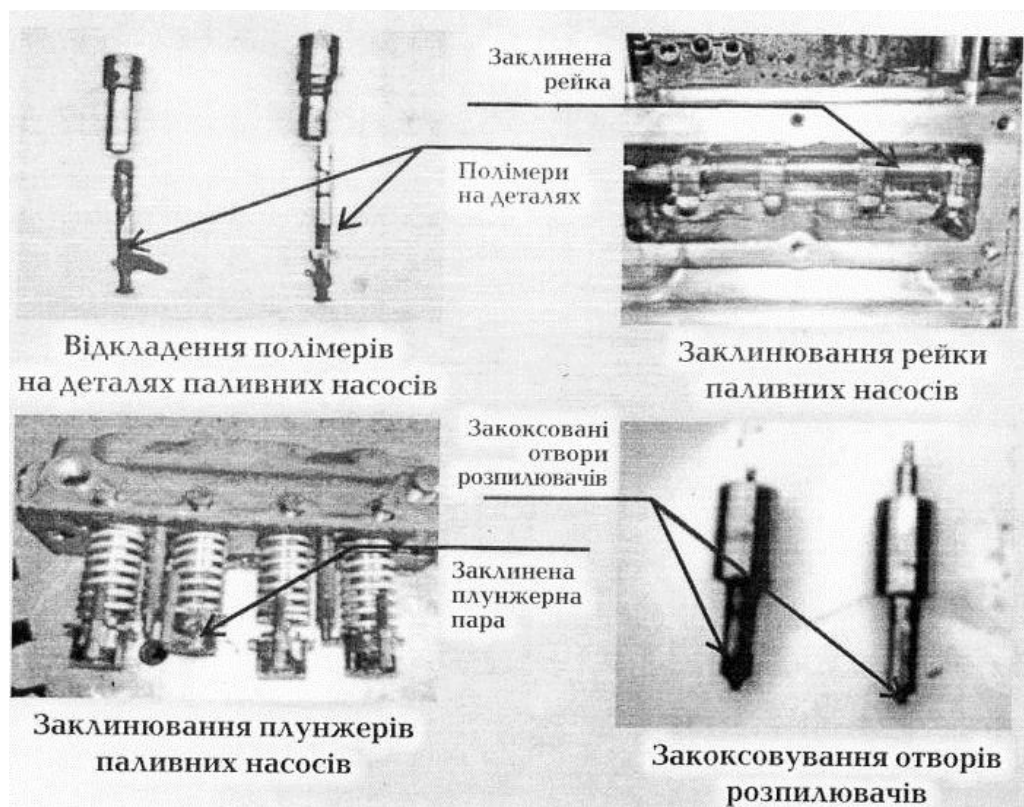
## Характеристика РМЕ

ПОКАЗНИК	Мінеральне (ДСТУ 3868-99)		Ріпако-методичний стандарт (РМЕ-біодизель)
	літнє	зимове	
1. Цетанове число, не менш	45		48>
2. Фракційний склад, °C	50%, не вище		358
	96%, не вище		365
3. Кінематична в'язкість при 20°C	3,0-6,0	1,8-6,0	9,0
4. Температура застигання, °C, не більш	-10	-25	-9*
5. Гранична температура фільтрування, °C, не більш	-5	-15	-3
6. Температура спалаху у закритому тиглі, °C	40	35	120-150
7. Коксівність, %, не більш	0,3		0,35
8. Зольність, %, не більш	0,03		0,03
9. Вміст механічних домішок	відсутній		відсутній
10. Вміст гліцерину, %	відсутній (0,001)		0,3
11. Вміст води	відсутній		відсутній
12. Вміст сірки, %	0,05-0,5		0,02 (0,001)
13. Кислотне число, мг КОН/г	0,06		0,5
14. Елементарний склад, кг/кг	вуглець	0,87	0,77
	водень	0,13	0,12
	кисень	0,004	0,11
15. Теоретично необхідна кількість повітря для згорання 1 кг пального, кг	14,45		12,9
16. Нижня теплота згорання, МДж/кг	43,0		37,0
17. Густина при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	860	840	920
18. Теплотворна здатність	7,0		10,0

## Основні недоліки та переваги РМЕ



## Заклинювання деталей форсунок та паливного насоса



## ЛЕКЦІЯ № 4. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИКОРИСТАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Питання, які підлягають розгляду

1. Стан проблеми. Поняття про тертя та зношування деталей.
2. Функції і експлуатаційні вимоги до класифікацій мастильних матеріалів.
3. Призначення присадок, вимоги до них, їх класифікація.

### **Питання 1. Стан проблеми. Поняття про тертя та зношування деталей.**

#### **Загальні аспекти**

Однією з головних передумов для забезпечення надійної і економічної роботи тракторних, комбайнових, автомобільних двигунів є рішення основної проблеми хімотології - раціонального вибору і застосування мастильних матеріалів, якість яких повинна задовольняти оптимальним вимогам двигунів у відповідності до конструктивних особливостей, рівнем форсування і умовам експлуатації.

Ємність мирового ринку мастильних матеріалів оцінюється у 36,5 млн. т, України – близько 400 тис. т.

У будь-якій машині є деталі, які переміщуються відносно один одного по контактуючим поверхням, при цьому у зоні взаємодії поверхонь виникають контактні сили, названі силами тертя. На подолання сил тертя витрачається більше 20% корисної роботи. Величина втрат на тертя розподіляється наступним чином: поршневі кільця і поршень – циліндри - близько 67% загальних втрат, підшипник колінчастого валу – вал - близько 25%, газорозподільний механізм - близько 8%.

#### **Поняття про тертя і спрацювання**

За характером взаємопереміщення тертьових деталей розрізняють такі види тертя: **покою** - тертя двох тіл при попередньому зсуві і **тертя руху** - тертя двох тіл, що знаходяться у відносному русі.

Розрізняють тертя зовнішнє і внутрішнє. **Зовнішнє** - коли два тіла переміщуються відносно один одного, стикаючись своїми зовнішніми поверхнями, **внутрішнє** - коли елементи структури одного і того ж тіла (рідини, газу і т.п.) переміщуються відносно один одного.

У залежності від характеру відносного переміщення деталей розрізняють **тертя ковзання** і **тертя кочення**, а по наявності мастильного матеріалу існують такі **режими тертя** (рис. 1):

- із мастильним матеріалом на тертьових поверхнях - **рідинне** (в) і **граничне** (б) тертя;

- **сухе** - це тертя тіл при відсутності на поверхнях уведеного мастильного матеріалу (а).

- **змішане** - рубіжний режим між тертям із мастильним матеріалом і сухим (г).

- **Рідинне тертя** - це коли тертьові поверхні розділені шаром мастильного матеріалу, в якому виявляються його об'ємні (в'язкісні) властивості.

- **Граничне тертя** - це коли тертьові поверхні розділені тонкими плівками (до 0,1 мкм) мастильного матеріалу, з властивостями на відмінну від об'ємних. Режим граничного тертя хитливий. Якщо граничний шар руйнується, то навантаження перевищує сили зчеплення і у місці контакту виникає сухе тертя.

Таким чином, товщина мастильного шару та його характер визначає вид змащення і, тим самим, вид тертя.

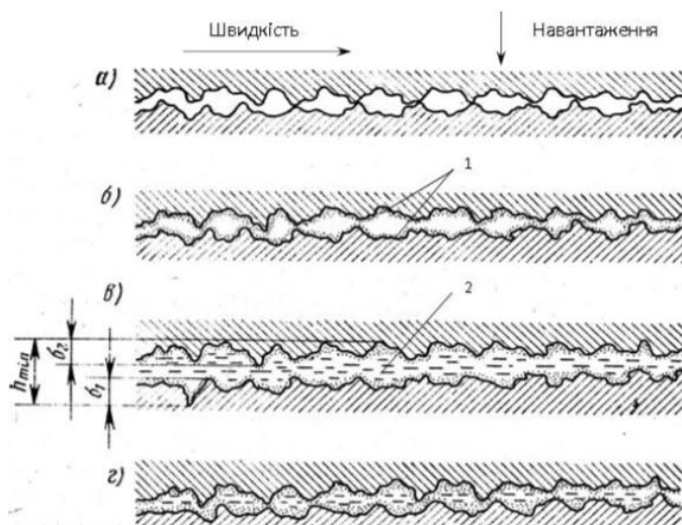


Рис. 1 Види тертя по наявності мастильного матеріалу: а) – сухе (без змащення); б) – граничне; в) – рідинне; г) – змішане: 1 – адсорбційні плівки; 2 – масло.

Для забезпечення рідинного тертя мінімальна товщина мастильного шару повинна бути більше, ніж сумарна висота мікрориступів на поверхнях тертя (див. рис. 1, в):  $h_{min} \geq 1,5(R_{z1} + R_{z2})$ .

Під граничним змащенням, відповідно до міжнародного стандарту ISO4378/3, розуміється вид змащення, якому не можуть бути приписані об'ємні в'язкостні властивості мастильного матеріалу. При цьому товщина і міцність масляної плівки залежать від складу масла і вхідних до нього присадок, хімічної структури і стану поверхні тертя. У цьому випадку шар масла співставляється із розмірами молекул мастильного матеріалу. Наявність граничної плівки знижує сили тертя у порівнянні із сухим тертям у 2...10 раз і зменшує знос поверхонь у сотні разів.

Розрізняють масляні плівки фізичного походження (**адсорбція**) і хімічного (**хемосорбція**) (див. рис. 1).

Тому, при граничному терті поверхні завжди покриті адсорбційним шаром поверхнево і хімічно активних речовин, які присутні у маслах.

Створення мастильних плівок силами адсорбції обумовлюється наявністю у мастильних матеріалах поверхнево-активних речовин, які несуть електричний заряд. Молекули мастильного матеріалу орієнтуються перпендикулярно до твердої поверхні, що дозволяє схематично уявити для наочності граничну плівку у виді „ворсу” (рис. 2).

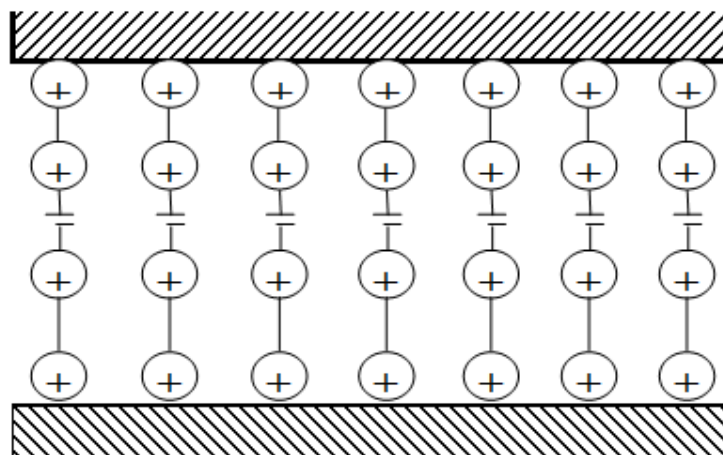
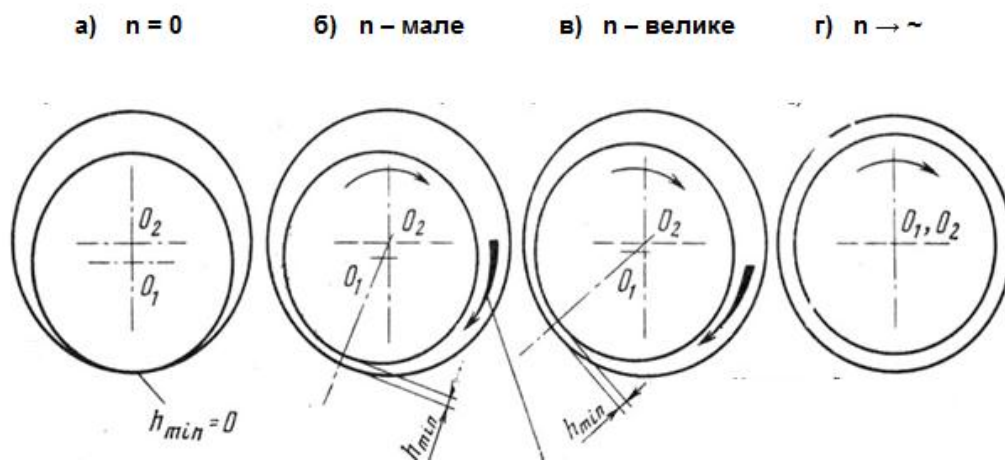


Рис. 2. Схема утворення граничних плівок.

Електрзаряджені (полярно-активні) молекули притягуються до поверхні металу, утворюючи плівку завтовшки в одну молекулу, на яку нарощуються нові шари.

Таким чином, при граничному терті поверхні розділені плівкою мастильного матеріалу, який складається з декількох шарів молекул. При взаємному переміщенні поверхонь тертя „ворсинки” начебто вигинаються у протилежні сторони, так як молекули з однойменними зарядами відштовхуються. Здатність мастильних матеріалів, що містять поверхнево-активні речовини, утворювати на змащених

поверхнях достатньо міцні шари орієнтованих молекул, називається **маслянистістю** або **змащувальною** здатністю масла. Маслянистість оцінюють, в основному, по коефіцієнту тертя: чим він менше – тим вище маслянистість. Однак, змащувальна здатність стрімко падає з підвищенням температури, коли сили міжмолекулярної взаємодії стають слабшими.



### Масляний клин

Рис. 3. Утворення масляного клину при обертанні вала у підшипнику:

$O_1$  – центр вала,  $O_2$  – центр вкладиша підшипника.

М.П. Петров, беручи за основу закон Ньютона (тертя рідких тіл у підшипниках, підкоряється закону гідродинаміки), запропонував для практичного користування таку спрощену формулу рідинного тертя:

$$F = \frac{\eta \cdot s \cdot v}{h},$$

де  $F$  - сила рідинного тертя, Н;

$\eta$  - динамічна в'язкість, Нс/м<sup>2</sup>.

$s$  - площа стискання тертьових поверхонь, м<sup>2</sup>;

$v$  – відносна швидкість переміщення поверхонь, м/с;

$h$  – товщина шару масла, м.

На підставі експериментального вивчення режимів роботи підшипників ковзання професором М.П. Петровим була створена гідродинамічна теорія тертя і запропонована наступна формула для визначення коефіцієнта рідинного тертя:

де  $P_m$  - питомий тиск на підшипник, Н/м<sup>2</sup>.

$$f = \frac{\eta \cdot v}{n \cdot P_m}, \quad P_{n.m.} = \frac{P_{заг.}}{S},$$

Основні практичні висновки рідинного тертя, що виходять з гідродинамічної теорії змащення, такі:

- 1) Із збільшенням в'язкості масла, швидкості ковзання деталей і поверхонь їх стикання, втрати на тертя збільшуються.
- 2) Надійність змащення зростає із збільшенням в'язкості масла, швидкості руху тертьових деталей, зменшенням навантаження на них.
- 3) При великих відносних швидкостях переміщення змащувальних поверхонь треба вживати малов'язкі масла, а при малих швидкостях - високов'язкі.
- 4) Зі збільшенням зазору між тертьовими деталями в'язкість масла повинна зростати.
- 5) Зі збільшенням навантаження на деталі, слід вживати більш в'язке масло.

У таблиці 1 приведені значення коефіцієнтів тертя при різних видах тертя.

Вид тертя	Значення коефіцієнта тертя
Рідинне	0,007...0,03
Граничне	0,08...0,15
Сухе	0,15...0,9 (іноді > 1)

Таблиця 1 – Залежність коефіцієнта тертя від виду тертя.

**Зношування (знос)** - процес поступової зміни розмірів деталей, обумовлений утворенням і руйнацією на поверхнях тертя тонких плівок вторинних структур.

## **Питання 2. Функції і експлуатаційні вимоги до класифікацій мастильних матеріалів.**

Практично будь який мастильний матеріал являє собою масляну основу - базове масло, до якого вводять присадки різного функціонального призначення.

Незалежно від області застосування мастильний матеріал виконує такі основні функції:

- а) зменшувати зношування між сполученими деталями;
- б) зменшувати тертя, яке виникає між тертьовими поверхнями, що сприяє зниженню непродуктивних втрат енергії;
- в) відводити тепло від деталей, що труться;
- г) захищати тертьові поверхні та інші неізольовані деталі від корозійного впливу зовнішнього середовища;
- д) відводити продукти зносу та окислення з вузла тертя.



## Види мастильних матеріалів та їх класифікація

Мастильні матеріали класифікують:

- 1) за походженням масляної основи;
- 2) за призначенням (застосуванню) готового продукту;
- 3) за зовнішнім станом.

За походженням розрізняють такі мастильні матеріали:

- **мінеральні (нафтові)** є основною групою випускаємих масел (90...95%) і виробляються шляхом відповідної переробки нафти;
- **рослинні і тваринні**, що мають органічне походження. Олії виробляються шляхом переробки насіння певних рослин - рапсу, гірчиці, сурепи, рицини та ін. Тваринні олії виробляють із тваринних жирів. Органічні олії, у порівнянні, з нафтовими маслами мають більш високі змащувальні властивості і володіють більш низькою термічною стійкістю, тому їх частіше використовують у суміші;
- **синтетичні (напівсинтетичні)**, що одержані шляхом полімеризації рідких або газоподібних вуглеводнів, як нафтової, так і ненафтової сировини, а також синтезу кремнійорганічних та інших з'єднань. По деяких показниках ці масла кращі у порівнянні з нафтовими, але у них більш висока вартість. Незважаючи на це, область їх застосування безупинно розширюється.

За призначенням масла підрозділяються (табл. 2):

Група	Підгрупа
<b>Моторні</b>	Бензинові Дизельні Універсальні
<b>Турбінні</b>	Газотурбінні Турбінні загального призначення
<b>Трансмісійні</b>	Для механічних передач Гідромеханічних передач Гідростатичних передач
<b>Індустріальні</b>	Індустріальні загального призначення
<b>Різноманітного призначення</b>	Компресорні, Циліндрові, Ізоляційні

**За зовнішнім станом** масла можуть бути класифіковані:

1) **газові масла**, у якості газових масел застосовують азот, неон і фреон. Газові масла застосовуються у вузлах тертя точних приладів, апаратурі ядерних реакторів, газових турбінах, турбокомпресорах;

2) **рідкі масла**, у якості рідких масел застосовують масла нафтового і не нафтового походження і мають найбільш широке поширення ;

3) **тверді мастила**, у якості твердих мастил застосовують у виді порошку графіт, нітрит бору, різноманітні синтетичні смоли, фторопласти, наповнені графітом і нанесені на поверхню тертьових пар у виді тонкої плівки.

Найбільш розповсюджені у сільському господарстві рідкі масла. Вони, у свою чергу, можуть бути класифіковані (за застосуванням):

**1 група** - масла, що працюють при нормальних умовах. Робоча температура від мінусових до плюс 40...50 °С. До них відносять різноманітні індустріальні масла, які застосовуються для змащення верстатного устаткування, сепараторні масла для змащування вакуумних насосів - малов'язкі дистилятні масла;

**2 група** - масла, що працюють при температурах 150...200 °С. До них належать компресорні і турбінні масла, а також для парових машин - звичайні дистилятні масла, але більш в'язкі, ніж 1 група;

**3 група** - моторні масла, що працюють при температурі 80...300 °С і стикаються з агресивним середовищем (продукти згоряння палива);

**4 група** - масла спеціального призначення - медичні, збройові, ізоляційні та інші - малов'язкі масла, які мають високу стабільність;

**5 група** - трансмісійні масла, які працюють при температурах 60...150 °С і при високих питомих навантаженнях;

**6 група** - мазі (консистентні мастила).

З названих груп мастильних матеріалів найбільш широке поширення у сільськогосподарській техніці мають моторні, трансмісійні, індустріальні масла і різноманітні консистентні мастила.

### **Питання 3. Призначення присадок, вимоги до них, їх класифікація.**

#### **Призначення і види присадок до масел.**

Для сучасних бензинових і дизельних двигунів потрібні моторні масла високої якості. Базові нафтові масла не забезпечують зниження тертя і зменшення

інтенсивності зношування сучасних вузлів тертя. Підвищення якості сучасних масел досягається введенням до їх складу спеціальних присадок. Присадки - це складні хімічні сполуки, що вводяться у масло в концентрації від долей відсотка до 20...30% для надання нових поліпшених властивостей.

Для присадок використовують такі речовини, які, поліпшуючи якусь одну властивість масла і не впливають на решту показників.

Крім того, присадки повинні добре розчинятися у маслах, бути достатньо хімічно та термічно стабільними, не розшаровуватись і не вилучатися з масла при довгому зберіганні.

Застосовуючи масла з присадками, можна зменшити зношування і кількість відкладень на поверхні тертя, поліпшити умови експлуатації та підвищити надійність і довговічність двигуна, трансмісії та інших вузлів техніки.

Механізм дії присадок представлений на рис.5.



Рис. 5. Особливості тертя: масло без присадки (а) та з хімічно активною присадкою (б); 1 – тертьові поверхні; 2 - масло; 3 - "крапка контакту"; 4 - момент зварювання поверхні деталей; 5 - утворення хімічної плівки; 6 - полірування деталей.

Проте, будь-яка високоякісна присадка може бути ефективною тільки у тому випадку, якщо базові масла добре очищені, мають оптимальний вуглеводневий склад.

Необхідність застосування в'язкістних і депресорних присадок диктується напруженою роботою двигуна або якістю палива.

Доцільність застосування миючих, проти окисних, протизносних та інших присадок тісно пов'язана з конструктивними параметрами двигуна, напруженістю його роботи.

Загальними вимогами, незалежно від призначення присадки, є:

- якнайбільша ефективність;
- спроможність цілком розчиняється у маслах, як при низькій, так і при високій температурі;

- відсутність негативного впливу на експлуатаційні властивості масла, які не пов'язані з функціональною дією використовує мої присадки;
- мати високу стабільність при зберіганні масла та неминучому в експлуатації контакту з водою;
- не випадати в осад і не відфільтровуватись фільтрами тонкого очищення у період роботи.

Прийнято **класифікувати присадки** за трьома загальними ознаками:

- за видом нафтопродукту, для якого вони призначенні;
- за функціональним призначенням;
- за механізмом дії (фізичний, поверхнево-адсорбційний, колоїдно-хімічний).

**За призначенням** присадки можна розділити на такі групи:

1) **Індивідуальні**, які покращують одну властивість масла:

- **в'язкістні** присадки, які поліпшують в'язкістно-температурну характеристику (властивості);
  - **депресорні**, які знижують температуру застигання масла;
  - **миючі (детергенти)**, які не припускають на деталях двигуна нагарів, лаків, осадів;
  - **протиокисні**, які підвищують стабільність масла;
  - **протизадирні**, які покращують мастильні властивості масел та охороняють деталі двигуна і трансмісії від задиру;
  - **антикорозійні**, які захищають від корозії;
  - **протиспінювальні**, які запобігають спінюванню масел при циркуляції у масляних системах.

2) **Багатофункціональні**, спроможні поліпшити дві або кілька властивості масла. Це фенолсульфідні, полімерні та інші з'єднання, які містять фосфор і сірку.

Великий внесок у розробку присадок до масел і з'ясування механізму їх дії внесли дослідження радянських вчених С.Е. Крейна, А.М. Кушева, К.К. Панок, А.Б. Виппера, Ю.С. Засловського і багатьох інших.

### **Вміст та дія присадок**

Сучасними дослідженнями встановлено, що присадка рідко покращує якість одного показника масла, частіше, поряд з домінуючим основним, присадка виконує і

ряд додаткових функцій. Але, звичайно їх класифікують по основній, виконуваній ними функції. Розглянемо коротко найбільш поширені у маслах присадки та їх вміст:

- мийно - диспергійні (3...20%);
- протикорозійні (0,1...1,0%);
- протизадирні та протизносні (5...10%);
- протиокислювальні (0,005...3%);
- депресорні (0,1...1,0%);
- в'язкісні (0,5...10%);
- протипінні (0,0001...0,001%);
- антифрикційні (0,5...2,2%);
- інгібітори корозії (1...10%).
- В'язкісні присадки (атапол, ИХП-234, КП-5, КП-10, КП-20, ПМА „В-1”, ПМА „В-2”, вініпол та ін.) .

Щоб одержати високоякісні масла з високим індексом в'язкості і задовільною прокачуваністю при низьких температурах, недостатньо застосування високоякісної сировини і поліпшення технології нафтопереробки. Значного підвищення цих показників можна домогтися застосуванням в'язкісних присадок.

В'язкісні присадки застосовуються у тому випадку, коди треба підвищити в'язкість масла чи поліпшити його в'язкісно-температурну характеристику, при збереженні низькотемпературних властивостей. Практично, в'язкісні присадки використовуються для одержання різноманітних масел, що забезпечують роботу двигунів у різноманітних кліматичних умовах.

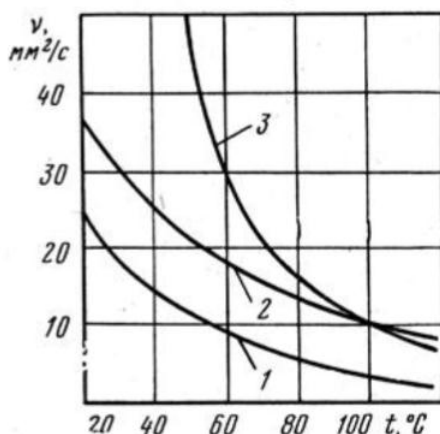


Рис. 6. Вплив в'язкісної присадки на в'язкість масла при різних температурах: 1 – малов'язке масло; 2 – масло з в'язкісною присадкою (загущене); 3- дистилятне масло (однакове за в'язкістю загущеному).

У якості в'язкістних присадок на цей час використовують високомолекулярні з'єднання. До таких присадок відносяться поліметакрилати, полівінілкілові ефіри, а також поліізобутилени. Ці з'єднання майже не збільшують в'язкість при низьких температурах, але значно збільшують при високих робочих, тобто дотримується умова - мінімальна в'язкість при роботі двигуна, але достатня для забезпечення рідинного тертя та рухомості при температурах запуску. Ці присадки підвищують **індекс в'язкості** масла.

Отримані у такий спосіб масла називаються загущеними і використовуються як всесезонні. Застосування таких мастильних матеріалів сприяє значному зниженню втрат енергії на тертя, що забезпечує економію палива.

***Депресорні присадки, які знижують температуру застигання масла (АзНИИ, ПМА-Д, АзНИИ-ЦИАТИМ-1, АФК та ін.).***

Присадки, які знижують температуру застигання масла, застосовують з метою збереження рухливості масел при низьких температурах. Додавання до масел цих присадок (їх називають депресорними присадками у кількості 0,1...1,0%) дозволяє знизити температуру застигання на 10...30°C.

Дії депресорів полягають у гальмуванні процесу утворення у маслі суцільних кристалічних сіток (кристалів парафіну) при зниженні температури, що і дозволяє маслу зберігати свою текучість.

Найбільш потребують внесенню депресорних присадок масла з парафіністичних нафт.

***Протизносні (ДФ-11, ДФБ, ЕФО, АЗ-309/2), протизадирні (АДФ, ОТП, ЛЗ-23К, БМА-5) та антифрикційні присадки (ВІР-1 та ін.).***

Призначення цих присадок - це створення та збереження міцної масляної плівки на тертьових поверхнях, вузлах і механізмах тертя при дуже високому тиску. За характером дії присадки, що покращують ці властивості, поділяють на антифрикційні, протизносні і протизадирні - для попередження заїдання поверхонь. Компонентами цих присадок є сполуки хлору, фосфору, сірки. Механізм дії таких присадок представлено на рис 7.

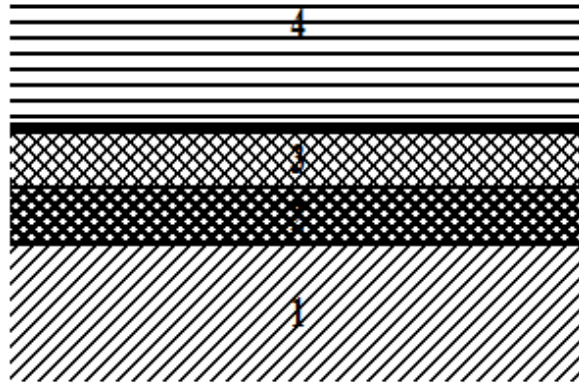


Рис. 7. Будова захисного покриття металу змащувальним матеріалом: 1-метал; 2-хімічна плівка; 3- адсорбована плівка; 4-об'ємний шар.

На думку більшості дослідників дія цих присадок полягає у тому, що хлор, фосфор та сірка в умовах високих температур і тиску, вступають у реакцію з поверхнею металу і утворюють хімічні сполуки у вигляді плівок: сульфід, хлорид та фосфат заліза, які передують зварюванню третьових поверхонь.

Ефективно додаються присадки до малов'язких трансмісійних масел ТАп-15 та ТАп-10 у кількості 5 %. За своєю дією вони комплексні, бо мають протизадирні властивості та одночасно підвищують маслянистість мастильних матеріалів.

***Протиокисні присадки (іонол, агидол-1, ДФ-11, ИХП-21, КАСП-13, барил, ДБК, НГ-2246 та ін.).***

Протиокисні присадки сповільнюють процес окислення, що особливо важливо для масел, які працюють протягом тривалого періоду (турбінні, трансформаторні). Протиокисні присадки, які додають до моторних масел, сповільнюють їх розклад та окислення. Вони тонким шаром покривають деталі в умовах високих температур близько 200...300 °С. Найбільше поширення в якості протиокисних отримали алкіл фенольні присадки.

***Антикорозійні присадки (АКОР-1, КП-2, А15/41, СИМ, ВСП та ін.).***

Під антикорозійними властивостями у хімотології розуміють спроможність масла у процесі роботи не здійснювати корозійний вплив на різноманітні металеві вузли, деталі машин і механізмів.

Антикорозійні присадки попереджують чи сповільнюють корозію. Дія їх полягає у тому, що на поверхні металу утворюється захисна плівка, яка не піддається

корозії; вони нейтралізують кислі продукти, вступаючи з ними в реакцію, а також зменшують окислення масла.

До складу цих присадок входять речовини трибутилфосфат, фосфор та сірка.

***Миюче-диспергійні присадки (ПМС, И-20А, С-300, НСК, АСК, МАСК, АСБ-50, С-5А та ін.).***

Найбільш поширені у моторних маслах. Призначення цих присадок - зменшити утворення лакових відкладень та шлаків, що утворюються на деталях двигунів внутрішнього згорання в результаті окислювання масла. Миючі присадки надають маслам властивості утримувати у суспендованому стані нерозчинні в маслі речовини. Крім того, вони утворюють захисний шар на поверхні металу, внаслідок чого продукти окислення не можуть прилипати до деталей.

У зв'язку з тим, що шлакоутворення залежить не тільки від миючих властивостей масел, але й у значній мірі і від протиокисних властивостей, тому миючі присадки, як правило, застосовують разом з ними.

В якості миючих присадок вживають солі нафтових кислот, а також барієві та кальцієві солі сульфокислот.

***Протиспінювальні присадки (ПМС - 200А).***

Присадки цього типу добавляються до масел, у тому випадку, якщо у вузлах тертя масло спінюється, що різко погіршує його маслянистість, у результаті чого масляна плівка, яка утворюється на поверхнях тертя, стає хиткою. Це призводить до підвищення зношування деталей.

Для запобігання вспінювання масла застосовують алкілсульфати, полісілоксани та інші сполуки. Ці присадки вводять разом із миючими, тому що останні сприяють спінюванню масла.

***Багатофункціональні присадки.***

Крім перелічених індивідуальних присадок застосовуються багатофункціональні присадки, які мають особливість комплексно поліпшувати кілька властивостей моторних масел. Ці присадки одержують синтетичним шляхом і вони є складними металоорганічними сполуками. З найбільш застосовуваних багатофункціональних присадок для поліпшення автотракторних масел, відомі такі:



БФК і КФК, ЦИАТИМ - 339 (розроблена Центральним інститутом авіаmotorних палив та масел), ER, FENOM та інші.

# ЛЕКЦІЯ № 5 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИКОРИСТАННЯ МОТОРНИХ МАСЕЛ

## ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Умови роботи та вимоги до моторних масел.
2. Основні показники якості моторних масел.
3. Міжнародна та вітчизняна класифікація моторних масел.

### Питання 1. Умови роботи та вимоги до моторних масел.

Рис. 1 Умови роботи моторних масел



Рис. 1 Умови роботи моторних масел

При роботі двигуна внутрішнього згорання на масло впливають різноманітні чинники, які погіршують його якість. Під дією цих чинників масло старіє, змінює свою початкову якість, у ньому накопичуються розчинні і нерозчинні вуглецеві осадки. Температура масла у картері двигуна змінюється від мінусових і може нагріватися до  $80...120^{\circ}\text{C}$ .

Проте інтервал зміни температур достатньо широкий. Так, наприклад, на голівці та днищі поршня масло прогрівається до 400 °С, а у камері згорання в момент займання робочої суміші до 1500 °С і вище.

Важливим чинником, що впливає на процес старіння масла є кисень повітря. Під дією кисню повітря при високих температурах утворюються перекиси, які потім утворюють різноманітні продукти більш глибокого окислення.

Хімічний склад масла також впливає на процес його окислювання. Масло, як і нафта, містить у своєму складі парафінові, нафтенові й ароматні вуглеводні, а також кисень, сірку і з'єднання азоту. Найбільшою спроможністю до окислювання володіють парафінові вуглеводні і нафтенові з великою кількістю циклів.

Великий вплив на старіння масла має сірка, яка міститься у паливі. Підвищення вмісту сірки у паливі призводить до збільшення нагароутворення у двигуні.

При роботі двигуна масляний насос подає масло в магістраль, звідки воно надходить до тертьових деталей.

При задовільному технічному стані приблизно 20...25% масла йде на змазування деталей, а інше дрослює через перепускний клапан до картеру. Підвищена подача масла масляним насосом є також однією з причин окислювання масел, що пов'язана з інтенсивною аерацією від зубців шестерень насосу.

Обсяг масляної системи істотно впливає на зміну якості моторного масла. Це пояснюється збільшенням кратності прокачуваності масла із дією високих температур.

На процес окислення масла впливає ступінь завантаження двигуна, яка неоднакова у залежності від видів виконання технологічного процесу. При виконанні сільськогосподарських операцій, наприклад, оранці, сівбі, культивуванні, ступінь завантаження двигунів складає 70...90% від номінальної потужності, при транспортних роботах – 30...60%. Час роботи тракторів на цих операціях також неоднаковий.

Таким чином, чим вище завантаження двигуна, тим більш інтенсивно протікають процеси окислення масла, і як наслідок - накопичення механічних домішок, які досягають максимуму в області повних завантажень.

Для забезпечення нормальної експлуатації агрегатів і вузлів машин масла повинні відповідати комплексу вимог, виходячи з їх призначення, зберігання, ергономічності і безпеки.

Для забезпечення нормальної експлуатації агрегатів та вузлів машин мастильні матеріали повинні відповідати вимогам, до яких першочергово відносяться:

- 1) оптимальні в'язкісно-температурні властивості, що забезпечують легкий запуск двигуна при низьких температурах, зменшення зношування і зниження втрат потужності машини;
- 2) задовільні змащувальні властивості для забезпечення змащення на всіх режимах роботи машини;
- 3) задовільні миючі властивості з метою видалення утворень лакових відкладень на поверхнях деталей масляної системи;
- 4) високі протикорозійні властивості;
- 5) високу термо- і протиокисну стійкість, що перешкоджає зміні хімічного складу масла;
- 6) низьку випаровуваність;
- 7) гарну сумісність з полімерними і гумово-технічними виробами;
- 8) низьку токсичність; не викликати забруднення навколишнього середовища, легко транспортуватися і прокачуватися.

## Питання 2. Основні показники якості моторних масел. Зміна якості масла в процесі роботи двигуна

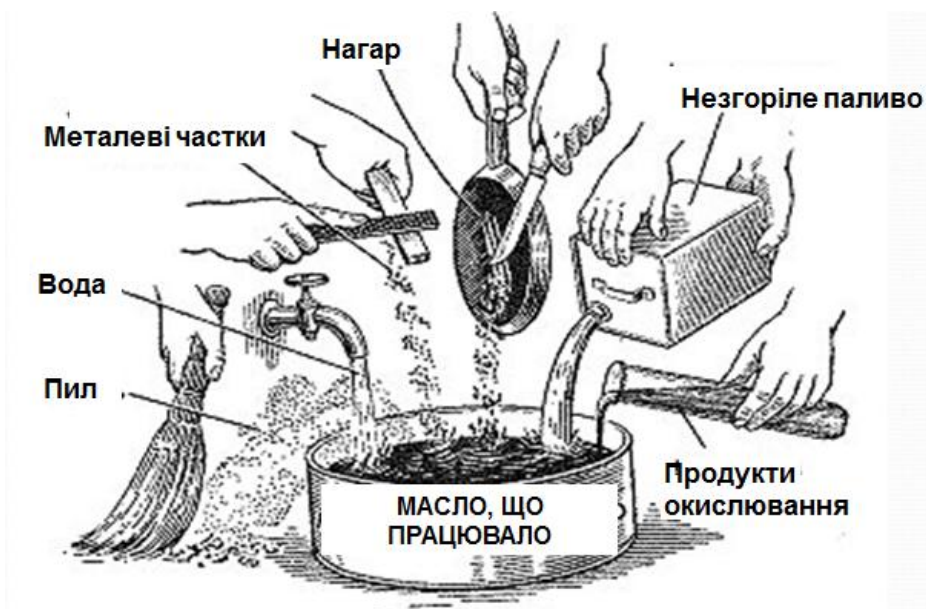


Рис.2 Основні види забруднювачів моторного масла

Найважливішою складовою частиною процесу старіння моторних масел, їх працездатністю є спрацьованість присадок. Під спрацьованістю присадок варто

розуміти зменшення їх концентрації у маслі і втрату ефективності в результаті окислювання, розкладання під дією вологи (гідроліз) та температури, взаємодії з продуктами, які утворюються при згорянні палива і прориваються з камери згорання у картер двигуна, осадження на фільтрувальних елементах, а також впливу навантажувальних режимів.

Більш за все необхідно простежувати спрацьованість присадок. Зменшення концентрації присадок оцінюють, як правило, за вмістом у маслі металів присадок (кальцію, барію, магнію та ін.) або лужного числа.

Розглянемо деякі закономірності зниження концентрації миючих присадок у моторних маслах.

Концентрація присадок у маслі зменшується за часом нерівномірно: у перші часи роботи двигуна цей процес протікає особливо інтенсивно, а в наступні - поступово загасає. Це пояснюється тим, що у початковий період роботи двигуна має місце активна взаємодія присадки з поверхнею змащувальних деталей.

Адсорбуючись на продуктах окислювання і забруднення масла, миючі присадки витрачаються також при видаленні цих продуктів фільтрами і центробіжними очисниками.

При центробіжному очищенні миючі присадки виводяться з моторного масла менш інтенсивно, ніж фільтрами тонкого очищення. Це пояснюється тим, що відцентрові маслоочисники менш ефективно виділяють з масел асфальтосмолисті речовини, на яких адсорбуються присадки, ніж фільтри тонкого очищення.

У висновку слід зазначити, що при роботі двигуна під дією високих температур, тиску та тривалості роботи відбувається зміна фізико-хімічних показників масла:

1) збільшується кількість механічних домішок, які утворюються у перші 60...120 годин роботи, а потім процес стабілізується. Інтенсивне накопичення механічних домішок відбувається за рахунок окислення малостабільних вуглеводнів масла;

2) зростання в'язкості масла на 2,5...3,0 мм<sup>2</sup>/с інтенсивне у перші 60...160 годин роботи, а потім стабілізується. Це явище пояснюється випаруванням із масла легкокиплячих малов'язких фракцій і накопичення у ньому поляризованих продуктів окислення;

3) знижується лужність підвищується кислотне число масла за рахунок вигорання лужних та інших присадок (рис.3)

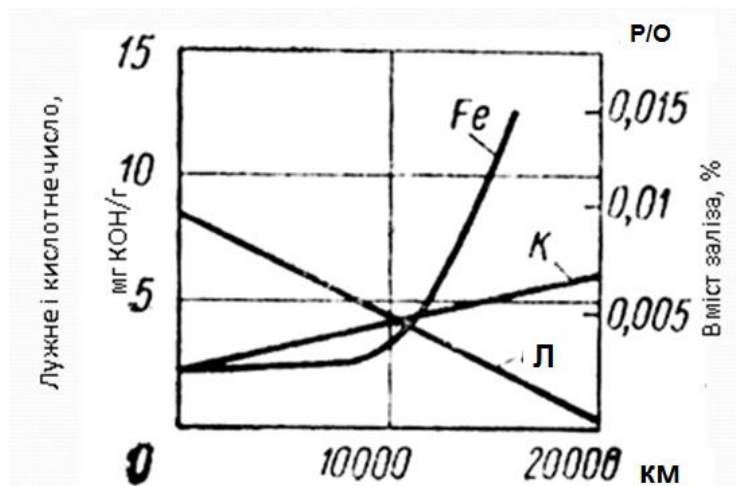


Рис.3 Залежність лужного і кислотного чисел моторного масла та зносу третьових деталей від пробігу автомобіля.

Зміна показників масла показана на рис. 4.

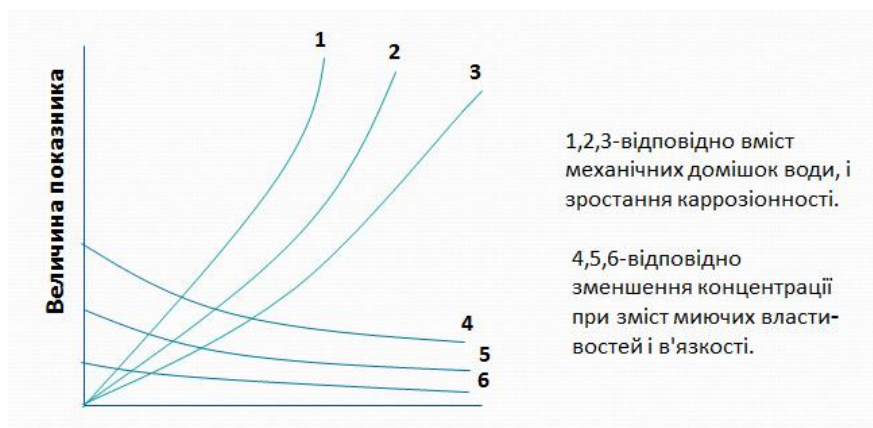


Рис.4 Характер зміни основних показників масла в процесі роботи.

#### Причинами зменшення присадки є:

- 1) адсорбція присадки на фільтрувальних елементах масляних фільтрів;
- 2) адсорбція присадки на механічних домішках і наступне її видалення разом із домішками системою очищення в двигуні;
- 3) адсорбція на поверхні деталей;
- 4) витрата присадки по функціональному призначенню.

Великий вплив на вміст присадки у маслі становить якість його зберігання. Відомо, що велика частина присадок не розчинюється у маслі і складає з ним колоїдну систему, яка дуже чутлива до вологи. Обводнювання масла 0,2% води призводить до порушення колоїдної системи і до випадання присадок в осад (наприклад, через 6 годин випадає в осад 75%).

## Експлуатаційні властивості моторних масел (основні показники)

Слід зазначити, що про якість масла можна судити тільки з комплексу показників. Далі розглядаються основні фізико-хімічні та експлуатаційні показники якості моторних масел.

### 1. В'язкісні властивості

В'язкість є однією з основних властивостей мастильних матеріалів.

Згідно з гідродинамічною теорією рідинного змащення, в'язкість масел є характеристикою, яка визначає можливість його застосування для даної машини.

В'язкість моторних масел, на відміну від більшості інших показників, може змінюватися в сторону, як збільшення, так і зменшення. З підвищенням температур в'язкість масел зменшується, а при зниженні - підвищується.

Зміна в'язкості із зміною температур у різних масел відбувається по-різному. Значний вплив на зміну в'язкості має вуглеводний склад. Ароматичні вуглеводні мають гіршу в'язкісно-температурну характеристику, ніж парафінові вуглеводні.

Для характеристики ступеню зміни в'язкості із зміною температур у паспортах на масло приводиться індекс в'язкості.

Індекс в'язкості – це відносна величина, яка показує ступінь зміни в'язкості масла в залежності від температури у порівнянні з еталонними маслами. Індекс в'язкості визначається по формулам, таблицям або номограмі.

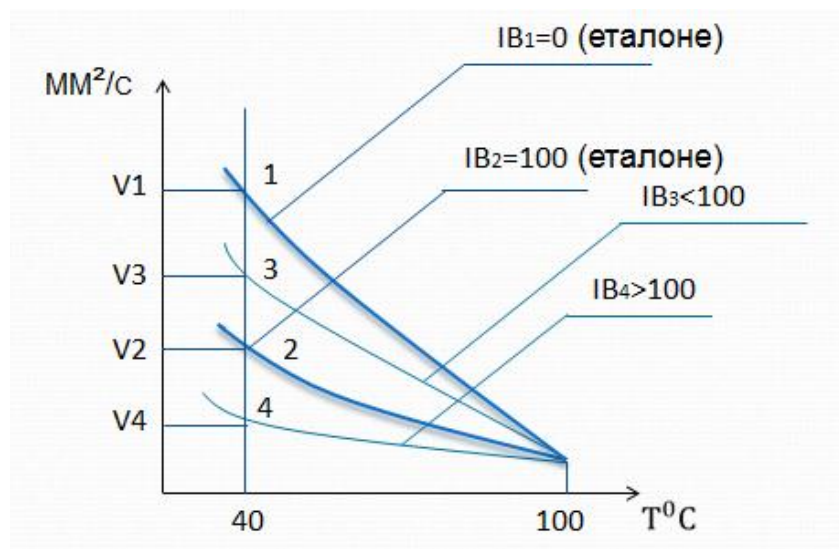


Рис.8 Залежність в'язкості моторних масел від температури.

1, 2 - умовні еталонні з  $IB = 0$  і  $100$  відповідно ( ---- )

3 - масло з  $IB < 100$

4 - масло з  $IB > 100$

Перевага загущених масел - у значно кращих низькотемпературних властивостях, що особливо проявляється при запуску двигунів у холодну пору року, коли через підвищення в'язкості різко падає частота обертання і збільшується обертаючий момент (рис.9) Все це призводить до виникнення граничного змащення на поверхнях деталей двигуна.

Механізм отримання запускених масел показан на рис.6. Чим пологіше в'язкістно-температурна крива (3), тим вище індекс в'язкості масла.

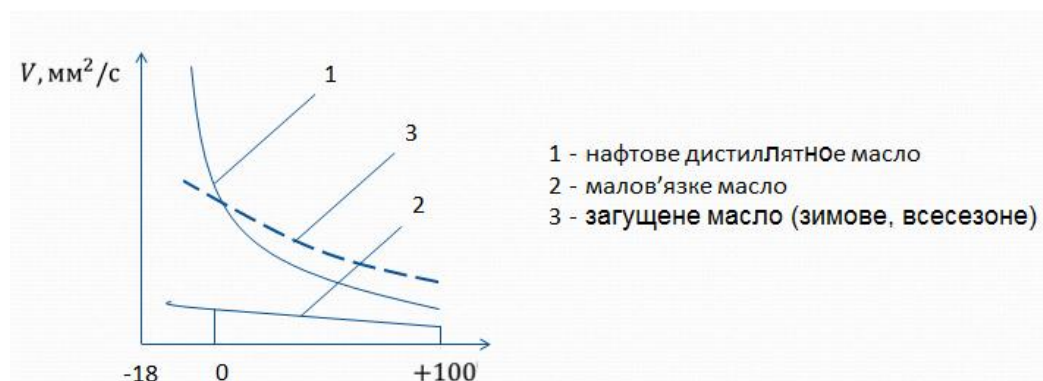


Рис.6 Отримання загущених масел

Вибір оптимальної в'язкості визначається за режимами роботи двигуна: при частих пусках і припиненнях - перевага повинна бути віддана малов'язким маслам, тому що у цьому випадку переважає пусковий знос, а в умовах тривалої роботи менше зношування забезпечує високов'язке масло, яке зберігає деякий мінімум в'язкості, але достатній дія забезпечення рідинного виду змащення, при високих температурах експлуатації. При оцінці пускових властивостей масла потрібно звертати увагу не тільки на його в'язкість, але й на температуру застигання.

## 2. Низькотемпературні властивості

Зміна механічних властивостей масла при низьких температурах має велике експлуатаційне значення. При зниженні температур текучість масла зменшується або взагалі втрачається, що обумовлює недостатнє надходження масла до третєвих деталей і виникнення граничного або сухого тертя, яке призводить до підвищеного зносу.

Втрата рухливості масла обумовлюється, як підвищенням в'язкості, так і випаданням у маслі кристалів парафіну, зрощуванням їх у кристалічний структурний каркас, який порушує текучість масла. Низькотемпературні властивості масел характеризуються температурою застигання, яка встановлюється залежно від температурних умов використання масла.



Сучасні масла для мастила приладів контрольно-виміральної апаратури мають температуру застигання мінус 60...70 °С, а масла для двигунів - зимові мінус 25...40 °С, літні до мінус 15 °С.

### **3. Схильність до відкладень**

Усі масла під дією високих температур і, особливо кисню, погіршують свої властивості. Інтенсивність і глибина цих змін залежать від хімічного складу масла та умов, що на нього діють.

При нормальних умовах масла є хімічно-стабільними речовинами. Проте картина різко змінюється при підвищенні температур. Приблизно з 50...60 °С кисень повітря починає вступати в реакцію з окремими компонентами масла. При температурах 150 °С і вище глибина і швидкість окислювання ростуть. За даними М.І. Черножукова і С.Е. Крейна при підвищенні температур від 50 до 150 °С швидкість окислювання масел зростає у 1700 разів. Приклад: для одержання тієї ж самої кількості осаду при 50 °С потрібно 10200 годин, а при 150 °С тільки 6 годин.

Спроможність масла протистояти впливу кисню при високих температурах називається **термоокисною стабільністю**.

За зовнішнім виглядом окислене масло набуває більш темний колір (іноді чорний), збільшується його в'язкість, у маслі накопичуються різноманітні вуглеводневі осадки. У двигунах внутрішнього згорання окислювання масла відбувається на гарячих деталях двигуна (поршень, циліндр), у маслопроводах, масляному радіаторі, картері. Термоокисна стабільність масла залежить від його хімічного складу і будовлі вуглеводнів. Тому, при виробництві того або іншого сорту масла підбирають відповідну сировину і технологію його переробки та очищення.

У вивченні термічних властивостей масел велику роботу провів професор К.К. Папок, їм розроблені методики лабораторних випробувань, які дозволяють оцінити поведження масла при його застосуванні.

### **4. Миючі властивості**

Одним з найбільш важливих експлуатаційних показників масла є миючі властивості, під якими розуміється спроможність масла утримувати у зваженому стані продукти окислення.

Чим вище миючі властивості, тим менше нагаро- і лакоутворень накопичується на гарячих деталях двигуна, тим вище може бути допустима робоча температура (ступінь форсування) двигуна.

Миючі властивості свіжого масла залежать від його хімічного складу, засобів очищення та змінюються у невеликих межах. Для посилення миючих властивостей масел додають спеціальні присадки.

### **5. Корозійні властивості**

Одним з експлуатаційних вимог, запропонованих до моторних масел, є охорона від корозії змащувальних деталей. Але масла самі можуть викликати корозію через наявність у ньому органічних кислот, сірчистих з'єднань і водорозчинних та органічних кислот і лугів.

**Органічні кислоти** викликають корозію кольорових металів при підвищених температурах, при наявності вологи і кисню.

**Сірка** виявляє корозійну дію стосовно міді. Чим вище температурні умови, тим більше її агресивність.

**Водорозчинні кислоти і луги** агресивні стосовно металів при будь-яких умовах експлуатації.

**Кислотне число** масла, у визначеному ступені, характеризує його корозійність і вказує кількість мг КОН, яке витрачається на нейтралізацію усіх кислих компонентів, що містяться у 1 г масла. Якісні моторні масла мають кислотне число до 18 мг КОН/г масла. Падіння при роботі до 1 мг КОН/г масла і нижче свідчать про те, що масло необхідно змінити.

Для нейтралізації кислих продуктів у моторні масла додають лужні компоненти.

Корозійність значно посилюється при попаданні у масло води.

### **6. Показники безпеки**

Як було зазначено раніше, ряд властивостей масел (в'язкість, температура застигання та ін.) залежать від їх фракційного складу. Від нього також залежить і вигорання масла при експлуатації. Для того, щоб мати можливість зробити висновки про схильність масла до вигорання, стандартом передбачено визначення температури спалаху масла.

### **7. Триботехнічні властивості це:**

Комплекс показників, які характеризують протизносні, протизадирні та антифракційні властивості.

Протизносні властивості масла характеризують його спроможність запобігати або зменшувати зношуваність тертьових деталей. Основними показниками, які зумовлюють ці властивості, є в'язкість і змащувальна спроможність (маслянистість).

Для оцінки протизносних протизадирних та антифрікційних властивостей застосовують різноманітні машини тертя та спеціальні стенди. Частіше усього використовують машину тертя МАСТ-1.

### **Питання 3. Міжнародна та вітчизняна класифікація моторних масел.**

На цей час багато виробників масел випускають продукцію під фірмовою назвою, тому позначення моторних масел та їх застосування варто розглядати тільки з зору їх приналежності до класу в'язкості і до групи за експлуатаційними властивостями.

Сучасна поширена класифікація моторних масел здійснюється відповідно до таких стандартів і систем:

- класифікація за ГОСТ 17479.1-85 (серед стран СНГ);
- система (SAE) - товариство автомобільних інженерів США;
- система (API) - американський інститут нафти;
- система (ACEA) - асоціація європейських виробників автомобілів;
- система (AAI) - асоціація автомобільних інженерів Російської Федерації.

### **Класифікація моторних масел за експлуатаційними властивостями**

У залежності від області застосування, моторні масла за експлуатаційними властивостями, згідно ГОСТ 17479. 1-85, поділяють на групи А, Б, В, Г, Д і Е (табл 1).

Група масла за експлуатаційними властивостями		Рекомендована область застосування
А		Нефорсовані бензинові двигуни і дизелі
Б	Б <sub>1</sub>	Малофорсовані бензинові двигуни, що працюють в умовах, які здатні утворювати високотемпературні відкладення і корозію підшипників
	Б <sub>2</sub>	Малофорсовані дизелі
В	В <sub>1</sub>	Середньофорсовані бензинові двигуни, що працюють в

		умовах, які здатні окислювати масло і утворювати відкладення усіх видів
	B <sub>2</sub>	Середньофорсовані дизелі, що пред'являють вимоги до антикорозійних, протизносних властивостей масел і здібності передувати утворенню високотемпературних відкладень
Г	Г <sub>1</sub>	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють у важких умовах експлуатації, здатні окислювати масло і утворювати відкладення усіх видів і корозії
	Г <sub>2</sub>	Високофорсовані двигуни без наддуву або із помірним наддувом, що працюють в умовах, які здатні до утворення високотемпературних відкладень
Д	Д <sub>1</sub>	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють у важких умовах експлуатації, і є більш важкими, ніж масла групи Г <sub>1</sub>
	Д <sub>2</sub>	Високофорсовані дизелі із наддувом, що працюють у важких умовах експлуатації, або коли застосоване паливо потребує використання масел з високою нейтралізуючою здатністю, протикорозійними, протизносними властивостями, малій здатності до утворення високотемпературних відкладень
Е	Е <sub>1</sub>	Високофорсовані бензинові двигуни і дизелі, що працюють у більш важких умовах експлуатації, ніж для масел групи Д <sub>1</sub> и Д <sub>2</sub>
	Е <sub>2</sub>	Відрізняються підвищеною диспергируючою здібністю, кращими протизносними властивостями

Таблиця 1. Групи моторних масел за експлуатаційними властивостями

Моторні масла в залежності від класу поділяються на зимові, літні та всесезонні:

- **зимові:** 33; 43; 53; 63;
- **літні:** 6; 8; 10; 12; 14; 16; 20; 24;
- **всесезонні:** 33/8; 43/6; 43/8; 43/10; 53/10; 53/12; 53/14; 63/10; 63/12; 63/14;

63/16.

Таблиця 2 Класифікація моторних масел по в'язкості у відповідності з ГОСТ 17479.1-85

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість, мм <sup>2</sup> /с, при температурі	
	100°С	Мінус 18°С, не більш
3 <sub>3</sub>	≥ 3,8	1250
4 <sub>3</sub>	≥ 4,1	2600
5 <sub>3</sub>	≥ 5,6	6000
6 <sub>3</sub>	≥ 5,6	10400
6	Вище 5,6 до 7,0 включно	-
8	Вище 7,0 до 9,3 включно	-
10	Вище 9,3 до 11,5 включно	-
12	Вище 11,5 до 12,5 включно	-
14	Вище 12,5 до 14,5 включно	-
16	Вище 14,5 до 16,6 включно	-
20	Вище 16,3 до 21,9 включно	-
24	Вище 21,9 до 26,3 включно	-
3 <sub>3/8</sub>	Вище 7,0 до 9,3 включно	1250
4 <sub>3/6</sub>	Вище 5,6 до 7,0 включно	2600
4 <sub>3/8</sub>	Вище 7,0 до 9,3 включно	2600
4 <sub>3/10</sub>	Вище 9,3 до 11,5 включно	2600
5 <sub>3/10</sub>	Вище 9,3 до 11,5 включно	6000
5 <sub>3/12</sub>	Вище 11,5 до 12,5 включно	6000
5 <sub>3/14</sub>	Вище 12,5 до 14,5 включно	6000
6 <sub>3/10</sub>	Вище 9,3 до 11,5 включно	10400
6 <sub>3/14</sub>	Вище 12,5 до 14,5 включно	10400
6 <sub>3/16</sub>	Вище 14,5 до 16,3 включно	10400

Групу моторних масел встановлюють за результатами оцінки їх властивостей при розробці нових масел і постановки на виробництво, а також при періодичних випробуваннях товарних масел.

Марки моторних масел, що застосовуються в автомобілях, тракторах, тепловозах, сільськогосподарській, дорожній, судовій та іншій техніці, встановлює ГОСТ 17479.1-85. Позначення марки складається з груп знаків:

- перша позначається буквою М (моторне) і не залежить від складу і властивостей масла;
- друга позначається цифрами, що характеризують клас кінематичної в'язкості;
- третя - однієї чи двома прописними буквами (з індексами або без), і позначає приналежність до групи масел за експлуатаційними властивостями. Індекс 1 присвоюється маслам для бензинових двигунів, індекс 2 - дизельним маслам.

Універсальні масла позначають буквою без індексу або двома різними буквами з відповідними індексами.

Припускається після основного позначення вказувати в дужках малими літерами і/або цифрами додаткові знаки, що характеризують відмінні риси моторного масла.

Наприклад, (з) - для масел, що містять згущені присадки, (к) - для «камазовських» масел, (рк) - для робочо-консерваційних масел.

Приклади позначення моторних масел:

- ***M-8-B 1***,

де М - моторне масло;

8 - клас в'язкості;

В 1 - масло для середньо-форсованих бензинових двигунів.

- ***M-6 3 /10-B***,

де М - моторна масло;

6 3 /10 - клас в'язкості;

В – універсальне масло для середньо-форсованих дизельних і бензинових двигунів.

- ***M-4 3 /8-B 2 Г 1***,

де М - моторна масло;

4 3 /8 - клас в'язкості;

В 2 Г 1 - масло для використання, як у середньо-форсованих дизелях (В 2 ), так і високо-форсованих бензинових двигунах (Г 1 ).

### **Класифікація в'язкості за системою SAE**

Згідно з класифікацією **SAE**, масла поділяються на:

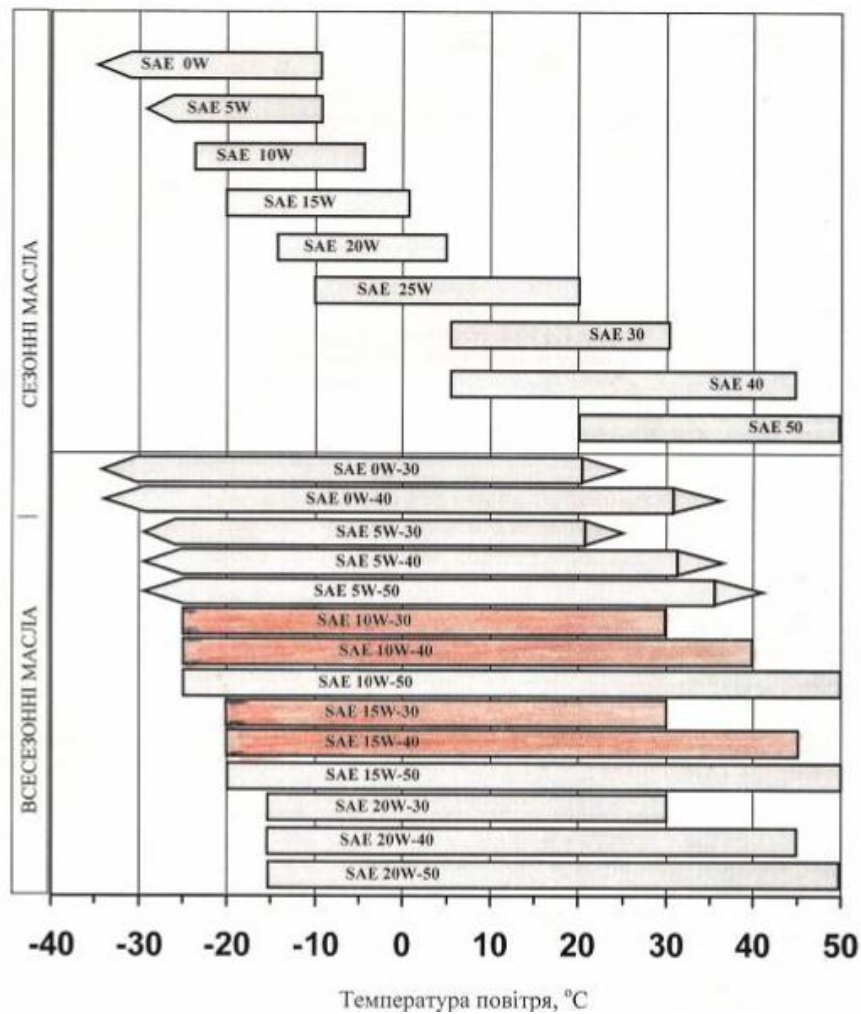
#### ***Сезонні:***

- літні моторні масла: 20; 30; 40; 50; 60;

- зимові моторні масла: 0W; 5W; 10W; 15W; 20W; 25W

***Всесезонні*** - мають подвійні позначення. Наприклад, 0W-40; 15W-40; 10W-40; 10W-30, причому перша цифра позначає відповідність зимовому класу в'язкості за низькотемпературними властивостями, а друга - відповідність літньому класу за високотемпературним.

Температурний діапазон використання моторних масел за системою SAE надан у таблиці 1.



Таблиця 1. Діапазони працездатності поширених зимових, літніх та всесезонних масел з класифікацією SAE

### Класифікація масел за експлуатаційними властивостями по системі API

Принциповою основою класифікації є поділ масел на дві групи і ряд класів: категорія S (Service) - містить у собі масла для чотирьохтактних, бензинових двигунів легкових автомобілів, мікроавтобусів і автофургонів; категорія C (Commercial) - містить у собі масла для чотирьохтактних і двотактних дизелів автомобілів, сільськогосподарської і дорожньо-будівельної техніки. (A,B,C,D,E,F,G,H,J,L,M)

Докладна класифікація подана у таблиці 2.

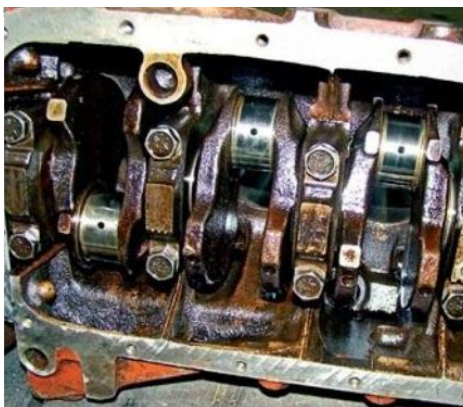
КЛАСИФІКАЦІЯ А Р І ПО ОБЛАСТЯХ ЗАСТОСУВАННЯ МОТОРНИХ МАСЕЛ

Група експлуатаційних властивостей	Область застосування	
Категорія S (бензинові)	SA	Двигуни, що працюють у легких умовах експлуатації (відмінений) До 1930
	SB	Двигуни, що працюють при помірних навантаженнях До 1963
	SC	Двигуни, що працюють при підвищених навантаженнях (моделі випуску до 1967 р.)
	SD	Двигуни, що працюють у важких умовах експлуатації (моделі випуску до 1971 р.)
	SE	Двигуни, що працюють у важких умовах експлуатації (моделі випуску до 1972 р.)
	SF	Двигуни, що працюють у важких умовах експлуатації на неетильованому бензині (двигуни випуску з 1980 р.)
	SG	Двигуни випуску з 1989 р.
	SH	Двигуни випуску з 1994 р., що відповідають підвищеним вимогам в області зниження втрат від випару, фільтрованості, піноутворення, температури запалення
	SJ	Двигуни випуску 1997 р.
	SL	Масла з підвищеними експлуатаційними властивостями, призначеними для тривалої роботи в бензинових двигунах автомобілів новітніх моделей. Для оцінки властивостей цих масел передбачені нові методи випробувань (двигуни випуску 2004 р. і раніше)
SM	Масла категорії SM забезпечують підвищений захист від окислювання, лакових відкладень, зменшують зношування, збільшують термін служби	
Категорія C (дизельні)	CA	Двигуни, що працюють при помірних навантаженнях на малосірчистому паливі, випуску 1959 р. і раніше
	CB	Двигуни без наддуву, що працюють при підвищених навантаженнях на сірчистому паливі, випуску 1961 р. і раніше
	CC	Двигуни, що працюють у важких умовах ( у тому числі з помірним наддувом), випуску 1990 р. і раніше
	CD	Двигуни з високим наддувом, що працюють у важких умовах на високосірчистому паливі
	CD-2	Двигуни з високим наддувом, що працюють у важких умовах на високосірчистому паливі (з урахуванням особливостей двотактних двигунів)
	CE	Двигуни з високим наддувом (моделі з 1983 р.), експлуатовані в важких умовах
	CF-4	Для високошвидкісних, чотиритактних двигунів з турбонаддувом, використовується замість масел класу CE (моделі 1990 р.). Заміняє масла класів CC і CD
	CF-2	Поліпшені характеристики для двотактних двигунів. Заміняє масла класу CD-2
	CG-4	Двигуни чотиритактні випуску 1994 р. Більш жорсткими стали вимоги по токсичності відпрацьованих газів (вміст сірки в паливі 0,05-0,5%) і поліпшені характеристики CF-4. Заміняють масла класів CD, CE і CF-4
	CH-4	Чотиритактні двигуни для вантажних автомобілів і позашляхової техніки, що відповідають по викидах оксидів азоту американським нормам 1998 р. Заміняють масла класів CD, CE, CF-4 і CG-4
CI-4	Масла для високошвидкісних чотиритактних дизельних двигунів, обладнаних системою рециркуляції охолоджених відпрацьованих газів, а також двигунів по токсичності викидів, які відповідають нормам з 2002 р.	

Таблиця 2. Класифікація масел за експлуатаційними властивостями по системі API



Вплив використання різних марок масел на якість работ ДВЗ надан на рис. 7, 8 і 9.



❗ Отложения в картере двигателя после масел группы SL, конечно же, есть. Куда от них деться!



✅ После масла группы SM картер выглядит свежее.

Рисунок 7



❗ На клапанных механизмах разница не так заметна, как в картере, но она тоже есть. Это – после масла группы SL.



✅ А это – после SM.

Рисунок 8

❗ Отложения на боковой поверхности поршня самые опасные! Они могут привести к залеганию колец, а следовательно, к потере компрессии и перегреву поршня. Вот примерно такие отложения дают полностью убитые минеральные масла.

Хорошие масла группы SM дадут маслам SL 30–40% форы по ресурсу.



❗ После масла группы SL поршень выглядит значительно чище, чем порвававший с древней минералкой.

❗ Но SM все-таки лучше...

Рисунок 9

## ЛЕКЦІЯ № 6 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ І ГІДРАВЛІЧНИХ МАСЕЛ

### ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Умови роботи, функції і експлуатаційні вимоги до трансмісійних масел.
2. Класифікація та марки трансмісійних масел.
3. Експлуатаційні вимоги та класифікації гідравлічних масел.

#### Питання 1. Умови роботи, функції, вимоги до трансмісійних масел.

Трансмісійні масла призначені для роботи у різноманітних агрегатах трансмісій тракторів і автомобілів: коробках змінних передач, рульових механізмах, задніх мостах і т.д.

Умови роботи трансмісійних масел значно відрізняються від моторних. Максимальна температура деталей трансмісії, звичайно, не перевищує 100 °С. З цієї точки зору трансмісійні масла працюють у більш м'яких температурних умовах. Інша картина спостерігається при порівнянні тисків на масла для двигунів і трансмісій. Якщо максимальний тиск на масляну плівку в двигунах не перевищує 100 МПа, тиск у зоні контактів зубів шестерень і деталей підшипників качення складає 1500...2000 МПа, а в гепоїдних передачах 3000...4000 МПа. У цьому відношенні трансмісійні масла знаходяться у надзвичайно жорстких умовах.

Схема контакту деталей надана на рис. 1.

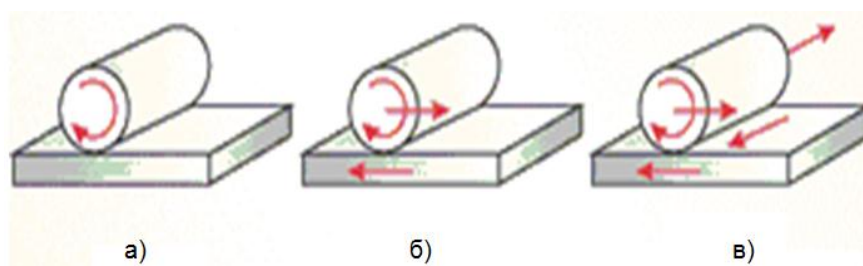


Рис. 1 Види кочення деталей пар тертя: а – без ковзання; б – з ковзанням; в – ковзання у двох напрямках

Найважливішими функціями трансмісійних масел є (рис.4):

- 1) зменшення зносу і задирку шестерень, підшипників та інших тертьових деталей;
- 2) зниження втрат енергії двигуна, що передається до ходової частини;
- 3) забезпечення плавного зрушення машини з місця;

4) відвід тепла.

Ефективне функціонування трансмісійних масел можливе при дотриманні наступних експлуатаційних вимог:

1) положої в'язкісно-температурної характеристики, тобто мати високий індекс в'язкості;

2) високими протизносними, протизадирними і антифрикційними властивостями;

3) мінімальній взаємодії з гумовотехнічними виробами;

4) стійкості до утворення емульсії з водою;

5) високій фізичній стабільності в умовах тривалого зберігання.

Трансмісійні масла працюють у специфічних умовах в залежності від навантаження, температури та зносу деталей (рис.2,3).

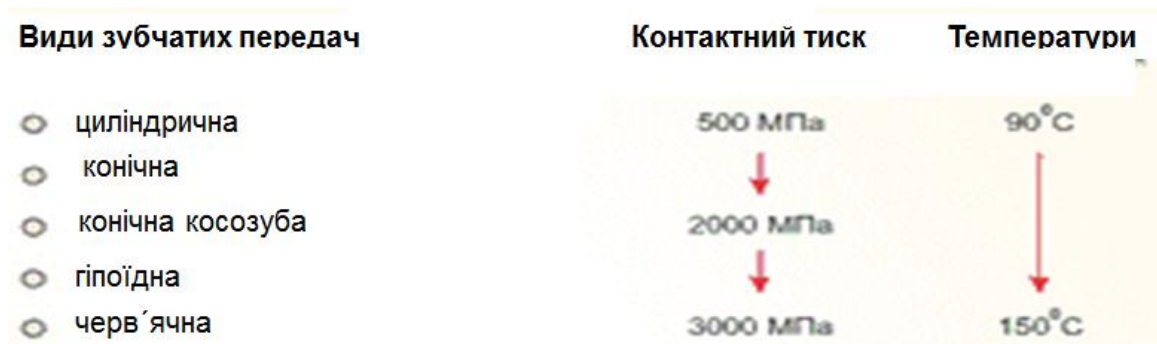


Рис. 2 Види механічних передач та умови їх роботи



Рис. 3

### Функції трансмісійних масел

#### Основні:

- Зниження зношування
- Зниження тертя
- Зм'якшення ударних

навантажень

#### Додаткові:

- Відвід тепла від тертьових поверхонь
- Видалення продуктів зношування й забруднень
- Захист від корозії

**В'язкісні властивості** трансмісійних масел дуже впливають на інтенсивність зношування деталей трансмісії, коефіцієнт її корисної дії, спроможність масла без перешкод надходити у зони тертя, витрат масел внаслідок неминучої течії через ущільнювальні пристрої. Тому, коливання в'язкості трансмісійних масел у температурному діапазоні не повинні виходити за строго визначені межі.

Мінімальна в'язкість автотракторних трансмісійних масел нормується при 100°C і, в залежності від типу трансмісії, часу року і кліматичної зони встановлюється у межах від 10 мм<sup>2</sup>/с до 35 мм<sup>2</sup>/с.

При тиску від 1000 до 4000 МПа, що спостерігається у зонах контакту зубів шестерень, кульок підшипників кочення (з обоймами), не можна розраховувати на одержання режиму рідинного тертя навіть на самих високов'язких маслах. Проте, масла виконують свої функції за рахунок їх високої **змащувальної спроможності**.

Змащувальною спроможністю масел називають властивість адсорбуватись на твердій поверхні з утворенням на ній тонкої тривкої масляної плівки. Завдяки змащувальній спроможності масел, вдається уникнути явища сухого тертя у механізмах, що працюють при високих контактних напругах, що забезпечує роботу трансмісії без значного зношування із достатньо високим ККД.

З ростом навантаження і підвищенням швидкості ковзання, температура у зазорі підвищується і, при певних умовах настає руйнація адсорбованого граничного прошарку. Поряд із граничним тертям з'являється сухе, з усіма наслідками, що випливають із цього-збільшується сила тертя і, як наслідок, підвищується температура.

Найбільша небезпека сухого виду тертя для високонавантажених вузлів полягає у неминучій появі катастрофічного виду зносу-задиру. Під дією високих питомих навантажень між сильно нагрітими поверхнями створюється молекулярний контакт (зварювання). При переміщенні поверхонь зварювання руйнується, а в інших місцях створюється. Відбувається перенос металу з однієї поверхні на іншу з утворенням бугорків і впадин, тобто збільшується шорсткість поверхні, що ще більше інтенсифікує зношування деталей.

Ефективним засобом боротьби з задирами є утворення на поверхні деталі додаткового прошарку, що складається із сульфідів або хлоридів металу. Ця задача вирішується шляхом введення у масло протизадирних присадок, які містять активну сірку, хлор, фосфор або ті та інші одночасно. Від хімічної взаємодії із металом

створюється, і після ушкодження відновляється, найтонша плівка із сульфідів або хлоридів заліза, що ізолює метали друг від друга в зоні зруйнування граничного прошарку.

Механізм дії протизадирної присадки такий. Сульфідні і хлоридні плівки мають у порівнянні з металами більш низькі температури плавлення, тому, у зоні контакту вони легко переходять у розплавлений стан. Внаслідок чого у зазорі між металами знижується коефіцієнт тертя (у порівнянні із сухим), а розтікання розплаву між поверхнями призводить до розширення зони контакту деталей і, отже, до зниження тиску і температури у зазорі. В результаті зменшується коефіцієнт тертя, знижується тиск і цілком усувається небезпека появи задиру. Додаються присадки у трансмісійні масла до 30%.

## **Питання 2. Класифікація та марки трансмісійних масел.**

Класифікація масел на теперешній час здійснюється згідно: ГОСТ 17479.2-85 (за класом в'язкості та експлуатаційними властивостями) SAE (за класом в'язкості) API (за експлуатаційними властивостями)

### **Класифікації трансмісійних масел по ГОСТ 17479. 2-85**

#### **Класифікація за в'язкістю**

У залежності від значення кінематичної в'язкості при 100 °С (визначає умови застосування) трансмісійні масла підрозділяються на 4 класи (табл. 1).

**Таблиця 1 Класифікація за в'язкістю трансмісійних масел по ГОСТ 17479. 2-85**

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	Гранична температура °С, при якій динамічна в'язкість не перевищує 150 Па·с
9	6,00 - 10,99	-35
12	11,00 - 13,99	-26
18	14,00 - 24,99	-18
34	25,00 - 41,00	-

#### **Класифікація за експлуатаційними властивостями (ГОСТ 17479.2-85)**

Трансмісійні масла за експлуатаційними властивостями підрозділяються на п'ять груп (Табл.2)

Таблиця 2. Класифікація трансмісійних масел за експлуатаційними властивостями (5 груп)

Група масел	Склад масла	Рекомендована область застосування (контактні напруги і температура масла)
ТМ 1	Мінеральні масла без присадок	Циліндричні, конічні і черв'ячні передачі, що працюють при контактних напругах від 900 до 1600 МПа і температурі близько 90 °С.
ТМ 2	Мінеральні масла з протизносними присадками	Те ж, при контактних напругах до 2100 МПа і температурі масла близько 130 °С
ТМ 3	Мінеральні масла з протизадирними присадками помірної ефективності	Циліндричні, конічні, спірально-конічні і гепоїдні передачі, що працюють при контактних напругах до 2500 МПа і температурі масла близько 150 °С.
ТМ 4	Мінеральні масла з протизадирними присадками високої ефективності	Циліндричні, спірально-конічні і гепоїдні передачі, що працюють при контактних напругах до 3000 МПа і температурі масла близько 150 °С.
ТМ 5	Мінеральні масла з протизадирними присадками високої ефективності і багатофункціональної дії, а також універсальні масла	Гепоїдні передачі, що працюють з ударними навантаженнями при контактних напругах вище 3000 МПа і температурі масла близько 150 °С.

Позначення мінеральних трансмісійних масел, які застосовуються для змащення агрегатів трансмісій автомобілів, тракторів, тепловозів, сільськогосподарських, дорожніх, будівельних машин і судової техніки встановлені ГОСТ 17479.2-85. Позначення складається з груп знаків, перша з яких позначається буквами - ТМ (трансмісійне масло); друга група знаків позначається цифрами і характеризує приналежність до групи масел за експлуатаційними властивостями; третя - позначається цифрами і характеризує клас кінематичної в'язкості.

Приклад позначення трансмісійних масел по ГОСТ 17479. 2-85:

**ТМ-5-9з,**

де **ТМ** - трансмісійне масло;

**5** - масло з протизадирними присадками високої ефективності і багатофункціональної дії;

**9** - клас в'язкості;

**з** - масло містить загусну присадку.

На цей час, коли багато виробників випускають продукцію під фірмовими назвами, позначення трансмісійних масел по ГОСТ варто розглядати тільки з погляду їх приналежності до певної класифікаційної групи.

### **Клас в'язкості трансмісійних масел за SAE J 306с**

Відповідно до SAE J306 трансмісійні масла підрозділяються на 7 класів в'язкості:

- чотири зимових (70W-85W) і три літніх (90 - 250) (табл. 3).

Таблиця 3 Класифікація в'язкості трансмісійних масел по SAE J306

Клас в'язкості	Гранична температура °С, при якій динамічна в'язкість не перевищує 150 Па×с,	В'язкість при 100°С, мм <sup>2</sup> /с	мінімум	максимум
70W	- 55	4,1	-	
75W	- 40	4,1	-	
80W	- 26	7,0	-	
85W	- 12	11,0	-	
90	-	13,5	≥24,0	
140	-	не менше 24,0	≥41,0	
250	-	не менше 41,0	-	

Для всесезонних моторних масел прийняте подвійне номерне позначення (наприклад, 75W-90, 85W-140 і т.п.), причому перша цифра позначає відповідність зимовому класу в'язкості за низькотемпературними властивостями, а друга - відповідність літньому класу за високотемпературними.

### **Класифікація трансмісійних масел за API**

По класифікації API в залежності від рівня експлуатаційних властивостей трансмісійні масла поділяють на дев'ять класів (табл. 4). Клас GL-6 на цей час не використовується, оскільки класифікаційні вимоги до нього застаріли, а устаткування для їхньої оцінки не випускається. Введені у 1998 р. класи PG-1 і PG-2 у Європі широкого поширення поки не отримали.

Таблиця 4 Класифікація API трансмісійних масел за рівнем експлуатаційних властивостей та галузі застосування (9 класів)

<b>Клас</b>	<b>Область застосування</b>
GL-1	Циліндричні, черв'ячні і спіральні-конічні зубові передачі в умовах низьких швидкостей і навантажень. Мінеральні масла без присадок або з протиокисними, протизносними і протиспінювальними присадками без протизадирних компонентів
GL-2	Черв'ячні передачі, які працюють в умовах GL-1, але з більш високими вимогами до антифрикційних властивостей. Можуть містити антифрикційний компонент
GL-3	Звичайні трансмісії зі спіральні-конічними шестернями, що працюють у помірно жорстких умовах по швидкостях і навантаженнях. Покращенні протизносні і протизадирні властивості, ніж у GL-2
GL-4	Автомобільні трансмісії з гепоїдною передачею, які працюють в умовах великих швидкостей при малих обертаючих моментах чи малих швидкостях при високих обертаючих моментах. Обов'язкова наявність високоефективних протизадирних присадок
GL-5	Автомобільні гіпоїдні передачі, що працюють в умовах великих швидкостей і малих обертаючих моментів, при дії ударних навантажень на зуби шестерень - при високих швидкостях ковзання. Повинні містити велику кількість сірко-фосфорної протизадирної присадки



GL-6*	Автомобільні гіпоїдні передачі з підвищеним вертикальним зсувом осей шестерень, тобто працюючі при підвищених швидкостях, ударних навантаженнях і високих обертаючих моментах. Містять велику кількість сірко фосфорної протизадирної присадки, ніж масла GL-5
MT-1	Перевершує клас GL-5 за термічною і високотемпературною стабільністю, а також по сумісності з матеріалами ущільнень і миючими властивостями
PG-1	Для ручних коробок передач важких вантажних автомобілів і автобусів
PG-2	Для ведучих передач вантажних автомобілів і автобусів
* клас GL-6 тимчасово не використовується	

### **Асортимент товарних трансмісійних масел**

В останні роки трансмісійні масла без присадок (наприклад, нігроли зимовий та літній і т.п.) - це група ТМ-1, які в Україні виробляються і використовуються дуже рідко - тільки в застарілих видах техніки.

У зв'язку з модернізацією автотракторного парку скоротилося, а на деяких заводах цілком припинено, виробництво ряду застарілих трансмісійних масел груп ТМ-1, ТМ-2 і ТМ-3 (АК-15, ТС-14,5, Тап-15В, ТЭп-15).

На цей час, у залежності від в'язкості, області застосування і складу встановлюється шість марок трансмісійних масел (табл. 5).

### **Відповідність вітчизняних марок трансмісійних масел вимогам закордонних класифікацій**

Відповідність вітчизняних марок трансмісійних масел вимогам закордонних класифікацій представлено в табл. 5.

Таблиця 5 Приблизна відповідність вітчизняних позначень трансмісійних масел вимогам закордонних класифікацій (SAE і API)

Позначення масла по нормативному документу	Нормативний документ	Позначення масла по ГОСТ 17479.2-85	Відповідна група API за експлуатаційними властивостями	Відповідний клас SAE J300 за класом в'язкості
ТС-14,5	ТУ 38. 101110-81	ТМ-1-18	GL-1	90

АК-15	ТУ 38.001280-76	ТМ-1-18	GL-1	90
ТСп-10 ЭФО	ТУ 38.101701-77	ТМ-2-9	GL-2	75W
ТЭп-15	ГОСТ 23652-79	ТМ-2-18	GL-2	90
ТС	ТУ38.1011332-90	ТМ-2-34	GL-2	140
ТСЭп-8	ТУ38.1011280-89	ТМ-3-9	GL-3	75W
ТСп-10	ТУ 38.401809-90	ТМ-3-9	GL-3	75W
ТСп-15К ТАП-15В	ГОСТ 23652-79	ТМ-3-18	GL-3	90
ТСз-9гип	ТУ38.1011238-89	ТМ-5-9	GL-3	75W
ТСп-14гип ТАД-17и	ГОСТ 23652-79	ТМ-5-18	GL-5	90
ТСгип	ОСТ 38.01260-82	ТМ-5-34	GL-5	140
ТМ5-12рк	ТУ 38.101844-80	ТМ-5- 12э(рк)	GL-5	80W-85W

### Питання 3. Експлуатаційні вимоги та класифікації гідравлічних масел.

Гідравлічні системи використовують у багатьох галузях народного господарства. Вони знаходять широке застосування у тракторах, автомобілях, комбайнах та інших сільськогосподарських машинах. Найбільш поширені роздільно-агрегатні гідросистеми дозволяють здійснювати роботу зі знаряддями, що підвішені попереду та позаду трактора.

Крім гідроприводу навісного пристрою трактори комплектують окремими гідроприводами – гідро посилювачем рульового механізму, зчпної ваги, гідросистемою коробки передач та різноманітних системах керування машин.

В якості робочого тіла, що передає зусилля за усіма напрямками, використовуються масла, які одержали назву - **робочі рідини**. Вони повинні забезпечувати надійну тривалу роботу гідросистеми при різноманітних умовах експлуатації техніки. Для цього робочі рідини повинні задовольняти таким основним вимогам:

1) мати низьку температуру застигання, яка повинна бути нижче мінімальної температури повітря;

2) мати можливо кращу в'язкісно-температурну характеристику;

3) мати високу змащувальну спроможність, інакше неминучі підвищений знос циліндрів, поршнів та інших деталей гідросистеми;

4) бути стабільними при тривалому використанні (не розшаровуватися, не виділяти осадів і т.п.), не викликати корозії металевих поверхонь, а також не впливати на неметалеві деталі, особливо на гумові шланги та ущільнювачі.

Робочі рідини для гідравлічних систем підрозділяють на **нафтові і синтетичні**. Більшість сортів гідравлічних рідин виробляють на основі компонентів, що одержані із нафтових фракцій, з використанням сучасних технологічних процесів. Фізико-хімічні і експлуатаційні властивості сучасних гідравлічних масел покращуються шляхом введення до них різноманітних функціональних присадок.

Класифікація робочих рідин для гідравлічних систем мобільної наземної техніки, позначена як гідравлічні масла (ГОСТ 17479. 3-85), заснована на їх в'язкості та рівні експлуатаційних властивостей. В залежності від значення кінематичної в'язкості, гідравлічні масла поділяються на класи, від експлуатаційних властивостей - на групи.

**Класифікація в'язкості** заснована за показниками в'язкості при 40 0 С (ГОСТ 17479.3-85), тому, гідравлічні масла поділяють на 10 класів (5, 7, 10, 15, 22, 32, 46, 66, 100, 150), що гармонізовано за характеристиками ідентичних відповідних класів ISO VG по ISO 3448 (табл. 6).

Таблиця 6 Уніфікація класів в'язкості гідравлічних масел згідно ГОСТ та ISO

Клас в'язкості		Кінематична в'язкість при 40 0 С, мм <sup>2</sup> /с
ISO 3448	ГОСТ 17479. 3-85	
ISO VG 5	5	4,14 - 5,06
ISO VG 7	7	6,12 - 7,48
ISO VG 10	10	9,0 - 11,0
ISO VG 15	15	13,5 - 16,5
ISO VG 22	22	19,6 - 24,2
ISO VG 32	32	28,8 - 35,2
ISO VG 46	46	41,4 - 50,6
ISO VG 66	66	61,2 - 72,8
ISO VG 100	100	90,0 - 110,0
ISO VG 150	150	135,0 - 165,0

### Класифікація за експлуатаційними властивостями.

В залежності від експлуатаційних властивостей і складу, гідравлічні масла поділяють на три групи (ГОСТ 17479.3-85) (табл. 7).

Таблиця 7 Відповідність груп гідравлічних масел за експлуатаційними властивостями за ГОСТ 17479. 3-85 та ISO.

Група	Склад гідравлічних масел	Рекомендована область застосування	Група, відповідно до ISO 6074/4-82
А	Мінеральні масла без присадок	Гідросистеми під тиском 15 МПа і температурі масла до 80 <sup>0</sup> С.	НН
Б	Мінеральні масла з протиокисними і протикорозійними присадками	Гідросистеми, які працюють під тиском до 25 Мпа і температурі масла більше 80 <sup>0</sup> С.	НЛ
В	Мінеральні масла з протиокисними, протикорозійними і протизносними присадками	Гідросистеми, які працюють під тиском понад 25 МПа і температурі масла більше 90 <sup>0</sup> С.	НМ
	Масло із загуслюю присадкою		НВ
-	Масло з протискачковими властивостями	Забезпечують рівномірний рух робочих механізмів з малою швидкістю та великим зусиллям.	НГ

З великого асортименту (більше 20 марок) вітчизняних масел для гідравлічних систем, в сільському господарстві, здебільшого використовують такі марки МГ-15В; МГ-22А; МГ-22Б.

Позначення гідравлічних масел складається з груп знаків:

*перша* - позначається буквами - **МГ** (мінеральне гідравлічне);

*друга* група знаків позначається цифрами і характеризує **клас кінематичної в'язкості**;

*третья* - позначається буквами і вказує на приналежність масла до **групи за експлуатаційними властивостями**.

Приклад позначення гідравлічного масла: **МГ-15В**,

де **МГ**- мінеральне гідравлічне,

**15** - клас в'язкості,

**В** - група масла за експлуатаційними властивостями.

## ЛЕКЦІЯ 7,8. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ, СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ РІДИН І МАТЕРІАЛІВ.

### ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Загальні відомості, призначення і експлуатаційні вимоги до пластичних мастил.
2. Основні показники якості пластичних мастил.
3. Класифікація, позначення та асортимент пластичних мастил.
4. Експлуатаційні властивості та застосування спеціальних технічних рідин та матеріалів.

### Питання 1. Загальні відомості, призначення і експлуатаційні вимоги до пластичних мастил.

Пластичні (консистентні) мастила представляють собою складні колоїдні системи, які складаються із *дисперсної середи* (масло), близько 70...80%, *загусника* (дисперсна фаза), близько 5...30%, *присадок* і *наповнювачів*, близько 1...15%. Часто до мастил вводять ще додатково *стабілізатор* (вода), призначення якого зберегти однорідність колоїдної системи, запобігти розплавлюванню мастила на дисперсне середовище і загусник.

**Загусник** створює трьохмірний структурний каркас, де утримується масло. Завдяки такій структурі пластичні мастила сполучають у собі властивості твердого тіла та рідини. Тому, будучи нанесеними товстим шаром навіть на вертикальні поверхні, мастила здатні роками зберігати свою первинну форму. При прикладанні зсувного навантаження вище деякого критичного – структурний каркас руйнується і мастило починає текти подібно рідині, причому її в'язкість дорівнює в'язкості масла. Важливо відмітити ще одну властивість мастил – **тиксотропію**. Після зняття зсувного навантаження теча мастила зупиняється, структурний каркас швидко відновлюється, а мастило знову набуває властивість твердого тіла.

Загусник надає рішучого впливу на експлуатаційні властивості мастила. Менше значення має дисперсна середа (масло). Присадки розчинюються у маслі і активно беруть участь у процесах структуроутворення мастила.

Головна **функція мастил** - зменшення зносу тертьових деталей вузлів автомобілів, тракторів, сільськогосподарської техніки з метою продовження терміну служби машин і механізмів. Поряд із цим мастила виконують і інші функції. Так в окремих випадках вони не стільки зменшують знос, скільки упорядковують його, не допускаючи задирку, заїдання і заклинювання тертьових поверхонь. Мастила перешкоджають прониканню до тертьових поверхонь агресивних рідин, газів і парів, а також абразивних матеріалів (пилу, бруду і т.п.) Практично всі мастила виконують захисні функції запобігаючи корозії металевих поверхонь. Завдяки антифрикційним властивостям, мастила істотно зменшують енергетичні витрати на тертя, що дозволяє заощаджувати потужність машин і механізмів.

#### **Перевагою пластичних мастил у порівнянні із маслами є:**

- спроможність утримуватися в негерметичних вузлах тертя;
- висока ефективність у роботі при одночасному впливу високих температур, тиску, ударних навантажень;
- високі захисні властивості;
- водостійкість;
- забезпечення герметизації вузлів тертя;
- більш ефективна змащувальна здатність;
- високий ресурс працездатності.

#### **Галузь призначення**

- 1) відкриті і негерметичні вузли тертя;
- 2) важкодоступні вузли тертя;
- 3) вузли тертя, де неможлива часта зміна мастильного матеріалу;
- 4) змушений контакт вузла тертя або захищеної поверхні від води, чи агресивного середовища;
- 5) герметизація рухливих ущільнень, сальників і різьбових з'єднань;
- 6) тривала консервація машин, устаткування, приладів і металевих виробів;

Для забезпечення перерахованих умов тільки 14% мастил витрачається для консервації і 2% для герметизації. Інші мастила використовують для зменшення тертя і зносу тертьових деталей у якості антифрикційних мастильних матеріалів.

В процесі роботи будь-яке пластичне мастило піддане впливу підвищених температур, швидкостей і навантажень, а також впливу різноманітних чинників навколишнього середовища (вода, кисень повітря, корозійні-активні з'єднання,

сонячна радіація та ін.). Усе це призводить до різноманітних негативних процесів, що викликають «старіння» мастила і, як наслідок, зниження їх працездатності.

**Загальні вимоги до якості пластичних мастил містять перелік показників:**

- 1) змащувальних властивостей;
- 2) об'ємно-механічних властивостей для забезпечення мінімальних витрат на внутрішнє тертя мастила у змащувальних системах в широкому інтервалі температур;
- 3) стабільності (колоїдної, хімічної, механічної, термічної) для забезпечення тривалого часу служби мастила;
- 4) водостійкості;
- 5) корозійної і захисної здатності;
- 6) випарності для забезпечення мінімальних втрат мастила від випару;
- 7) токсичності.

**Класифікують мастила за трьома ознаками:**

- консистенції;
- склад;
- призначенню.

**За консистенцією** мастила поділяють на напіврідкі, пластичні і тверді.

**За складом дисперсного середовища** пластичні мастила поділяють:

- нафтові масла – індустріальні масла загального призначення, а також спеціальні базові масла-компоненти;
- синтетичні масла – полісилоксани, поліалкіленгліколи, та ін.;
- рослинні масла – касторове масло, похідні рапсового масла та ін.;
- суміші масел – нафтові із синтетичними.

Найбільш широко у виробництві мастил використовують нафтові масла середньої в'язкості. У країні **80%** усіх мастил виготовляються на маслах в'язкістю (при **50°C**) не більше **50** мм<sup>2</sup>/с. Взагалі це індустріальні масла (веретенне, машинне та ін.). Їх використовують для виготовлення мастил загального призначення солідолів, консталинів. Малов'язкі масла (веретенне, МВП, трансформаторне), які мають гарні низькотемпературні властивості (температура експлуатації складає мінус **50°** і нижче) і полого в'язкістно-температурну характеристику, використовують для виготовлення авіаційних мастил. В'язкі масла (нігрол, циліндрове та ін.) застосовуються при виготовленні консерваційних мастил. Кремнійорганічні рідини (силікони) знайшли застосування в якості дисперсійного середовища пластичних



мастил. Вони стабільні при окисленні, мало випарні, мають пологоу в'язкісно-температурну характеристику. Застосування силіконів дозволяє отримувати мастила працездатністю від мінус **75** до плюс **250** °С. Проте, їх протизносні властивості гірші, ніж у мінеральних масел, вони у декілька разів дорожче. Частка мастил на синтетичних маслах не перевищує **0,1%** від мастил загального призначення (ЦИАТИМ-221).

*За складом загусника* пластичні мастила поділяють:

- **мильні** – в якості загусника використовують солі вищих карбонових кислот, які зветься милами. Мило виготовлено на основі тваринних і рослинних жирів, технічних жирних кислот та інше, які обмиляють чи нейтралізують із застосуванням гідроксидів лужних та лужноземельних металів (Li, Na, Ca, Ba та ін.). В залежності від катіону, мила поділяють на алюмінієві, барієві, кальцієві, літієві, натрієві, свинцеві і цинкові.

Кальцієві мила - солідоли (температурні умови експлуатації складають **60...70** °С) надають мастилу гарну водостійкість і бензиностійкість. Вони середньоплавкі.

Натрієві мила (температурні умови експлуатації складають **120...140**°С) не володіють водостійкістю. При безпосередньому контакту із водою вони розчиняються і вимиваються із вузла тертя, а знаходячись в атмосфері з підвищеною вологістю, поглинають її, чим погіршують свої механічні властивості.

Літієві мила не розчиняються ні у воді, ні у бензині. Вони працездатні до **140...160**°С. Натрієві і літієві мила тугоплавкі, їх називають консталінами.

- **неорганічні**, в якості загусника використовують високодисперсні неорганічні речовини – бонтонові, графітні, силікагелеві та інші мастила;

- **органічні**, в якості загусника використовують тверді органічні речовини – пігментні, полімерні, сажеві, фторовуглеводні та інші мастила.

- **вуглеводні**, в якості загусника використовують низькоплавкі тверді вуглеводні – віск, озокерит, церезин, пертоллатум, парафін та інші.

Тверді вуглеводні дозволяють отримати мастила високої хімічної стабільності і гарної водостійкості. У більшості вуглеводневих мастила застосовують для консервації (температурні умови експлуатації складають **55...65** °С). Позитивною властивістю вуглеводневих мастил є їх спроможність після розплавлення і наступного охолодження цілком відновлювати свою структуру. Тому, для нанесення на поверхні

вуглеводневі мастила можуть нагріватися до **110... 120 °С**, забезпечуючи при цьому якісну консервацію.

*Присадки* для пластичних мастил застосовують: протикорозійні, протиокисні, протиспінювальні, антифрикційні, в'язкісні, депресорні, протизадирні, протизносні та інші.

*Наповнювачі* для пластичних мастил застосовують високодис-персні, нерозчинні у маслах порошки – графіт, бісульфат молібдену, слюда, тальк, порошки металів та інші.

Тип загусника визначається буквами російського алфавіту, у відповідності з індексами, що представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Символи типу загусника пластичних мастил.

Загусник	Індекс
Мило	М
Кальцієве	Ка
Барієве	Ба
Натрієве	На
Літієве	Ли
Алюмінієве	Ал
Комплексне	кМ
Тверді вуглеводні	Т

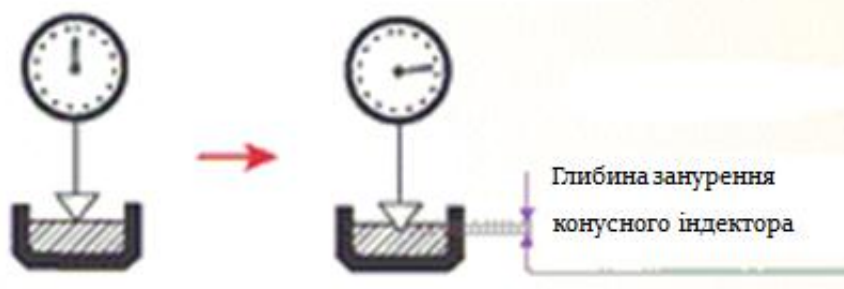
## Питання 2. Основні показники (якості) пластичних мастил.

Показник	Сутність показника, методи визначення
Водостійкість	Комплекс показників, що характеризує розчинність, змащуваність, гігроскопічність та водонепроникність мастил.
Пенетрація (рис. 1)	Показник, що вказує глибину занурення у мастило стандартного конуса в умовах випробування (ГОСТ 5346) . Виражається числами, що відповідають десятим долям міліметра глибини занурення конуса у мастило.
Колоїдна стабільність	Показник, що характеризує здатність мастила попереджувати відділення від нього масла. Визначається по

	ГОСТ 7142. Виражається у %.
Межа міцності на зсув (рис. 2)	Показник, що вказує критичне навантаження (напруження зсуву), при підвищенні якого відбувається різкий перехід до течі мастила як рідини. Визначається по ГОСТ <b>7143</b> за допомогою пластомету К-2. Виражається у Па.
Температура краплепадіння (Рис. 3)	Показник, що вказує на температуру плавлення мастил – мінімальна температура падіння першої краплі мастила, що нагріто у капсулі термометру Уббелоде. Визначається по ГОСТ 6793. Виражається у $^{\circ}\text{C}$ .
Трибологічні характеристики	Комплекс показників, що характеризує протизносні, протизадирні та антифрикційні властивості мастил. Оцінюються (ГОСТ 9490) на машинах тертя.

### Механічні властивості

Встановлюється за penetрацією (глибини занурення) стандартного приладу



Число penetрації = глибина занурення в **0,1** мм

Рис. 1 Оцінка числа penetрації мастила

### Механічна стабільність. Межа міцності.

Здатність зберігати властивості після тривалого впливу деформації зсуву (зміна penetрації)

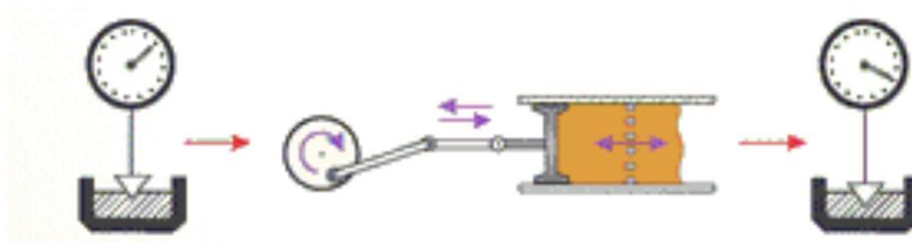


Рис. 2 Оцінка межі міцності на зсув

## Термічні властивості

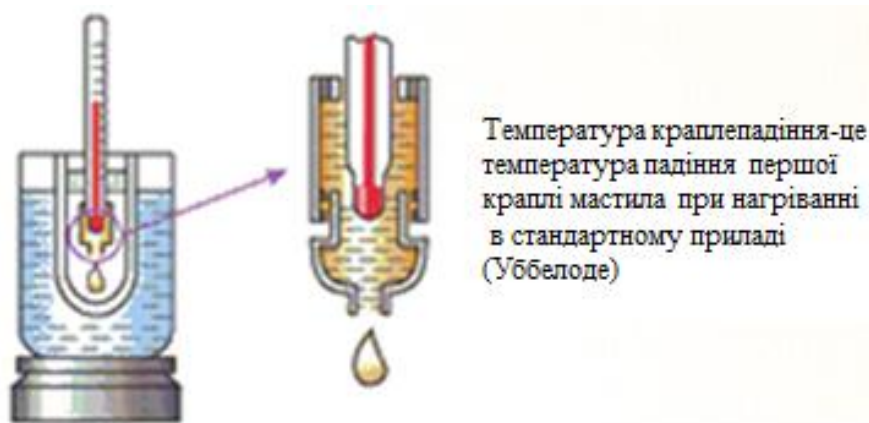


Рис. 3 Оцінка температури краплепадіння

Вказується також **індекс класу консистенції** при 25<sup>0</sup>С (число пенетрації) позначають арабськими літерами (табл. 2).

Таблиця 2. Класи консистенції пластичних мастил

Клас	Діапазон пенетрації при 25 0 С, 0,1 мм	Візуальна оцінка консистенції
000	445...475	Дуже м'яка, аналогічна дуже в'язкому маслу
00	400...430	Дуже м'яка, аналогічна дуже в'язкому маслу
0	335...338	М'яка
1	310...340	М'яка
2	265...295	Мазіобразна
3	220...250	Майже тверда
4	175...205	Тверда
5	130...160	Тверда
6	85...115	Дуже тверда

**За призначенням** пластичні мастила поділяють на: **антифрикційні (80-85)**, які знижують тертя та знос деталей механізмів; **консерваційні (12%)**, які захищають металеві вироби від корозії і руйнації; **ущільнювальні (2%)**, які герметизують зазори в обладнанні і механізмах; **канатні (до 1%)**, які використовують для змащення сталевих канатів.

Іноді до мастил пред'являють спеціальні вимоги, наприклад: підвищувати коефіцієнт тертя, виконувати роль ізоляційних або токопроводних матеріалів,

забезпечувати роботу вузлів тертя в умовах радіації, глибокого вакууму і т.п. Такі мастила відносять до групи мастил **спеціального призначення**.

### Питання 3. Класифікація, позначення, марки та асортимент пластичних мастил, які використовуються у сільському господарстві.

Класифікація пластичних мастил згідно ГОСТ 23258-78 поділяє їх на групи та підгрупи (табл. 3).

Таблиця 3. Група: Антифрикційні мастила

Підгрупа		Галузь використання
Загального призначення для звичайних температур	С	Вузли тертя із робочою температурою до 70 <sup>0</sup> С
Загального призначення для підвищених температур	О	Вузли тертя із робочою температурою до 110 <sup>0</sup> С
Багатоцільові	М	Вузли тертя із робочою температурою від мінус 30 до плюс 130 <sup>0</sup> С, умови підвищеної вологи
Термостійкі	Ж	Вузли тертя із робочою температурою 150 <sup>0</sup> С і вище
Морозостійкі	Н	Вузли тертя із робочою температурою нижче – 40 <sup>0</sup> С
Протизносні і протизадирні	И	Підшипники кочення при контактних навантаженнях вище 2500 МПа та ковзання при питомому навантаженні більше 150 МПа
Хімічностійкі	Х	Вузли тертя, що мають контакт з агресивним середовищем (кислоти, луги аміаком та ін.)
Приладні	П	Вузли тертя приладів та точних механізмів
Редукторні	Т	Зубчасті та гвинтові передачі
Приробіточні	Д	Використовують з метою приробітку поверхні
Вузькоспеціалізовані	У	Вузли тертя із додатковими вимогами (прокачуваність, емульгійність, іскрогасність та ін.).

<b>Група: Канатні мастила</b>		
	<b>К</b>	Сталеві канати і троси
<b>Група: Ущільнювальні мастила</b>		
Арматурні	<b>А</b>	Запірна арматура і сальникові пристрої
Різьбові	<b>Р</b>	Різьбові з'єднання
Вакуумні	<b>В</b>	Рухові і роз'ємні з'єднання та ущільнення вакуумних насосів

**Позначення пластичного мастила** складається із п'яти буквених і цифрових індексів, що вказують **групу (підгрупу, див табл.); загусник, (табл.); рекомендований температурний інтервал використання; дисперсійне середовище (масло, див. табл.); консистенцію (табл.).**

Приклад позначення пластичних мастил:

**Літол-24РК** - відповідає позначенню згідно стандарту - **МЛи 4/12 – 3РК**

**М** – багатоцільове мастило;

**Ли** – загусник літєве мило;

**4/12** – температурний інтервал застосування мастила (від мінус 40<sup>0</sup>С до плюс 120<sup>0</sup>С); тобто зменшення у десять разів

**3** – індекс консистенції (відповідає діапазону пенетрації 220...250);

**РК** – робоче консерваційне із присадками.

Перелік деяких антифрикційних мастил для сільськогосподарської техніки

Синтетичні солідоли (середньо-плавкі) СКа 2/7<sup>-2</sup>.

Жирові солідоли: Прес-солідоли Ж і солідол Ж.

Графітне мастило СКа 2/6-г3 (УСсА).

Жировий консталин (універсальне тугоплавке мастило УТ) - двох марок: консталин-1 (ОНа 2/11-3) і консталин-2 (ОНа 2/11-4.), відрізняється числом пенетрації (зимове 4, літнє 3).

Автомобільне мастило (ОНаКа 3/10-2).

Багатоцільові мастила МЛи 4/12-3, (Літол 24).

Вузькоспеціалізоване літєве мастило УЛи 4/13-Е3 – синтетичне мастило (Е) застосовується у закритих підшипниках кочення.

№ 158 містить пігмент - фталоціамін міді, що грає роль загусника. Цим пояснюється її синій колір.

Консерваційні 3Т 5/5-5 (ПВК) - захисне, тверде вуглеводне.

Використання та застосування деяких антифрикційних пластичних мастил в основних вузлах тертя автомобілів представлено у табл.4.

Таблиця 4. Застосування мастил в основних вузлах тертя автомобілів

<b>Вузол тертя</b>	<b>Марка Мастила</b>
Шарніри рульового керування. Шворні поворотних кулаків. Пальці ресор.	Літол-24, Солідол С, прес- солідол С
Осі педалей зчеплення і гальма, важелі коробки передач, роздавальні коробки. Вали кулачків гальм.	Літол-24, Солідол С, прес- солідол С
Барабан та інші механізми лебідки Буксирні і сидельні механізми	Літол-24 Солідол С, прес- солідол С
Шліци карданних валів	Літол-24, Солідол С, прес- солідол С
Голчасті підшипники карданних шарнірів	Літол - 24, солідол С, прес-солідол С
Шарніри і шворні поворотного кулачка карданних шарнірів	АМ карданна, Уніол-1
Ступці коліс	Літол-24, 1-13, автомобільна
Проміжна опора карданного вала	Літол-24, 1-13, автомобільна
Вижимний підшипник зчеплення	Літол-24, 1-13, автомобільна
Підшипники водяного насоса	Літол-24, 1-13, автомобільна
Передній підшипник первинного вала коробки передач	Літол-24, 1-13, автомобільна
Підшипники генератора і стартера	Літол - 24, № 158

Підшипники електродвигунів, склоочисника та обігрівача	Літол-24, 1-13, автомобільна
Шарніри приводу склоочисника	Літол - 24, № 158

#### **Питання 4. Експлуатаційні властивості та застосування спеціальних технічних рідин та матеріалів.**

У процесі експлуатації двигунів, різноманітних технічних засобів поряд із паливно-мастильними матеріалами застосовують технічні рідини спеціального призначення – охолоджувальні, пускові, гальмові і амортизаторні, рідини для гідросистем і т.п.

#### **Рідини для охолодження двигунів внутрішнього згорання**

##### **Призначення та вимоги до охолоджувальних рідин.**

##### **Вода як охолоджуюча рідина.**

Надійність роботи двигунів багато у чому залежить від стану системи охолодження і якості охолоджувальної рідини, яка повинна задовольняти вимогам, що впливають з її призначення та умов роботи:

- повинна мати високу температуру кипіння, велику теплоємність і теплопровідність, низьку температуру застигання і певну в'язкість;
- не повинна корозувати деталі системи охолодження, руйнувати гумові деталі та утворювати накип;
- повинна бути дешевою, недефіцитною, безпечною в пожежному відношенні і нешкідливою для здоров'я людини.

Вода має найвищу з усіх рідин теплоємність (**4 кДж/кг·°C**) і низьку в'язкість (**1 мм<sup>2</sup>/с**), забезпечує легкість циркуляції у системі охолодження, у закритих системах при тиску **0,12...0,13 МПа** має температуру кипіння **105...108 °C**.

Вода доступна у будь-яких кількостях, дешева, пожежно безпечна, має нейтральну реакцію середовища, нетоксична. Одночасно вона має ряд недоліків:

1) висока температура застигання (при замерзанні об'єм льоду збільшується на **10%** у порівнянні з об'ємом води, розвивається великий тиск **250 МПа**, що є причиною руйнування системи охолодження);

2) здатна до утворення накипу, в результаті розчинення у ній мінеральних солей, що відкладаються на гарячих поверхнях у виді накипу, і дрібних органічних сполук.



## Накип, його вплив на техніко-економічні показники роботи двигуна.

### Метод боротьби з накипоутворенням.

**Накип** - тверді і міцні відкладення, які мають дуже низьку теплопровідність (у **10...15** разів

менше ніж метал).

Товщина накипу може досягати **5** мм і більше. При цьому, внаслідок низької теплопровідності накипу, порушується тепловий режим двигуна, що супроводжується зниженням потужності на **20...25%**, збільшенням витрат палива на **25...30%** і масла на **30...40%**. Тому, важливою є необхідність виявлення причин виникнення накипу і розробки ефективних заходів боротьби із ним.

Утворення накипу обумовлено густиною природної води, тобто наявністю у ній розчинних солей кальцію і магнію.

**Жорсткість води** виражається міліграм-еквівалентами іонів кальцію ( $\text{Ca}^{++}$ ) і магнію ( $\text{Mg}^{++}$ ), які знаходяться у літрі води. За жорсткістю воду підрозділяють на п'ять груп (табл. 5).

Таблиця 5. Класифікація води за жорсткістю

Група Жорсткості	Загальна жорсткість, мг.екв/л	Вплив на накипоутворення
Дуже м'яка	до 1,5	Накипу не утворює
М'яка	1,5...4	Накипу майже не утворює
Середньо жорстка	4...8	Утворює накип. Необхідно не менше 2-х разів у рік видаляти накип із системи охолодження
Жорстка	8...12	Швидко відкладається значний накип. Не рекомендується застосовувати без попереднього пом'якшення
Дуже жорстка	більше 12	Система охолодження дуже швидко забивається накипом. Взагалі, воду застосовувати без пом'якшення не можна

**Загальною жорсткістю** називається сумарне утримання іонів кальцію і магнію. Один мг-екв/л жорсткості відповідає утриманню **20,04** мг/л іонів  $\text{Ca}^{2+}$  або **12,16** мг/л іонів  $\text{Mg}^{2+}$ .

Розрізняють **карбонатну (тимчасову)** і **некарбонатну (постійну)** жорсткість.

**Карбонатна жорсткість** залежить від кількості розчинених у воді двовуглекислих (бікарбонатів) солей кальцію і магнію  $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2]$ . Ці солі при нагріванні води вище  $85^\circ\text{C}$  розкладаються на накип і шлам та випадають в осад.

Вода вважається м'якою, якщо у ній міститься солей до **3** мг.екв/л. (див. табл. **5**). Якщо жорсткість води вище **3** мг.екв/л, то вона підлягає пом'якшенню, з метою видалення із катіонів  $\text{Ca}^{+2}$  і  $\text{Mg}^{+2}$ .

Порядок видалення накипу із системи охолодження такої. Спочатку видаляють із двигуна термостат і заливають розчин у систему охолодження. Запускають і прогрівають двигун та дають йому попра-цювати **10...20** хв. Після чого, двигун зупиняють, розчин зливають і систему охолодження **2-3** рази промивають водою. Воду рекомендується розбавити гарячим розчином ( $70...80^\circ\text{C}$ ) **0,5...1,0** % хромпика (проти корозійне промивання).

Одним із головних недоліків води, як охолоджувальної рідини, є висока температура застигання, що ускладнює експлуатацію двигунів у зимовий час.

#### **Низькозамерзаючі охолоджувальні рідини.**

Під час експлуатації двигунів зимою, особливо при низьких температурах навколишнього середовища, використовують низькозамерзаючу рідину – **антифриз**. В якості таких рідин можуть використовуватись різноманітні розчини спиртів, гліцерину, води. Сьогодні виробляються низькозамерзаючі охолоджувальні рідини, шляхом змішання етиленгліколю з водою. **Етиленгліколь** ( $\text{CH}_2(\text{OH})_2$ ) – двохатомний спирт. При кімнатній температурі-це рясна масляниста безбарвна або ясно-жовта рідина. Густина етиленгліколю становить близько  $1,11...1,14$  г/см<sup>3</sup>.

#### **Основні показники етиленгліколю:**

Щільність при  $20^\circ\text{C}$ , кг/м<sup>3</sup> 1,113

Температура плавлення,  $^\circ\text{C}$  11,5

Температура кипіння  $^\circ\text{C}$  197,4

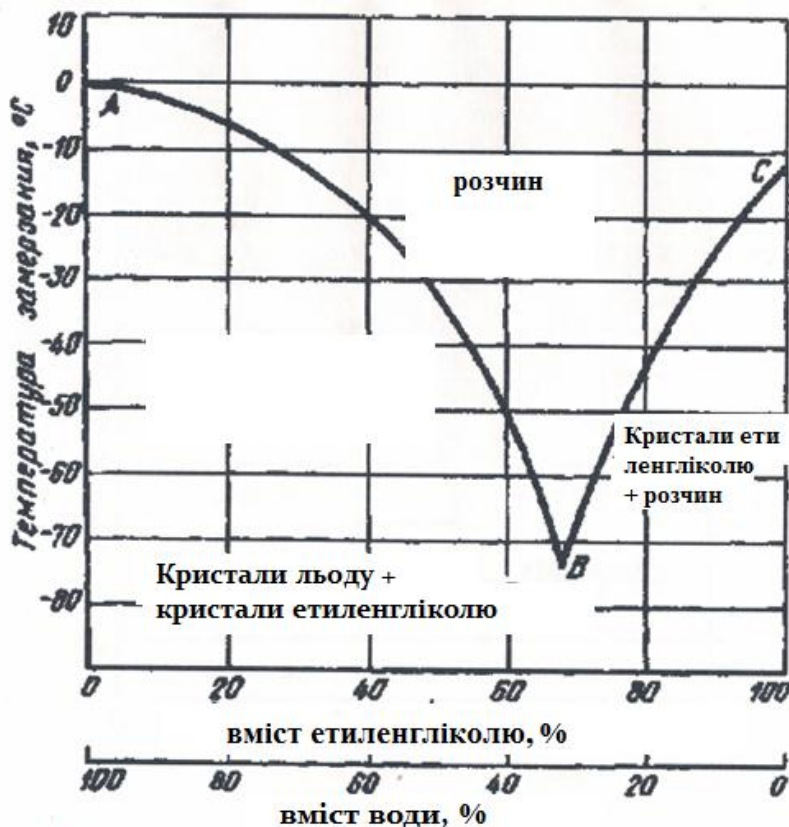
Коефіцієнт об'ємного розширення 0,00062

Температура спалаху  $^\circ\text{C}$  122

Температура займання  $^\circ\text{C}$  140

Етиленгліколь дуже добре змішується з водою, спиртами, ацетонами і не змішується з нафтопродуктами. При змішуванні етиленгліколю з водою спостерігається дуже різке зниження температури застигання отриманої суміші.

Найбільш  
застигання  
має суміш  
і 33% води



низьку  
температуру  
(мінус 75 °С)  
67%  
етиленгліколю  
(рис.5)

Рис. 5 Крива кристалізації водно-етиленгліколевої суміші

При збільшенні концентрації етиленгліколю температура застигання починає підвищуватися. Водоетиленгліколеві низькозамерзаючі рідини мають ряд позитивних властивостей: низька температура застигання, висока температура кипіння, гарні в'язкісні властивості; висока теплоємність і теплопровідність; при замерзанні об'єм збільшується незначно, що не викликає руйнації системи охолодження; рідина негорюча. До недоліків можна віднести великий коефіцієнт об'ємного розширення при нагріванні, через що у систему охолодження потрібно заливати рідину на 7...8% менше загального обсягу.

Потрібно відзначити, що етиленгліколь і його водний розчин - сильна отрута. Проте, їх отруйна дія виявляється тільки при попаданні в організм людини, у зв'язку з цим їх забарвлюють у яскраві кольори (блакитний, зелений, червоний та ін.), що дозволяє не поплутати їх з напоями. Але спеціальних засобів захисту непошкодженої шкіри рук і дихальних шляхів при використанні антифризів не потрібно.

В Україні звичайна класифікація і позначення антифризів відсутні. На цей час (наприклад ОАО АЗМОЛ) випускаються антифризи двох марок - АЗМОЛ **ТОСОЛ-40** і АЗМОЛ **ТОСОЛ-65** із температурою застигання відповідно мінус 40<sup>0</sup>С і мінус 65<sup>0</sup>С. Стандарт (ГОСТ 6367-62) передбачає випуск антифризу марки **40К** -

концентрованого етиленгліколю з присадками. При додаванні до 1 л концентрату 0,73 л води одержують антифриз марки **ТОСОЛ - 40**.

Водяні розчини етиленгліколю спроможні викликати сильну корозію чорних і кольорових металів. Для зменшення корозійної дії в антифризи вводять присадки: декстрин (складний вуглеводень) 1 г/л і дінатрійфосфат ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) 2,5...3,5 г/л, які додають в обидві марки вітчизняного антифризу. Внаслідок гідролізу дінатрійфосфата, антифриз знижує корозійну активність чорних металів. Захисні дії декстрину обумовлені утворенням адсорбційної плівки, що найбільш ефективно гальмує корозію алюмінію, міді і припоїв. Проти корозії цинкових і хромових покриттів системи охолодження антифриз додається у молібденово-кислий натрій ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ) у кількості 7,5...8%, що відзначається в маркуванні буквою „М” (марки **40М** і **65М**).

Особливістю етиленгліколевих антифризів є: спроможність антикорозійних присадок вступати в реакцію із солями накипу, тому, перед заливанням антифризу, із системи охолодження необхідно видалити накип і шлам.

Склад і густина антифризу контролюються спеціальним денсиметром - гідрометром.

Відновлення етиленгліколевих антифризів складається з операції відстою (**10 діб**), видалення верхнього шару нафтопродуктів, спуску грязьового відстою і фільтрації через тканину.

### **Пускові технічні рідини**

Пускові рідини застосовують для полегшення пуску двигуна при низьких температурах. Виробляються вони на основі діетилового ефіру (45...60%), який має низьку температуру спалаху і самозаймання, високий тиск насичених парів, із додаванням газового бензину (15...55%), ізопропілнітрату (1...15%) і турбінного масла (2...10%). Використання пускових рідин дозволяє проводити запуск холодних двигунів без підігріву при температурі навколишнього середовища мінус 40 °С. Асортимент пускових рідин: для дизельних двигунів - „Холод Д-40”, для бензинових - „Арктика”.

### **Гальмові та амортизаторні рідини**

**Гальмові рідини** є одним із видів гідравлічних рідин, які застосовують у гальмових системах для передачі енергії від головного гальмового циліндра до колісного.

Гальмові рідини виготовляють на основі рослинних масел (частіше касторового) або двохатомних спиртів-гліколей. **Касторове масло** має високі змащувальні властивості і не викликає набрякання або пом'якшення натуральної гуми та ущільнень деталей гальмової системи, які виготовлені з неї. Проте, через високу в'язкість і температуру застигання (мінус 16<sup>0</sup>С) у чистому виді касторове масло, як гальмова рідина, не застосовується, а використовується у суміші зі спиртами - бутанолом, етанолом, пентанолом.

**Етанол** не знаходить широкого застосування, як компонент гальмової рідини, тому що кипить при температурі 78<sup>0</sup>С і, отже, при високих робочих температурах може утворювати парові пробки у гальмовій системі.

На цей час також випускаються гальмові рідини, у складі яких є суміш різноманітних ефірів із низькомолекулярними полімерами з додаванням присадок різноманітного функціонального призначення. **Гальмові рідини повинні задовольняти вимогам:** мати гарні вязкістно-температурні властивості, високу фізичну і хімічну стабільність при низьких і високих температурах, низьку температуру застигання, сумісність з металами і матеріалами ущільнень.

Для гальм гідравлічних приводів випускаються гальмові рідини **БСК, ЕСК, ГТЖ-22М, ГТЖ-2, ГТН, „Нева”, „Томь”, „Роса”** та інші сучасні.

Рідини БСК і ЕСК виготовляються на касторовій основі. Склад: **БСК** – 50% бутилового спирту і 50% рафінованого касторового масла; **ЕСК** - 40% етилового спирту і 60% касторового масла. Ці рідини мають гарну змащувальну спроможність, оптимальну в'язкість, але підвищену корозійність відносно міді та латуні. Основні недоліки - схильність при низьких температурах виділяти згустки кристалів касторового масла, що призводить до закупорювання системи гідравлічного приводу і до відмови гальм. Не рекомендується застосовувати ці рідини при температурах нижче мінус 20...25<sup>0</sup>С.

Гідрогальмова рідина **ГТЖ-2, ГТЖ-22** на гліколевій основі добре працює при температурі від мінус 50 °С до плюс 100 °С, складається з 70% діетиленгліколю, 25% етиленгліколю, 5% етилцелозольву з додаванням 15 г/л протикорозійної присадки ТАФ (триетаноламіно-фосфат). До недоліків цієї рідини належить низька змащувальна спроможність, тому рекомендується перед заповненням системи свіжою рідиною, змащувати манжети головного і робочих циліндрів касторовим маслом або рідинами на його основі.

Рідина «Нева» використовується у приводах гальм сучасних легкових автомобілів. При попаданні води до гальмової системи з „Невою” розширення рідини не відбувається.

Рідина ГТН (гідрогальмова нафтова) складається з деароматизованого газу (ароматичні вуглеводні відсутні), який загущено 3..4% в'язкістю присадкою - поліізобутилену з додаванням протиокисної присадки. Ця рідина позбавлена недоліків. Проте, застосування рідини ГТН припускається тільки у гальмових системах, які обладнані шланга-ми та ущільнювачами з маслостійкої гуми.

Усі гальмові рідини пофарбовані: БСК - оранжево-червоний або зелений; ЕСК - жовтий або червоний; ГТЖ - зелений або захисний; ГТН - червоний.

Змішувати гальмові рідини, які отримані на різних основах (касторове масло та низькомолекулярні полімери), не можна, тому що відбудеться розшарування суміші.

Гідравлічні амортизатори різноманітного типу заповнюються малов'язкими маслами. До **гідравлічних рідин** ставляться **такі вимоги**: гарні змащувальні і протикорозійні властивості; бути легкокорухомими при різноманітних температурних режимах, тобто мати гарну вязкісно-температурну характеристику і низьку температуру застигання. Для забезпечення надійної роботи амортизаторів (сильний механічний і термічний вплив, у результаті витікання амортизаторної рідини через отвори клапанів і дроселів) необхідна рідина з високою термоокисною і механічною стабільністю, яка може беззмінно працювати в амортизаторі тривалий час.

Головною маркою амортизаторної рідини машин є **АЖ-12т**. Це суміш трансформаторного масла із додаванням кремнійорганічних сполук, протизносних і протиокисних присадок.

Для всесезонної роботи гідравлічних амортизаторів автомобілів в якості робочої рідини застосовують масло **МГП-10**, що являє собою суміш трансформаторного масла, поліетилсилоксанової рідини, тваринного жиру, протиокисної і протиспінювальної присадок.

У виробничих умовах при відсутності спеціальних амортизатор-них рідин можна виготовити інші, які складаються, наприклад, із суміші однакової кількості трансформаторного і турбінного масел.

### **Консерваційні рідини та матеріали**

Надійність і довговічність роботи машини і механізмів визначається ефективністю захисту металевих поверхонь від корозії.

Відсутність корозійного впливу на метали і захист від дії зовнішнього середовища - це вимога, яка ставиться до усіх видів мастильних матеріалів, а особливо, до консерваційних.

Усі мастильні матеріали за спроможністю захищати металеві вироби від атмосферної корозії умовно можна поділити

на чотири групи:

- **робочі масла**, які використовують у двигунах, механізмах, і які не спроможні тривалий час захищати поверхні від корозії;
- **консерваційні масла**, які призначені для зовнішньої і внутрішньої консервації виробів при зберіганні і транспортуванні, але не придатні для експлуатації;
- **консерваційно-робочі масла** (містять присадки АКOP-1 та ін.), призначені для одноразового використання у машинах, які починають експлуатуватись (до першої заміни масла);
- **консерваційно-захисні мастила і плівкоутворюючі інгібіторні нафтові суміші.**

Для того щоб консерваційні матеріали тривалий час надійно захищали метал від корозії вони повинні відповідати вимогам:

- *інертністю* стосовно металевих поверхонь;
- *малою проникністю* для корозійних-агресивних елементів;
- *високою водостійкістю*;
- *гарною адгезією* у широкому температурному інтервалі;
- *високою хімічною і колоїдною стабільністю.*

За агрегатним станом консерваційні мастильні матеріали підрозділяються на **пластичні, напіврідкі та рідкі.**

Захисна дія пластичних мастил заснована на механічному ізолюванні поверхонь автомобілів, тракторів, комбайнів та інших машин, а також вузлів, агрегатів і деталей від впливу агресивних атмосферних речовин і вологи при їх збереженні, як на відкритих так і у закритих приміщеннях.

#### **Пластичні консерваційні мастила.**

**Мастило пластичне водостійке консерваційне (ПВК)** - липке високов'язке мастило коричневого кольору. Відрізняється високою водостійкістю, високим опором до окислювання і низькою випарністю. Застосовується для зовнішньої консервації

мета-левих поверхонь машин. Термін захисної дії при зберіганні на відкритих майданчиках до 1,5 року, а у закритих приміщеннях до 5 років.

Мастило можна наносити на поверхню у розплавленому стані (900...110<sup>0</sup>С) пензлем, шпателем, або розчиненому автотракторним маслом у співвідношенні 1:1 або 1:2, попередньо підігрівши до 80<sup>0</sup>С. Застосування даного мастила дозволяє захистити від корозії металеві вироби з чорних і кольорових металів будь-якої форми і розмірів.

**Мастило ЗЕС** являє собою однорідну м'яку мазь темного кольору, має високу водостійкість, гарну адгезійну спроможність до металів при низьких (до мінус 40<sup>0</sup>С) і, що особливо важливо, при високих температурах (до +100<sup>0</sup>С).

Мастило наносять пензлем або шпателем. Для нанесення зануренням або розпиленням її розбавляють бензином чи іншим розчинником у співвідношенні 1:1. Мастило ефективно захищає від корозії чорні і кольорові метали деталей машин, які зберігаються на відкритих площах.

**Мастило АЗМОЛ-ЖКБ** (марок **ЖКБ-1, ЖКБ-2**) - призначене для тривалого захисту від атмосферної корозії виробів і механізмів, що зберігаються під навісом.

#### **Рідкі консерваційні мастильні матеріали.**

Механізм захисної дії рідких масел обумовлено взаємодією інгібіторів корозії, що входять до його складу, із поверхнею металу. Так, як і пластичні мастила консерваційні масла забезпечують захист деталей машин і механізмів від корозії. Але мають такі переваги:

- застосовувати масло можливо у будь-який час року без його підігрівання;
- агрегати, що консервовані рідким маслом можна вводити в експлуатацію без розконсервації;
- витрата масла при консервації в декілька разів менше пластичних мастил; процес консервації рідкими маслами легко можна механізувати.

До недоліків рідких консерваційних масел відносять: їх легке змивання атмосферними опадами, тому рекомендується їх використо-вувати для захисту внутрішніх поверхонь, а також при зберіганні машин у закритих приміщеннях.

**Консерваційне масло К-17** - масляниста рідина темно-коричне-вого кольору. Воно здатне солюбілізувати (розчиняти) частки вологи, зберігаючи захисну спроможність. Використовують для внутрішньої консервації порожнин, двигунів і картерів машин, засіб нанесення - пензлем, зануренням і розпиленням.



При консервації двигуна його колінчастий вал обертають на протязі 5...8хв. із залитим у картер маслом, що забезпечує захист поверхонь від корозії до 5 років. При вводі машини в експлуатацію масло К-17 обов'язково замінюють у картерах, трансмісіях на функціональні масла.

**Масла консерваційні** (трьох марок: **НГ-203А; НГ-203Б; НГ-203В**). **Масло НГ-203А** служить для захисту від корозії зовнішніх металевих поверхонь і механізмів у закритих помешканнях, під навісом. Засіб застосування - пензлем, зануренням, розпиленням. **Масла НГ-203Б, НГ-203В** служать для захисту від корозії внутрішніх поверхонь, деталей, механізмів. Засіб нанесення - пензлем, розпиленням. НГ-203В перед використанням необхідно підігріти до 40...50 °С.

**Масла консерваційні НГ-204, НГ-204У** - це однорідні маслянисті високов'язкі рідини від коричневого до чорного кольору, прозорі в тонкому прошарку, використовуються для захисту від корозії зовнішніх і внутрішніх поверхонь машин, запасних частин при зберіганні під навісом і на відкритих майданчиках.

Термін захисної дії консерваційних масел марок НГ-203 і НГ-204 до 12 місяців.

Гарні протикорозивні властивості мають присадки **АКОР-1, ПРАНА-0**. Ці присадки використовуються для консервації внутрішніх поверхонь шляхом введення їх в масло (до 10%) у підігрітому до 50...60 °С стані при ретельному перемішуванні. Дані присадки не можна заливати безпосередньо у картер двигуна. Термін захисної дії при консервації внутрішніх поверхонь до 3 років.

### **Плівкоутворюючі інгібіровані нафтові суміші (ПИНС).**

**ПИНС** - найбільш перспективний клас консерваційних сумішей, особливо для зовнішньої консервації машин. Переваги ПИНС перед традиційними захисними мастильними матеріалами такі:

- легкість нанесення методом повітряного розпилення, зануренням, пензлем;
- високі захисні властивості при мінімальній товщині плівки (50...200 мкм) у той час як для мастил (3...5 мм);
- висока проникаюча спроможність у мікрозазори, мікротріщини, що особливо важливо при терті у машинах;
- при зовнішній консервації машин, можна вводити їх в експлуатацію без розконсервації.

За областями застосування ПИНС підрозділяють на такі групи.

**Група Д-1.** Продукти цієї групи призначені для тривалої зовнішньої консервації металевих виробів, які зберігаються на відкритих майдан-чиках, для захисту стаціонарних великогабаритних металевих конст-рукцій, автотракторної, сільськогосподарської і загальної техніки, трубопроводів, устаткування заводів та ін. Продукти з індексом «шасі» призначені для додаткового захисту підкузовної частини легкових автомобілів на заводах-виробниках, на станціях технічного обслуговування автомобілів, які знаходяться в індивідуальному користуванні, а також для захисту зовнішніх поверхонь вантажних автомобілів, днищ автобусів, сільськогосподарської техніки, будівельних і дорожних машин і т.д.

До продуктів групи Д-1 відносять НГ-216А, НГ-222А

(Д-1-С), антикоррозин, МОПЛ-3 (Д-1-С-шаси). Вони утворюють на металі тверді або напівтверді плівки значної товщини (до 500 мкм), які володіють високими захисними властивостями і гарною абразиво- і атмосферостійкістю.

**Група Д-2.** Ці продукти мають більш широку область застосування, ніж суміші групи Д-1. Їх широко використовують при зберіганні, транспортуванні, періодичній і постійній експлуатації, практично, усіх видів металевих виробів. Продукти цієї групи - НГ-216Б, НГ-222Б, інгібит-С утворюють на металі більш тонкі плівки (20...100 мкм), ніж продукти групи Д-1.

ПИНС груп Д-1 і Д-2 часто містять однакову компози-цію активної речовини і різняться тільки вмістом, а іноді і типом розчинника, наприклад, продукти НГ-216А, НГ-222А (Д-1-С) і НГ-216Б, НГ-222Б (Д-2-С). Продукти марки А відрізняються меншим вмістом уайт-спірита.

**Група МЛ-1.** Продукти цієї групи призначені для захисту схованих і важкодоступних внутрішніх поверхонь металевих виробів, насамперед схованих поверхонь автомобільної техніки: лонжеронів, порогів, стійок, внутрішніх поверхонь дверей, фар і т.д. До продуктів групи МЛ-1 відносять Мовиль, НГ-222Б і МОПЛ-2, на металі вони утворюють м'яку плівку товщиною 20...50 мкм. **Група МЛ-2.** Призначення продуктів цієї групи аналогічно групі МЛ-1. Але суміші МЛ-2 мають підвищену тиксотропність і більш високу температуру краплепадіння. Продукти групи МЛ-2 - НГМ-МЛ, Оремин, Мольвин-Мл - використовують на автомобілебудівних заводах (АвтоВАЗ, АЗЛК, ГАЗ та ін.) для захисту схованих поверхонь кузова автомобіля на конвеєрі.

**Група «З».** Ці продукти призначені для захисту запасних частин, напівфабрикатів при межопераційному зберіганні металевого листа, прокату, інструмента. Вони утворюють на металі м'які консистентні або напіврідкі масляні плівки товщиною 10...40 мкм. В якості розчинника у суміші НГ-216В, яку застосовують для консервації запасних частин, використовують трихлоретилен («З»-Т). В останні роки велике поширення одержали суміші цієї групи, які нанесені з водяних середовищ: до них відносяться суміші НГ-224 і аквамин.

В табл. 3.3 приведені рекомендації щодо захисту різноманітних груп і підгруп металевих виробів плівкоутворюючими інгібірованими нафто-вими сумішами по ГОСТ 9.014-78. Як видно з представлених даних, ті або інші види ПИНС у даний час можна використовувати, практично, для будь-яких металевих виробів.

