

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА**

Кафедра агроінженерії

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**з дисципліни: «ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНІ ТА ІНШІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ
МАТЕРІАЛИ»**

для студентів спеціальності 208 Агроінженерія



Умань – 2020р.

Конспект лекцій з дисципліни „Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали” призначені для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Укладачі: **Пушка Олександр Сергійович**, к.т.н., доцент кафедри агроінженерії;
Войтік Андрій Володимирович, к.т.н., завідувач кафедри агроінженерії

Рецензенти: **Харак Руслан Миколайович**, к.т.н., доцент кафедри галузевого машинобудування Полтавської ДАА;
Кепко Олег Ігорович, к.т.н., доцент кафедри прикладної інженерії та охорони праці Уманського НУС.

Методичні вказівки розглянуто та обговорено на засіданні кафедри агроінженерії.

Протокол №1 від «31»08 2020 р.

Схвалено і рекомендовано до друку науково-методичною комісією інженерно-технологічного факультету.

Протокол №1 від «01»09.2020 р.

З М І С Т

ВСТУП	4
ЛЕКЦІЯ № 1	
Одержання нафтопродуктів, їх види. Експлуатаційні властивості та використання автомобільних бензинів (І частина).....	6
ЛЕКЦІЯ № 2	
Експлуатаційні властивості та використання автомобільних бензинів (ІІ частина).....	16
ЛЕКЦІЯ № 3	
Експлуатаційні властивості та використання дизельного палива.....	23
ЛЕКЦІЯ № 4	
Експлуатаційні властивості і використання мастильних матеріалів.....	36
ЛЕКЦІЯ № 5	
Експлуатаційні властивості і використання моторних масел.....	49
ЛЕКЦІЯ № 6	
Експлуатаційні властивості та використання трансмісійних масел і масел технічного призначення.....	65
ЛЕКЦІЇ № 7, 8	
Експлуатаційні властивості та використання пластичних мастил і спеціальних технічних рідин.....	73
ЛЕКЦІЯ № 9	
Основні напрямки удосконалення та раціонального і безпечного використання ПММ.....	91
Список використаної літератури.....	100

ВСТУП

З появою перших простіших механізмів в сільськогосподарському виробництві людство зустрілося з явищем тертя та зносу. Було відмічено, що на подолання сил тертя потрібно затрати відчутної енергії, тому одразу почалися пошуки способів і засобів зниження цих затрат та зменшення зносу поверхонь, що труться. При цьому, людська думка почала розвиватися по двом напрямкам: підбір більш надійних, зносостійких конструкційних матеріалів з малим коефіцієнтом тертя та застосування різних змащувальних матеріалів.

З появою енергетичних засобів виникло багато специфічних питань щодо конструювання та експлуатації енергетичних установок – двигунів, що пов'язано не тільки з тертям та зносом, але і з особливостями згоряння палива і поведінкою масла в двигуні. Зокрема з'явилася проблема бездетонаційного згоряння бензинів в двигунах, лако- і нагаровідкладень в камері згоряння і на поршнях, корозійно-механічного зносу циліндро-поршневої групи та підшипників.

З ускладненням конструкцій двигунів, підвищенням їх потужностей і теплонапруженості підвищилися вимоги до якості паливно-мастильних матеріалів. У нафтопереробній і хімічній промисловості з'явилися відповідні технологічні і ресурсні питання. Складні виникли питання і у експлуатаційників: як забезпечити надійну і ефективну роботу двигунів в конкретних, під час екстремальних умовах їх експлуатації? При цьому слід звернути увагу на головне – конструкція двигунів і механізмів, якість застосованих паливно-мастильних матеріалів і експлуатація техніки – це ланки єдиної хімотологічної системи, в котрій кожна ланка, що має свої специфічні риси і особливості, впливає на сусідні та й сама сильно залежить від них.

Сільське господарство України є одним з головних споживачів енергії. Підвищення рівня виробництва сільськогосподарської продукції, обсягів механізованих робіт супроводжується безперервним збільшенням витрат енергетичних ресурсів, зокрема паливно-мастильних матеріалів.

Проблема раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів стала однією з найважливіших економічних, соціальних і технічних проблем сучасності, рішення якої для України є найважливішою народногосподарською задачею.

Гостроти проблема набуває ще і тому, що в енергетичному балансі України основним енергоносієм є нафта, власний видобуток якої не забезпечує потреби у ній нестатків промисловості і сільського господарства.

Тому, питання економного використання енергії у сільському господарстві на сучасному етапі варто розглядати не тільки як зниження витрат паливно-мастильних матеріалів, а значно ширше – як визначення основних напрямків енергозберігаючої політики з урахуванням перспектив застосування альтернативних джерел енергії.

На цей час специфічною особливістю сільськогосподарського виробництва є експлуатація вітчизняної застарілої техніки разом з імпортною, виробництва практично усіх країн світу, економічність, довговічність якої залежить від застосування високоякісних паливно-мастильних матеріалів і технічних рідин.

У зв'язку з цим, знання фізико-хімічних властивостей паливно-мастильних матеріалів, вимог, що запропонованих до їх якості, асортименту, умов застосування – передумова ефективного використання мобільної сільськогосподарської техніки.

Знати паливно-мастильні матеріали означає мати чітке розуміння взаємозв'язку показників, що характеризують якість із фізико-хімічними та енергетичними процесами, які протікають при їх використанні в конкретних умовах експлуатації, а також взаємозв'язку з хімічним (елементним) і груповим складом.

Метою даного циклу лекцій є навчання майбутніх фахівців, що займаються питаннями експлуатації мобільної техніки, здійснювати правильний вибір сортів та марок паливно-мастильних матеріалів у залежності від типу техніки, умов експлуатації, контролювати якість нафтопродуктів, а також проводити заходи щодо раціонального та ощадливого їх використання.

ЛЕКЦІЯ № 1

ОДЕРЖАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ, ЇХ ВИДИ. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНІВ (І ЧАСТИНА)

ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Стан проблеми, мета та задачі дисципліни.
2. Наука хімотологія.
3. Сутність процесів займання та згоряння палив.
4. Випаровуваність.

Загальна характеристика і роль паливно-енергетичних ресурсів у сільському господарстві

Сучасне сільськогосподарське виробництво України витрачає близько 40...50% нафтопродуктів від загальної кількості, що використовуються у народному господарстві.

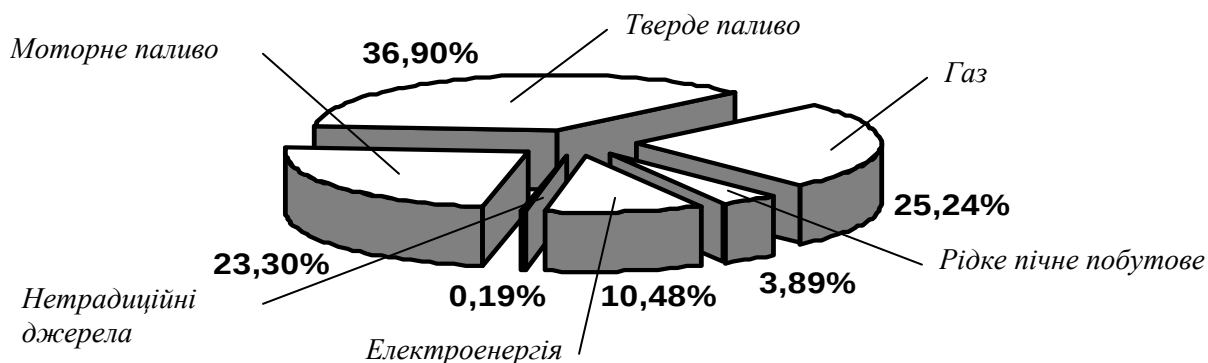


Рис. 1.1. Структура енергоносіїв у сільськогосподарському виробництві.

Від якості, вірного вибору та вмілого використання нафтопродуктів залежать не тільки їх витрати, але й технічний стан сільськогосподарської техніки та нафтоскладського обладнання, ефективність роботи та використання, витрати праці. Встановлено, що у загальній вартості тракторних робіт на частку нафтопродуктів припадає більш 50...60% 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).

Класифікація нафтопродуктів згідно ISO 8681

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

Нафта – основна сировина для отримання палив і масел

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.

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/см³, 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 – нафтовидобувальна 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. м³ (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.).

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/дм³). 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/м³);

2 - середні (від 851 до 885 кг/м³);

3 - важкі (більш 885 кг/м³).

Умовне позначення нафти складається з трьох цифр, що відповідають класу, типу і групі.

Приклад: „Нафта Самотлорського родовища з масовою часткою сірки 0,96% (клас 2), густиною 842,6 кг/м³ (тип 1), концентрацією хлористих солей 72 мг/дм³, масовою долею води 0,3% (група 1) - позначають **2.1.1.**”.

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_nH_{2n+2} ; нафтеніві (поліметиленові, циклани) із загальною структурною формулою C_nH_{2n} і ароматичні (бензольні, ацени) із загальною структурною формулою C_nH_{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, нафтенів 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. 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);

Таблиця 1.2

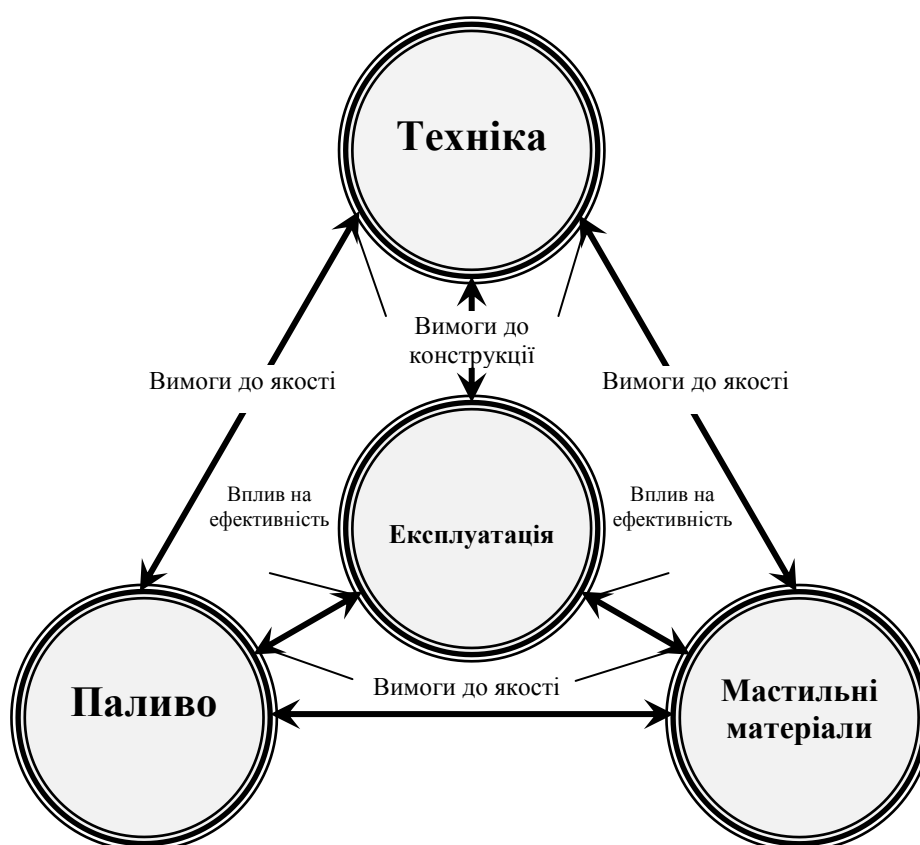
Основні види палива

Паливо	Природне	Штучне
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	Світільний, коксовий, крекінговий, доменний, генераторний, водяник, змішаний, гази нафтопереробних заводів

- 4) в залежності від області застосування (табл. 1.3).

Класифікація палив по ГОСТ 4.25-83

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



Універсальна хімотологічна система

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

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 вищевизначеної 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 $L_{\text{теор}}$ 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:

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

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 ($L_{\text{действ}}$).

Відношення дійсно витраченої кількості повітря до теоретично необхідного (стехіометричного) називають коефіцієнтом надлишку повітря (α):

$$\alpha = \frac{L_{\text{действ}}}{L_{\text{теор}}}, \quad L_{\text{действ}} = \alpha L_{\text{теор}}$$

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, а суміш називають нормальною. Коли більше одиниці, суміш бідна, а менше одиниці — 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).

Таблиця 1.4

Зразкові значення коефіцієнта надлишку повітря

Вид палива	α
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

У виробничих умовах, звичайно, не вимірюють дійсну кількість повітря, витраченого для згоряння, а підраховують коефіцієнт надлишку за складом газів, що відновили або димових. Якщо у продуктах згоряння багато вільного кисню, то повітря подається у надлишковій кількості ($\alpha > 1$), а якщо є продукти неповного згоряння, наприклад, чадний газ CO, то повітря недостатньо ($\alpha < 1$). Таким чином, для експериментального визначення коефіцієнта надлишку повітря, з яким працює двигун або інша установка, у продуктах згоряння необхідно встановити зміст CO, O₂, N₂, що роблять за допомогою газоаналізаторів.

Умови застосування та вимоги до автомобільного бензину

Автомобільний бензин — це легкозаймиста, легколетюча складна суміш, до складу якої входить більш 200 видів ароматичних, нафтонових 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 °C. 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 підігрівается 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;
- ✓ володіти гарними сумішоутворюючими властивостями, що обумовлюють легкій пуск двигуна, плавний перехід з одного режиму роботи на другий та сталу його роботу при експлуатації у різноманітних кліматичних умовах;
- ✓ мати необхідну детонаційну стійкість, яка забезпечує нормальне згоряння палива без детонаційних стуків у двигуні. Ці вимоги є специфічними для бензинів;
- ✓ не утворювати нагаровідкладень, що призводять до перегріву та зниженню надійності двигуна;
- ✓ не викликати корозії деталей, як при безпосередньому контакті з ними, так і від продуктів згоряння;
- ✓ бути стабільним при транспортуванні і зберіганні, тобто не змінювати своїх початкових властивостей;
- ✓ не мати шкідливого впливу на людину та навколишнє середовище.

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.

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



Рис. 1.1 Крива фракційної 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 надходитиме 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_n , °C) описується наступною емпіричною залежністю:

$$t_n = 0,5t_{10\%} + 0,33t_{п.к.} - 20,76.$$

Після пуску **прогрів та прийомистість** двигуна (інтенсивність розгону автомобіля до певної швидкості після різкого відкриття дросельної заслінки) обумовлюється робочою фракцією. Чим крутіше підіймається у цій частині крива розгонки, тим одноманітніше паливо і склад горючої суміші по різних циліндрах двигуна, тим краще прийомистість автомобіля і тим стійкіше його робота (рис. 1.2). Якість робочої фракції визначається головним чином температурою перегонки 50% бензину $t_{50\%}$ (рис. 1.3). Чим нижче ця температура, тим легше випаровуються середні фракції бензину, забезпечуючи стійку роботу двигуна на режимі холостого ходу і його добру прийомистість. Із збільшенням часу прогріву підвищуються втрати палива на збагаченій суміші та наступним утворенням токсичних продуктів у відпрацьованих газах.

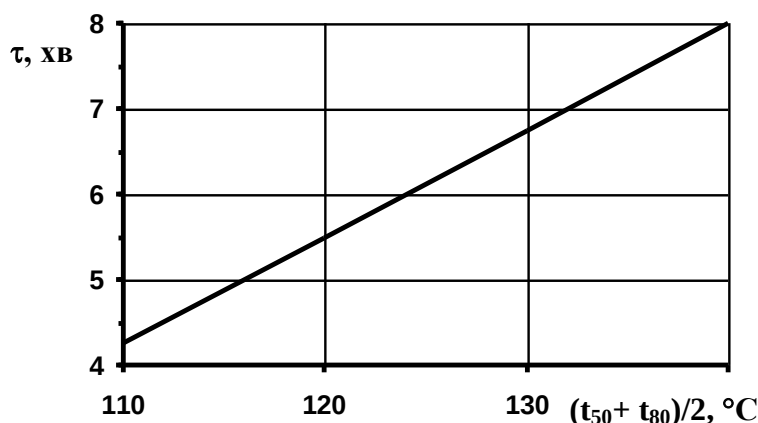


Рис. 1.2 Залежність часу прогріву двигуна від фракційного складу бензину

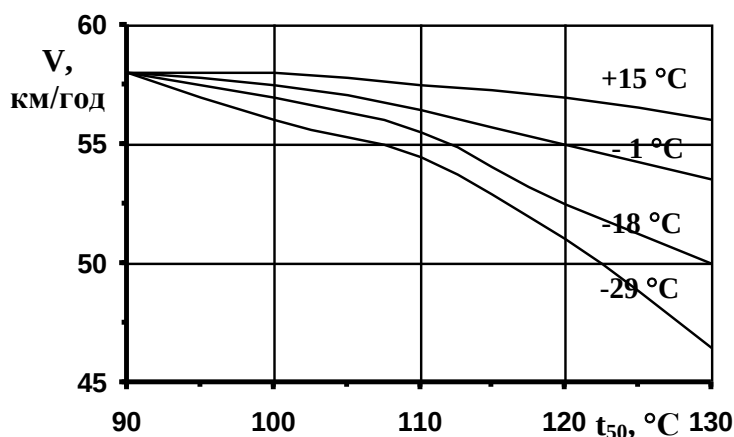


Рис. 1.3 Вплив температури t_{50} на швидкість автомобіля, що розвиває за 6 с розгону при різних температурах повітря

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. Чим менший інтервал температур, від $t_{90\%}$ до $t_{к.к.}$ тим якість палива вища (рис. 1.4).

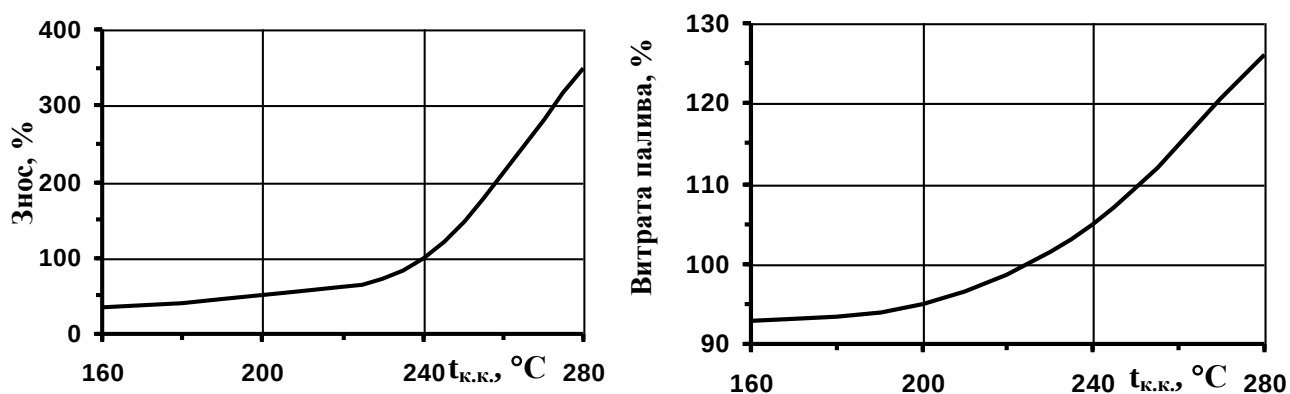


Рис. 1.4 Залежність загального зносу та витрати палива двигуна від температури кінця кипіння $t_{к.к.}$ бензину

ЛЕКЦІЯ № 2

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНІВ (II ЧАСТИНА)

ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Нормальне та детонаційне згоряння бензину.
2. Октанове число, способи його визначення.
3. Способи підвищення октанового числа. Марки етилованих рідин.
4. Класифікація бензинів в Україні та за кордоном.

Суть нормального та детонаційного 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. Згоряння робочої суміші розпадається на дві фази: фазу утворення полум'я горіння та фазу гарячеполум'яного горіння.

В першій фазі, тривалість якої становить 12...15% від загального часу згоряння 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.

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 згоряння супроводжується дуже високим місцевим підвищенням температури і тиску, що відбувається майже миттєво, та носить вибуховий характер і називається **детонацією**.

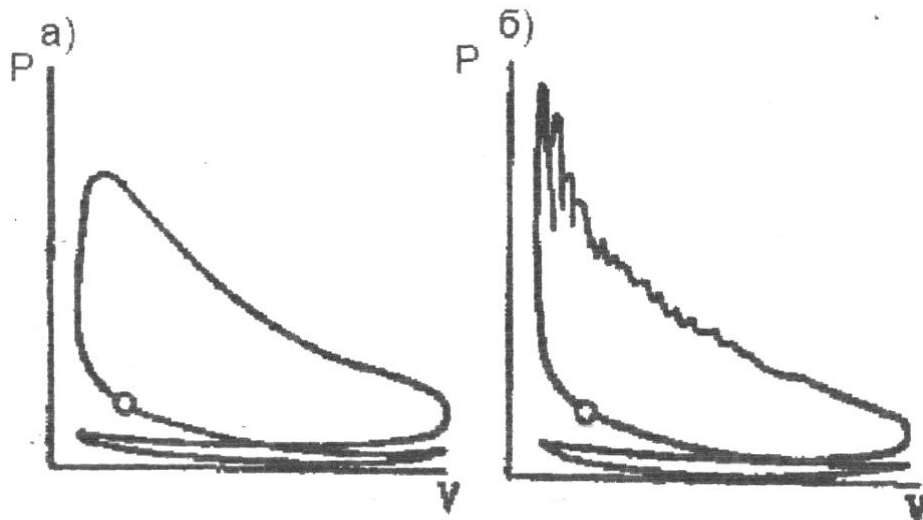


Рис. 1.1 Індикаторні діаграми роботи бензинового двигуна:
 а) - при нормальному згорянні робочої суміші; б) - при детонаційному згорянні

Детонація – це „ненормальна” робота двигуна із займанням від іскри, яка викликана вибуховим, детонаційним згорянням 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 перетворень. 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 згоряє 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.

Детонація порушує нормальну роботу двигуна й шкідливо впливає на його технічний стан.

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

Оцінка детонаційної стійкості бензинів та методи її підвищення

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 ($\varepsilon = 4 \dots 10$).

Визначення октанового числа за моторним методом ведеться при обертах вала двигуна 900 хв^{-1} з підігрівом робочої суміші до $149 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, та при перемінному куті випередження запалювання; визначення октанового числа за дослідницьким методом ведеться при обертах вала двигуна 600 хв^{-1} , температурі повітря $52 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 $7 \dots 10$ 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 ж 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.

Відомі альтернативні методи в оцінці октанового числа (ОЧ), наприклад, по діелектричній проникності бензину, а також по показникам фракційної розгонки (температур кипіння 10% та 90% фракцій) і густини [1]:

$$ОЧ = 1020,7 - 6486 \left[4 \lg \left(\frac{141,5}{\rho_{15}} - 131,5 \right) + 2 \lg(1,8t_{10} + 32) + 1,3 \lg(1,8t_{90} + 32) \right].$$

Експлуатаційні характеристики сучасних автомобільних двигунів поліпшуються, головним чином, за рахунок збільшення ступеня стиску, а також шляхом форсування по швидкості і наповненню. При цьому збільшується літрова потужність двигуна і знижується витрата палива на т-км наробітку, але підвищуються вимоги до октанового числа застосовуваних бензинів. Наприклад, зі збільшенням ступеню стиску двигуна від 6 до 10 необхідне для використання октанове число бензину підвищується від 66...70 до 95...98, а витрата палива при цьому знижується від 6,06 до 4,1 л/100т-к.

Вимоги двигунів до детонаційної стійкості використаного бензину визначаються комплексом його конструктивних особливостей, серед яких найбільше значення має ступінь стиску ε і та діаметр циліндру d :

$$ОЧ = 125,4 - \frac{413}{\varepsilon} + 0,183d.$$

Взагалі існує три методи збільшення детонаційної стійкості бензинів:

- метод впливу на фракційний склад;
- метод впливу на хімічний склад;
- 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 табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Тип присадки	Марка
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

Прокачуваність

Прокачуваність бензину характеризує можливість його проходження по трубопроводам і агрегатам паливної системи двигуна без перешкод. Оцінюється вмістом механічних домішок, води, в'язкісно-температурними та низькотемпературними характеристиками. Стандартом регламентуються перші два показники.

Вуглеводні, що входять до складу автомобільних бензинів нафтового походження, мають низку температуру застигання та пологую в'язкісно-температурну характеристику. Внаслідок чого бензини застигають при температурах нижче мінус 60 °С, а в'язкість незначно підвищується при зниженні температури до мінус 50...60 °С. Тому, для оцінки прокачуваності автомобільних бензинів без киснемістких компонентів в умовах їх використання, нема необхідності визначати низькотемпературні характеристики.

Вміст механічних домішок 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. 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.

Сучасні стандарти та марки автомобільних бензинів

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:

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

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

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

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

А-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 киснемісних 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:

- А-80** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 80;
- А-92** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 92;
- А-95** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 95;
- А-96** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 96.

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

Бензині 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:

- А-80Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 80;
- А-92Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 92;
- А-95Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 95;
- А-98Ек** – з октановим числом по *дослідницькому методу* не менше 98.

ЛЕКЦІЯ № 3

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Умови роботи дизельного двигуна, вимоги до дизельного палива.
2. Основні показники дизельного палива (густина, в'язкість, фракційний та хімічний склад).
3. Займання та згоряння дизельного палива. Індикаторна діаграма дизельного двигуна.
4. Цетанове число (ЦЧ). Метод визначення.
5. Стандарти та марки дизельних палив.

Умови застосування та 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 °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 важких 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°C ... 500°C 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 згоряння визначається характеристиками вприску палива та його розпилю, швидкостями пересування повітря у камері згоряння, геометричними характеристиками та матеріалом розпилювача і камери згоряння, якістю палива (випаровуваністю, в'язкістю та інше). Особливо важливо у процесі згоряння 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 каналах паливної апаратури на величезних швидкостях. Ці фактори обумовлюють жорсткі вимоги до чистоти дизельного палива і вмісту води у ньому, а також до в'язкості та наявності змащувальних властивостей.

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.

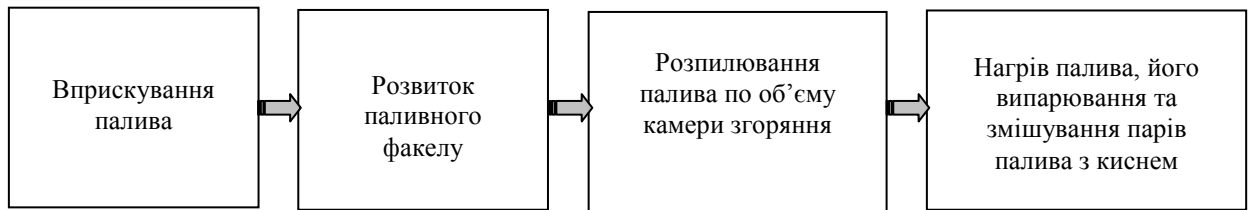
Загальні вимоги до якості дизельного палива наступні:

- ✓ 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.

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 розпилю. 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.

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 вприску, 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 ν_{20} - кінематична в'язкість при 20 °C, мм²/с;

ρ_{20} - густина палива при 20 °C, кг/м³;

σ - поверхневий натяг.

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

В'язкість також безпосередньо впливає на токсичність палива. Тонкість розпилю 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:

$$d_c \sim \nu_{20}^{0.147} \cdot \rho_{20}^{0.339} \cdot \sigma^{0.193}$$

Підвищення кінематичної в'язкості з 3 до 9 мм²/с веде до збільшення середнього діаметру краплин приблизно у 2 рази, густини - з 0,74 до 0,88 г/см³ - 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 впрыскується у циліндр зменшується, порушуючи роботу двигуна.

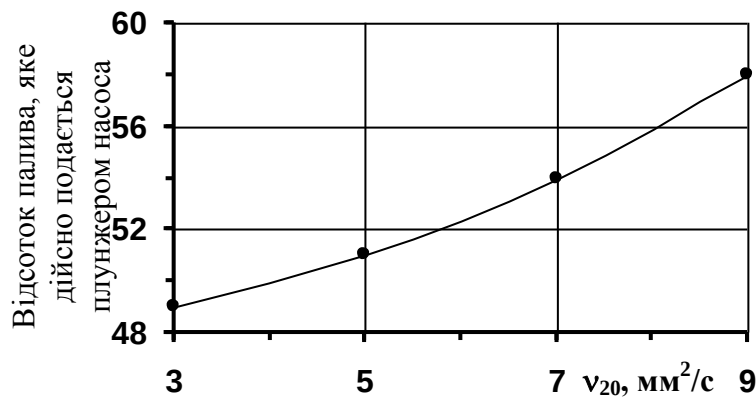


Рис. 1 Відносна залежність обсягу палива, що дійсно подається насосом до форсунки від кінематичної в'язкості палива

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.

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, °C				
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 стискаємого 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.

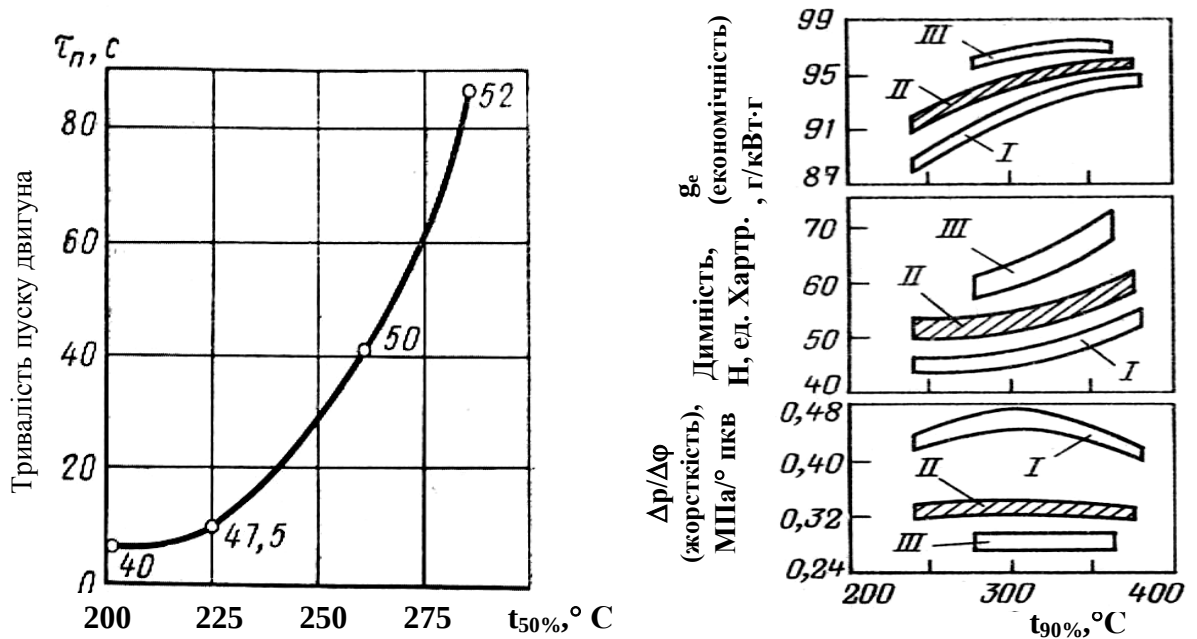


Рис. 2. Вплив фракційного складу на показники роботи одноциліндрової установки, на базі двигуна ЯМЗ-236 у залежності від цетанового числа палива:
I - ЦЧ=40±2; II - ЦЧ=46±2; III - ЦЧ=52±2

Займання та згоряння палива у дизелі

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 згоряння 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 згоряння палива можна розділити на чотири фази:

- передполум'яні екзотермічні хімічні реакції окислення палива (період затримки займання);
- період швидкого згоряння палива (період різкого наростання тиску);
- період сповільненого горіння;
- фаза догорання палива.

На рис. 3 представлено розвернуту індикаторну діаграму дизельного двигуна.

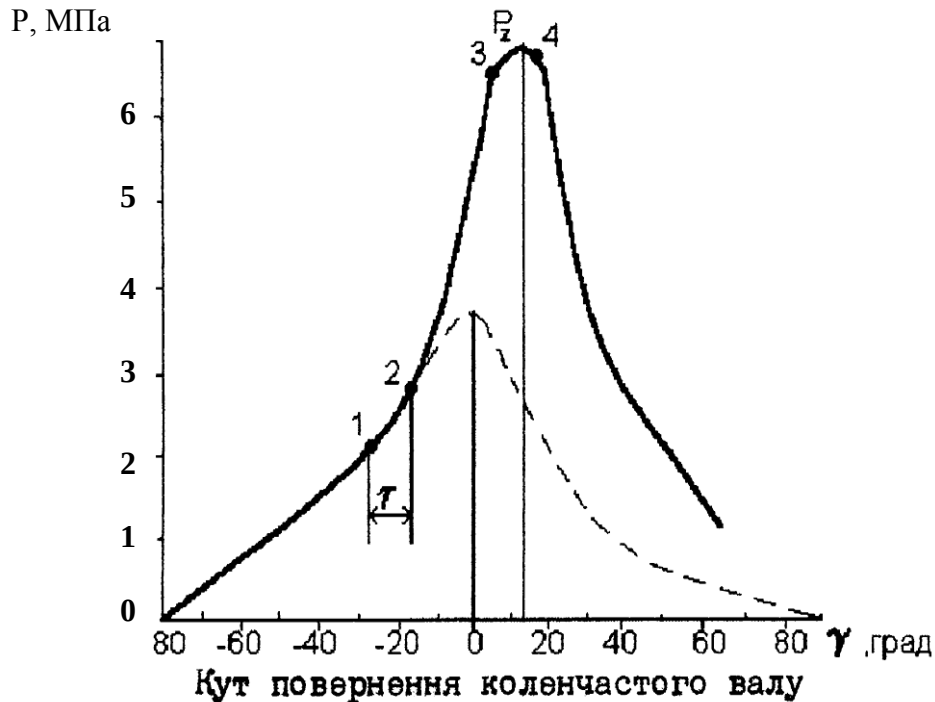


Рис. 3. Розгорнута індикаторна діаграма дизельного двигуна

Складному процесу самозаймання дизельного палива завжди передуює **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 вприскування. 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 згоряння утворюються зони перенасиченої (у районі форсунки утворюються продукти неповного згоряння - сажа) та Perezbidnennoї (неповне використання об'єму камери згоряння 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

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

де ρ - густина палива при 15°C, г/см³

$t_{50\%}$ - температура википання 50% фракцій палива, °C.

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 згоряння та в агрегатах системи живлення. Стандартом до утворення відкладень регламентована **зольністю і коксівністю 10%-вого залишку, концентрацією фактичних смол.**

Дизельне паливо при згорянні не повинне утворювати нагаровідкладень на деталях камери згоряння, 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 згоряння — до порушення тепловіддачі, на форсунках - погіршення якості вприскування. Вкрай небажане утворювання 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 ци-ліндропоршневої 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/см³. При підвищенні вмісту сірки у паливі до 1,5% у нагарах її вміст зріс до 9%, а густина відкладень збільшилася до 0,5 г/см³.

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, третьових плунжерних пар паливних насосів.

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 100см³ 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 сульфід, 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 ци-ліндропоршневої групи ілюструється рис. 4.

Меркаптановою сіркою називають частку (у відсотках), що припадає у паливі на наявну у меркаптанах сірку. У меркаптанах атом водню здатен заміщатися 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.

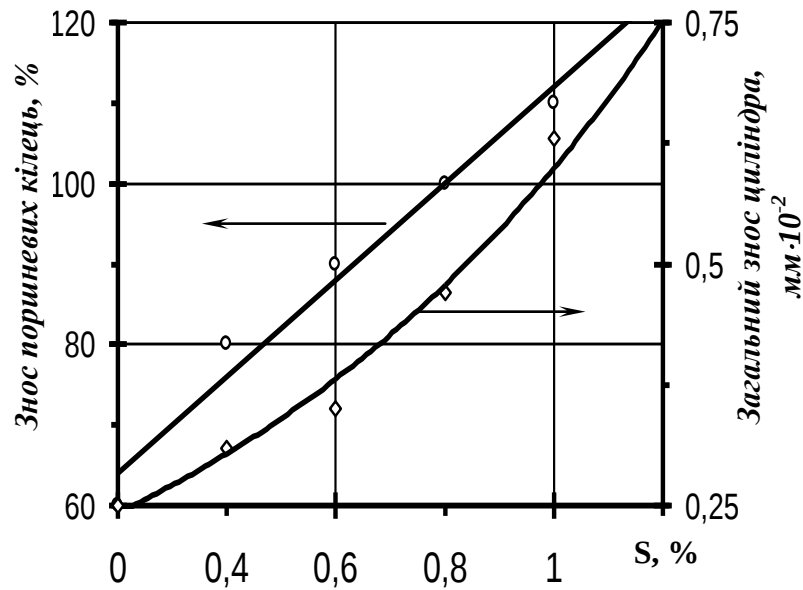


Рис. 4. Вплив масової частки сірки в паливі на знос деталей

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.

Для вивчення впливу всіх факторів на протизносні властивості дизельних палив були проведені дослідження на машині тертя КИИГА, що відтворює тертя ковзання, результати яких мають гарну кореляцію і з зносом плунжерів паливних насосів двигунів. Протизносні властивості (рис. 5) оцінювали по діаметру плями зносу шарів (в мм), критичному навантаженню (в Н) і загальному показнику – критерію протизносних властивостей.

Рис. 5 Залежність протизносних властивостей дизельного палива від їх в'язкості, кислотності та вмісту води: P_k – критичне навантаження; U – діаметр плями зносу; K – критерій протизносних властивостей (загальний показник)

Представлені результати свідчать про те, що протизносні властивості дизельних палив залежать від ряду фізико-хімічних властивостей і можуть змінюватися у 2-3 рази для палив із припустимими вимогам стандарту межами значень цих показників. Суттєві різниці між паливами диктують необхідність контролю цих важливих експлуатаційних показників.

Прокачуваність, низькотемпературні властивості палива

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

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

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

Розглянемо вплив показників якості дизельного палива на прокачуваність більш докладно.

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 вискозиметрів.

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.

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.

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 літних марок, або задля поліпшення низькотемпературних властивостей зимових, мають бути проведені певні заходи. Насамперед це стосується запобігання 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 належить 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_x.

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 згоряння палива, впровадження каталітичних конверторів, так і шляхом добору оптимального групового і фракційного складу палив, розробки і впровадження протидимчастих присадок до палив.

Стандарти та марки дизельних палив

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°C і вище;

З (зимове) - що рекомендується для експлуатації при температурі навколишнього середовища не нижче мінус 15°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°C (для дизелів загального призначення);

✓ до палива марки **З** повинні 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°C .

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°C і вище;

УФС_{п1} - паливо з депресорною присадкою для експлуатації при температурі навколишнього середовища мінус 5°C і вище;

УФС_{п2} - паливо з депресорною присадкою для експлуатації при температурі навколишнього середовища мінус 15°C 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 ($300 \dots 1000 \text{ хв}^{-1}$).

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 $60 \dots 70^{\circ} \text{C}$).

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%).

ЛЕКЦІЯ № 4

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ВИКОРИСТАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Загальні аспекти проблеми. Поняття про тертя і спрацювання.
2. Призначення, функції і класифікація мастильних матеріалів.
3. Призначення присадок, вимоги до них, їх класифікація.

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.

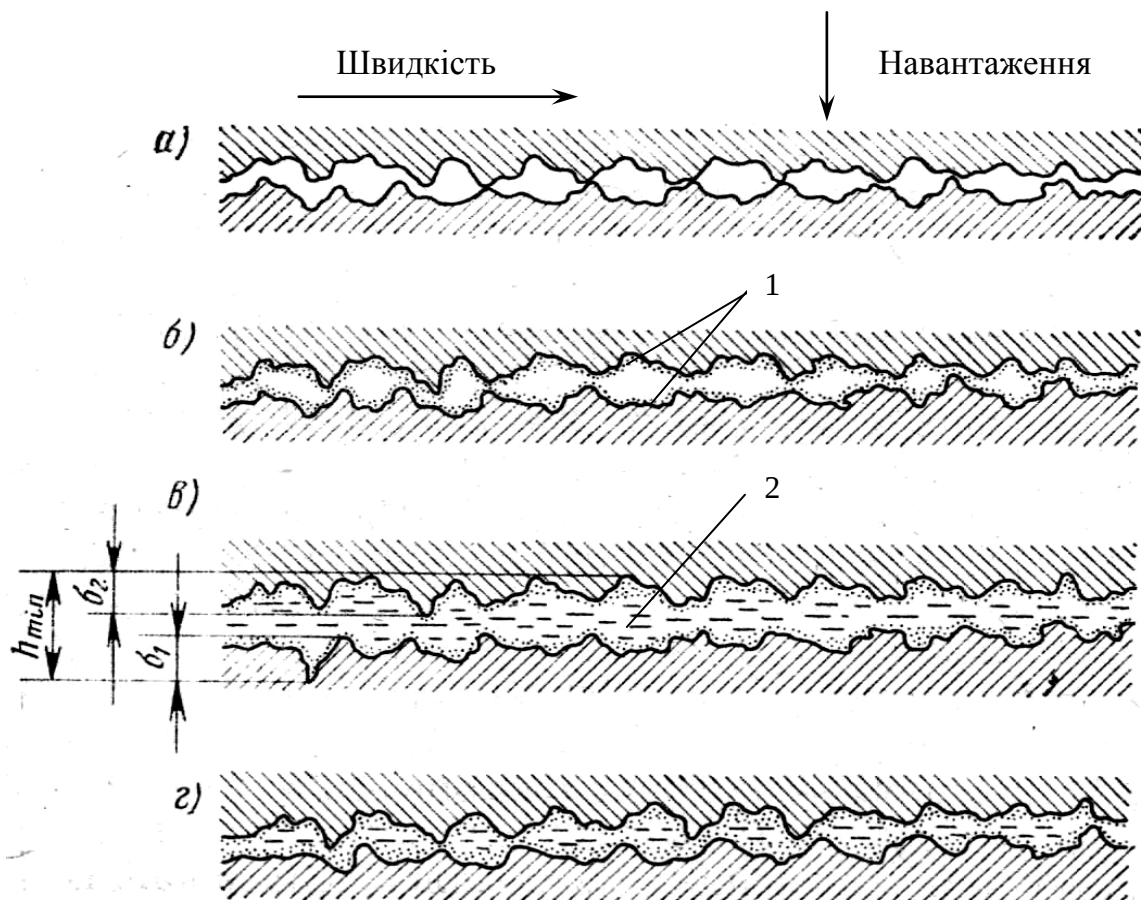


Рис. 1 Види тертя по наявності мастильного матеріалу:
а – сухе (без змащення); б – граничне; в – рідинне; г – змішане:
1 – адсорбційні плівки; 2 – масло.

Під граничним змащенням, відповідно до міжнародного стандарту ISO4378/3, розуміється вид змащення, якому не можуть бути приписані об'ємні в'язкісні 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).

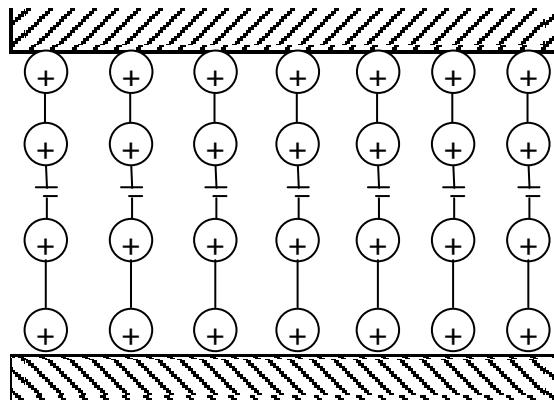


Рис. 2. Схема утворення граничних плівок.

Електрозаряджені (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.

Режим граничного тертя дуже нестійкий. У реальних умовах дуже важко розділити рідинне та граничне тертя. При зменшенні швидкості руху, збільшення навантаження „масляний клин” стає тонкішим, зменшуються висоти нерівностей, що призводить до місцевого контакту мікровиступів, розділених тільки граничною плівкою.

При подальшому збільшенні навантаження може виникнути сухе тертя з задирками поверхонь.

Рідинне змащення характеризується тим, що труться поверхні, розділені шаром рідкого мастильного матеріалу, який знаходиться під тиском.

Стійкість мастильного шару, необхідного для рідинного тертя, залежить від наступних факторів: конструкції вузла тертя, швидкості взаємного переміщення тертьових поверхонь, питомого тиску на них, в'язкості мастильного матеріалу, площі тертьових поверхонь, величини зазору між ними та інші. При рідинному змащенні опір руху визначається внутрішнім тертям (в'язкістю) рідини. Цей режим тертя з властивими йому досить малими коефіцієнтами тертя є оптимальним для вузла тертя з погляду втрат енергії, довговічності і зносостійкості вузла. Сила тертя при рідинному змащенні не залежить від природи тертьових поверхонь. При цьому, коефіцієнт тертя знаходиться у межах 0,001...0,01, тобто у 10...100 разів менше у порівнянні з коефіцієнтом тертя без змащення.

Вище розглянуті залежності ілюструються процесами, зображеними на рис. 3.

У стані спокою вал опирається на вкладиш (див. рис. 3, а), між ними є найтонша адсорбована масляна плівка, а зазор у сполученні відсутній. При обертанні адсорбовані на поверхні вала частки масла починають обертатися разом з ним, захоплюючи за собою все нові і нові шари, нагнітаючи їх у звужений зазор, що призводить до підвищення тиску, під дією якого вал як би спливає (див. рис. 3, б). У цьому випадку вал і вкладиш підшипника розділені тонким шаром ($n_{\min}$). Між ними утворюється масляний клин.

Зі збільшенням частоти обертання вала у підшипнику зростає тиск у масляному клині, вал, трохи зміщуючись убік обертання, ще більше піднімається на масляній подушці (див. рис. 3, в).

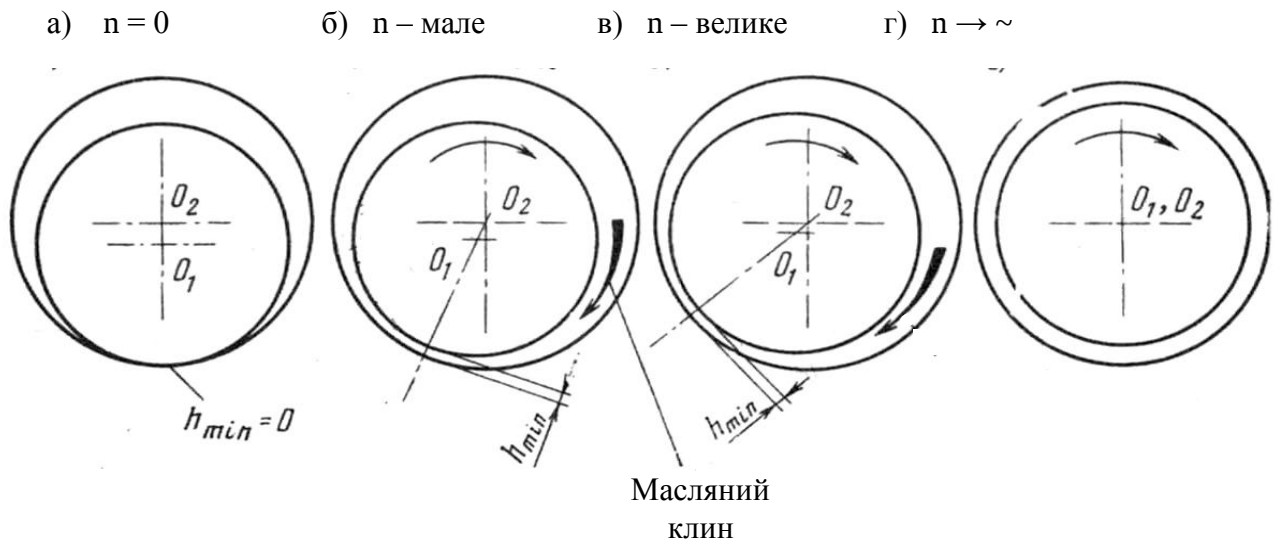


Рис. 3. Утворення масляного клину при обертанні вала у підшипнику:
 O_1 – центр вала, O_2 – центр вкладиша підшипника.

При нескінченно великій частоті обертання вала (див. рис. 3, г), центр вала сполучається з центром підшипника. Звичайно, у реальних умовах експлуатації машин такого тиску не буває.

Суть і закони поведінки масла при рідинному терті розроблені професором М.П. Петровим у 1882 р. і потім підтверджені і розвинуті у працях академіка М.Е. Жуковського та С.А. Чаплигіна, а також дослідженнями радянських вчених М.І. Мерцалова, А.К. Дячкова, А.І. Петрусевича, Б.І. Костецького, І.В. Крачельського та інших.

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;

η - динамічна в'язкість, Нс/м².

S - площа стискання тертьових поверхонь, м²;

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:

$$f = \frac{\eta \cdot v}{n \cdot P_m},$$

де P_m - питомий тиск на підшипник, Н/м².

Мінімальна величина мастильного шару у циліндричному підшипнику визначається за формулою.

$$h = \frac{\eta \cdot c \cdot v}{P_m},$$

де c – коефіцієнт, який залежить від розмірів підшипника.

Для забезпечення рідинного тертя мінімальна товщина мастильного шару повинна бути більше, ніж сумарна висота мікровиступів на поверхнях тертя (див. рис. 1, в):

$$h_{min} \geq 1,5(R_{z1} + R_{z2}),$$

де R_{z1} , R_{z2} – максимальна висота мікровиступів поверхонь тертя.

Згідно гідродинамічній теорії, при роботі підшипника коефіцієнт рідинного тертя лінійно залежить від значень $(\eta \cdot v / P_m)$ - критерій Зоммерфельда) і ілюструється діаграмою Герсі (рис. 4). Фактор $(\eta \cdot v / P_m)$ є характеристикою режимів тертя при напіврідинному і рідинному змащенні.

На діаграмі (див. рис. 4) лінія a-a, що минає через точку мінімуму коефіцієнта тертя, розділяє області тертя при рідинному та іншому виді змащення. При зменшенні числа Зоммерфельда, коефіцієнт тертя набуває нелінійного характеру (відрізок a-b). Цей відрізок характеризує режим тертя при граничному і напіврідинному змащенні. Кривка c визначає границю між гідродинамічним змащенням і тонкою плівкою, яка відповідає граничному змащенню і є кінцевою метою при розрахунку тертя і змащення деталей машин.

При подальшому зменшенні числа Зоммерфельда (коли збільшується тиск і знижується в'язкість масла і швидкість ковзання) можуть реалізовуватися тільки режими напівсухого або сухого тертя, де має місце висока ймовірність появи заїдання тертьових поверхонь деталей.

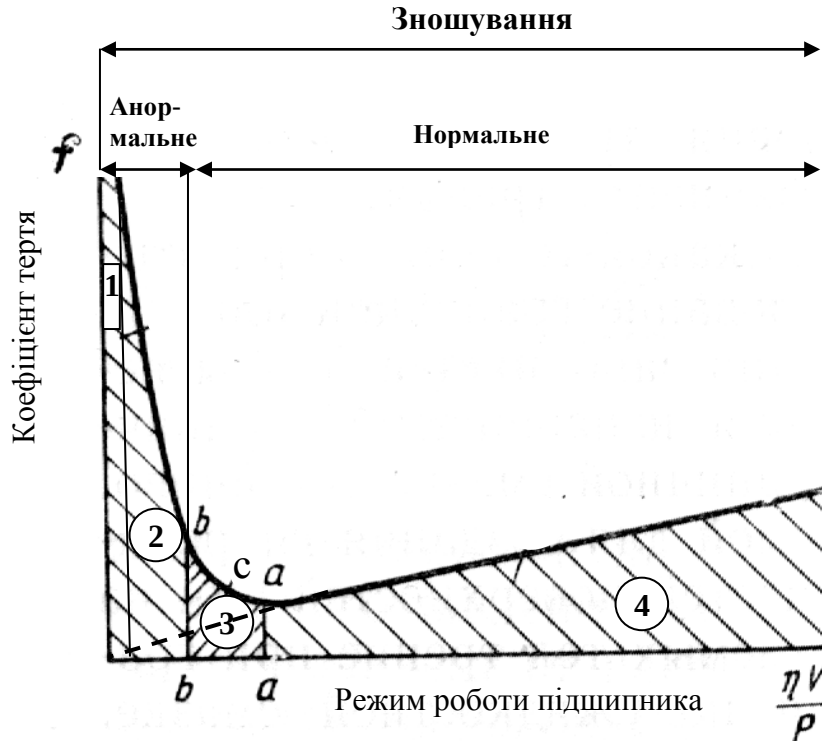


Рис. 4. Залежність коефіцієнта тертя (f) від значень критерію Зоммерфельда:

- 1 – сухе тертя; 2 – напівсухе тертя; 3 – граничне тертя;
- 4 – рідинне тертя; пунктир – асимптота Петрова.

Режими напівсухого і сухого тертя реалізуються при аварійних умовах експлуатації і супроводжуються пошкодженням поверхонь тертя.

Таким чином, надійність рідинного змащування підвищується із збільшенням відносної швидкості поверхонь, які змащуються, та в'язкості масла. Але, при збільшенні швидкості та в'язкості збільшуються втрати на тертя. Для того, щоб зменшити їх, і в той же час, забезпечити надійність змащення, слід вживати для швидкісних механізмів масла з низькою в'язкістю, а для тихохідних - з високою.

При збільшенні тиску на поверхні, а також зазорів між ними, масла з високою в'язкістю надійніше забезпечують збереження масляного шару між деталями. При недостатній в'язкості і великому зазорі - рідинне змащення, внаслідок витискування і витікання масла із зазорів між поверхнями, порушується.

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.

Таблиця 1 – Залежність коефіцієнта тертя від виду тертя.

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

Якими б не були досконалі машина та мастильний матеріал - знос деталей у період експлуатації неминучий. Це відбувається під дією цілого ряду факторів.

Процеси зношування і пошкоджуваності відрізняються за якісними і кількісними характеристиками, і можуть бути ідентифіковані за результатами дослідження поверхонь тертя.

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

Вторинні структури утворюються в результаті протікання механохімічних процесів у вузлі тертя деталей.

Товщина, характер розподілу по поверхні вторинних структур залежать:

- від рівня зовнішніх механічних впливів;
- природи тертьових матеріалів;
- складу мастильних матеріалів.

Розрізняють наступні види зношування.

Механічне – процес безпосередньої взаємодії тертьових деталей, результатом якого є зміна їх геометрії.

Хімічне – процес одночасного виникнення та руйнації хемосорбційних граничних плівок.

Корозійне - процес руйнації поверхонь тертя при дії корозійно-активної середовища.

Тужавлення – явище задирку, супроводжувачого утворенням міцних плівок між тертьовими поверхнями, внаслідок чого може виникати руйнація об'ємів металу у місцях тужавління.

Зайдання – наслідок задири і тужавіння, що виникає внаслідок макрозміни поверхонь тертя.

Абразивне - процес інтенсивної руйнації поверхонь деталей, обумовлений наявністю абразивної середи в зоні тертя (пил, пісок, бруд).

Утомне викришування – процес руйнації поверхонь при терті деталей, внаслідок дії циклічно-контактної напруги.

Пігтінг – різновидність втомного зношування.

Призначення і функції мастильних матеріалів

Практично любий 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 неізолювані 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:

1) **мінеральні (нафтові)** є основною групою випускаємих масел (90...95%) і виробляються шляхом відповідної переробки нафти;

2) **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 змашувальні властивості і володіють більш низькою термічною стійкістю, тому їх частіше використовують у суміші;

3) **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):

Таблиця 2

Група	Підгрупа
Моторні	Бензинові Дизельні Універсальні
Турбінні	Газотурбінні Турбінні загального призначення
Трансмісійні	Для механічних передач Гідромеханічних передач Гідростатичних передач
Індустріальні	Індустріальні загального призначення
Різнорізного призначення	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, різнорізні 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 різнорізні 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 різнорізні консистентні мастила.

Присадки до сучасних масел

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, протиокисних, 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 використовуваної 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:

- 1) за видом нафтопродукту, для якого вони призначенні;
- 2) за функціональним призначенням;
- 3) 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'язкостні (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, коли 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.

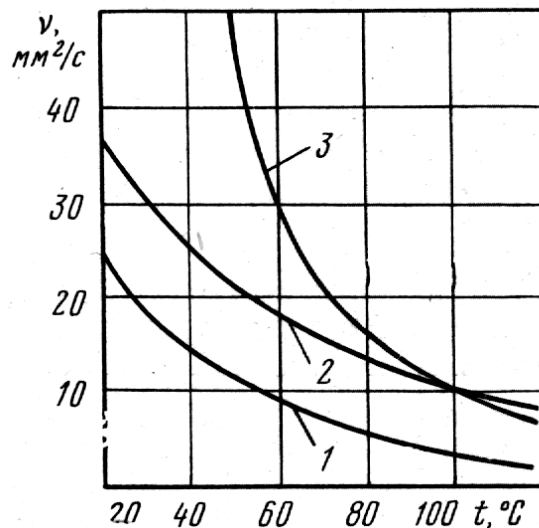


Рис. 6. Вплив в'язкостної присадки на в'язкість масла при різних температурах:
1 – малов'язке масло; 2 – масло з в'язкостною присадкою (загущене);
3- дистилятне масло (однакове за в'язкістю загущеному).

У якості в'язкістних присадок на цей час використовують високомолекулярні з'єднання. До таких присадок відносяться поліметакрилати, полівінілкілові ефіри, а також поліізобутилені. 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 парафіністих нафт.

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

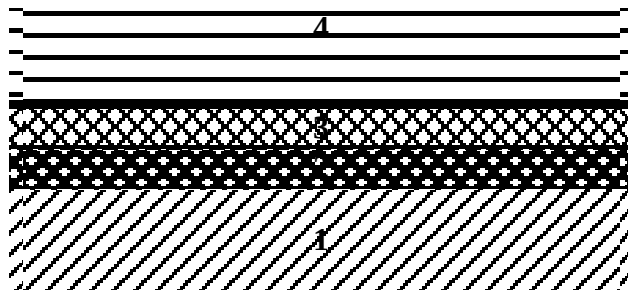


Рис. 7. Будова захисного покриття металу змащувальним матеріалом:
1-метал; 2- хімічна плівка; 3- адсорбована плівка; 4-об'ємний шар.

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 тертьових 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 (іюнол, 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 хіммотології 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 авіамоторних 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 моторних масел.
3. Вітчизняна та міжнародна класифікація моторних масел.

Умови роботи моторних масел та фактори, які впливають на зміну їх якості

При роботі двигуна внутрішнього згорання на масло впливають різноманітні чинники, які погіршують його якість і, насамперед, це кисень повітря, температура і вуглеводний склад масла. 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 °С.

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:

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

Зміна якості масла в результаті спрацювання присадок

Правильне рішення питань ефективного і раціонального використання моторних масел безпосередньо пов'язане з характером, закономірностями зміни початкових властивостей масла у процесі експлуатації машини.

Найважливішою складовою частиною процесу старіння моторних масел, їх працездатністю є спрацюваність присадок. Під спрацюваністю 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 спрацюваність 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.

Особливий інтерес викликають випадки, коли присадки, які використані у композиції до моторного масла, впливають один на одного, що веде до деструкції кожної з них.

У процесі експлуатації має місце спрацювання лужних присадок, що призводить до накопичення у маслі кислих продуктів, які інтенсифікують процеси зношування деталей (рис. 1) [13].

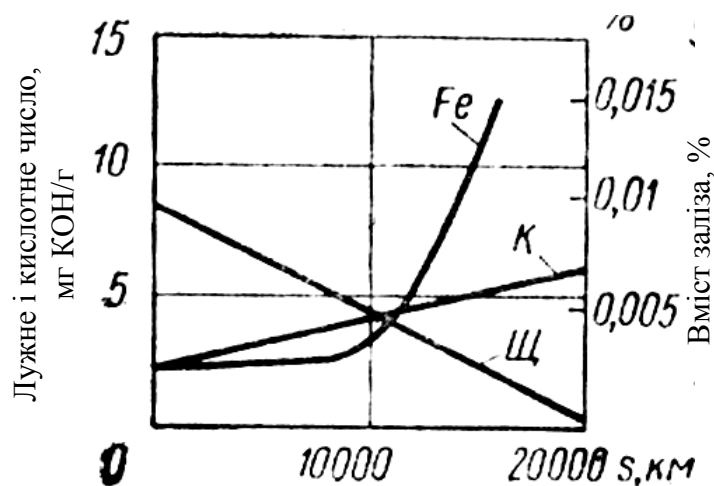


Рис. 1. Залежність лужного і кислотного чисел моторного масла та зносу тертьових деталей від пробігу s автомобіля.

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 мм²/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 масла за рахунок вигорання лужних та інших присадок.

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 вологості. 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

Моторне масло доцільно розглядати як елемент конструкції вузла, агрегату, двигуна, у якому воно використовується. У цьому випадку на нього поширюються поняття теорії надійності, включаючи і поняття працездатності. Під працездатністю розуміють стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, що оцінюють його спроможність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної документації.

При оцінці якості масел, використовуються численні фізико-хімічні показники. Досвід застосування масел із присадками дозволяє встановити ряд основних показників, які достатньо повно характеризують працездатність масла.

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

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. Чим пологіше в'язкісно-температурна крива, тим якісніше масло - вище індекс в'язкості (рис. 2).

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.

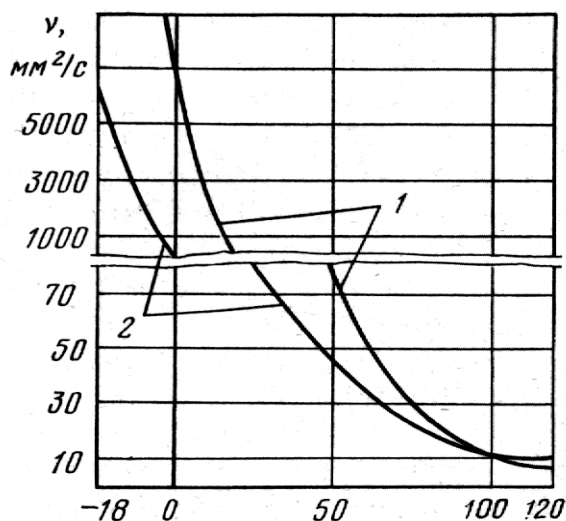


Рис. 2. Залежність в'язкості моторних масел від температури:
1 – індекс в'язкості 90; 2 – індекс в'язкості 100.

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. 3.) Все це призводить до виникнення граничного змащення на поверхнях деталей двигуна.

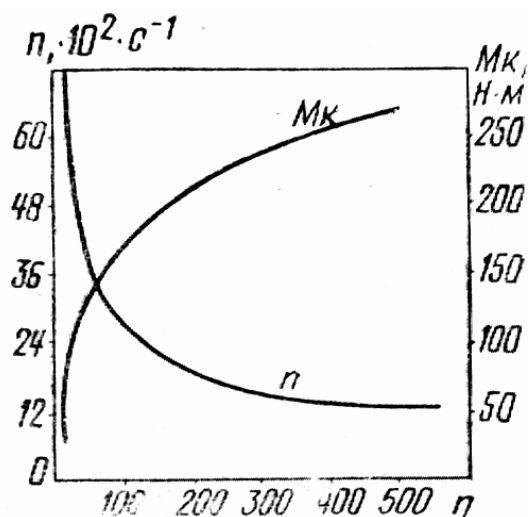


Рис. 3. Залежність моменту опору обертання M та частоти обертання n колінчатого валу двигуна від динамічної в'язкості моторного масла η .

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 для 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.

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 тертьових 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-вимірювальної апаратури мають температуру застигання мінус 60...70 °С, а масла для двигунів - зимові мінус 25...40 °С, літні до мінус 15 °С.

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. Чорножукова 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 згоряння окислювання масла відбувається на гарячих деталях двигуна (поршень, циліндр), у маслопроводах, масляному радіаторі, картері.

Термоокисна стабільність масла залежить від його хімічного складу і будівлі 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 поведінку масла при його застосуванні.

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.

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.

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.

Триботехнічні властивості

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.

Використання закономірностей зміни показників моторного масла для діагностування технічного стану двигунів. Спектральний аналіз

Технічний стан двигуна внутрішнього згорання при його експлуатації можна контролювати без розбирання за зміною величин показників моторного масла. Тому, значення фізико-хімічних показників можуть використовуватися не тільки для контролю характеру експлуатації двигунів, але і для оцінки стану і придатності масла до подальшої роботи.

У фахівців існує думка, що 50% зносу двигуна припадає на останні 20% терміну служби масла. Таким чином, вважається, що основною задачею зберігання працездатності двигуна, є визначення моменту, коли масло відпрацювало 80% свого ресурсу, і заміну його з одночасною заміною масляного фільтра.

У зв'язку з цим, великий науковий і практичний інтерес набувають методи оцінки гранично-припустимої якості масла і вплив на технічний стан двигуна.

Самий простий і попередній аналіз якості відпрацьованого масла може бути проведений візуально.

Наявність вільної води або емульсії свідчать про втрату герметичності системи охолодження. Інтенсивний коричневий колір масла свідчить про накопичення у ньому великої кількості лакових відкладень, а чорний - часток сажі. Слід зазначити, що колір масла не є критичним параметром, за яким можна об'єктивно оцінити його граничний стан.

Ріст рівня масла у картері і, отже, зниження в'язкості може свідчити про наявність у бензині важких фракцій, які не випаровуються при роботі і стікають по стінках циліндрів у картер, а для дизелів - за несправністю паливної апаратури.

Більш об'єктивна оцінка працездатності моторного масла може бути встановлена шляхом лабораторного аналізу проб масла із визначенням фактичних величин фізико-хімічних показників відпрацьованого масла за існуючими стандартними методиками.

Ефективним методом аналізу стану відпрацьованого масла є спектрографічне визначення у ньому металевих продуктів зносу, різновид і кількість яких свідчить про інтенсивність зношування деталей двигуна внутрішнього згорання. Тобто, різке збільшення заліза у маслі свідчить про зношування таких деталей двигуна, як гільза,

кільця, кулачки штовхачів, вкладиші підшипників, вал і т.п. Для цього необхідно мати інформацію про динаміку зміни значень основних показників, що оцінюють працездатність двигуна, а також про характер накопичення заліза у маслі за період роботи. По розроблених номограмах визначається залишковий ресурс двигуна та вузла механізму.

Ріст кремнію у маслі свідчить про погане очищення повітря від пилу, що потрапляє у двигун.

Слід зазначити, що метод періодичного відбору проби масла з працюючого двигуна з аналізом на предмет оцінки його працездатності по гранично припустимим значенням показників, дає можливість одержати інформацію про характер процесів, що протікають у маслі, роботу, як окремих систем і механізмів двигуна, так у цілому його технічний стан.

Оцінка технічного стану двигунів без розбирання з визначенням залишкового моторесурсу, є дуже актуальною у плані підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку. З цією метою широко застосовуються різноманітні прилади і методи (за кількістю газів, які прориваються у картер двигуна, за тиском масла у головній магістралі, за кількістю заліза, знятого з центрифуги і т.д.)

Розрізняють два типи прогнозування технічного стану складових частин машини: середньостатистичний і тип реалізації зміни параметрів складових частин конкретної машини.

Середньо - статистичне прогнозування засноване на статистичній обробці й аналізі середніх результатів, які отримані у процесі розробки, виробництва та експлуатації машини з наступним встановленням єдиних допустимих параметрів технічного стану і єдиної періодичності обслуговування однотипних складових частин.

Використання середньо - статистичного прогнозування потребує встановлення єдиної періодичності планового технічного обслуговування і ремонту для усіх однойменних складових частин однотипних машин. Перевагою цього виду прогнозування є спрощення організації і планування технічного обслуговування і ремонту машин, але при цьому виникає таке явище, як неповне використання ресурсу вузлів і агрегатів окремих однотипних машин.

Прогнозування по реалізації засноване на виявленні швидкості зміни параметрів технічного стану складових частин машини шляхом безпосередніх вимірів їх значень з наступною обробкою. При цьому є можливість визначення ресурсу складових частин і машини в цілому. Однак, такий процес збільшує трудомісткість виконання вимірів значень параметрів, ускладнює організацію і планування ремонтно-обслуговуючих робіт. Цей вид прогнозування може бути застосований для вузлів машин, по яким визначається міжремонтний ресурс машини в цілому, наприклад, стан кривошипно-шатунного механізму двигуна.

Однією з найважливіших складових частин процесу старіння масел є спрацьованість присадок за рахунок зниження масової частки вхідних активних елементів. Існують різноманітні методи оцінки спрацьованості присадок.

Метод спектрального аналізу заснований на властивості кожного хімічного елемента давати індивідуальну лінію поглинання у спектрі. Можливості цього методу розширилися із застосуванням комп'ютерів.

Спектральний аналіз масла дозволяє встановити наявність у ньому активних елементів присадок (фосфору, барію, кальцію, цинку та ін.), а також інтенсивність накопичення у маслі продуктів зношування деталей, що дає можливість оцінити характер експлуатації двигуна і його технічний стан.

Масову частку активних елементів присадок у маслі визначають шляхом порівняння інтенсивності ліній спектрів поглинання у зразку випробуваного масла з еталонними. Визначення за одне дослідження декількох елементів, висока точність і швидкість сприяли широкому поширенню спектрального методу в оцінці працездатності масел і технічного стану вузла, агрегату, двигуна.

Вітчизняна та міжнародна 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;
- 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 масел за в'язкістю

Відповідно до ГОСТ 17479. 1-85 моторні масла поділяються на зимові, літні і всесезонні (табл. 3).

Таблица 3

Класифікація моторних масел за в'язкістю відповідно до ГОСТ 17479.1-85

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість, мм ² /с, при температурі	
	100 °С	Мінус 18 °С, не більше
Зимові		
3 _з	≥ 3,8	1250
4 _з	≥ 4,1	2600
5 _з	≥ 5,6	6000
6 _з	≥ 5,6	10400
Літні		
6	5,6 до 7,0	-
8	7,0 до 9,3	-
10	9,3 до 11,5	-
12	11,5 до 12,5	-
14	12,5 до 14,5	-
16	14,5 до 16,6	-
20	16,3 до 21,9	-
24	21,9 до 26,3	-
Всесезонні		
3 _з /8	7,0 до 9,3	1250
4 _з /6	5,6 до 7,0	2600
4 _з /8	7,0 до 9,3	2600
4 _з /10	9,3 до 11,5	2600
5 _з /10	9,3 до 11,5	6000
5 _з /12	11,5 до 12,5	6000
5 _з /14	12,5 до 14,5	6000
6 _з /10	9,3 до 11,5	10400
6 _з /14	12,5 до 14,5	10400
6 _з /16	14,5 до 16,3	10400

Примітка. Дрібні класи вказують, що за в'язкістю при температурі мінус 18 °С масло відповідає класу, зазначеному у чисельнику, а по в'язкості при 100°С - класу, зазначеному у знаменнику.

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. 4).

Таблиця 4

Групи моторних масел за призначенням й експлуатаційними властивостям

Група масла за експлуатаційним и властивостями		Рекомендована область застосування
А		Нефорсовані бензинові двигуни і дизелі
Б	Б ₁	Малофорсовані бензинові двигуни, що працюють в умовах, які здатні утворювати високотемпературні відкладення і корозію підшипників
	Б ₂	Малофорсовані дизелі
В	В ₁	Середньофорсовані бензинові двигуни, що працюють в умовах, які здатні окислювати масло і утворювати відкладення усіх видів
	В ₂	Середньофорсовані дизелі, що пред'являють вимоги до антикорозійних, протизносних властивостей масел і здібності передувати утворенню високотемпературних відкладень
Г	Г ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють у важких умовах експлуатації, здатні окислювати масло і утворювати відкладення усіх видів і корозії
	Г ₂	Високофорсовані двигуни без наддуву або із помірним наддувом, що працюють в умовах, які здатні до утворення високотемпературних відкладень
Д	Д ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють у важких умовах експлуатації, і є більш важкими, ніж масла групи Г ₁
	Д ₂	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 ₁	Високофорсовані бензинові двигуни і дизелі, що працюють у більш важких умовах експлуатації, ніж для масел групи Д ₁ і Д ₂
	Е ₂	Відрізняються підвищеною диспергируючою здібністю, кращими протизносними властивостями

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 властивостях. 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-B₁,

де М - моторне масло;

8 - клас в'язкості;

B₁ - масло для середньо-форсованих бензинових двигунів.

M-6₃/10-B,

де М - моторна масло;

6₃/10 - клас в'язкості;

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

M-4₃/8-B₂Г₁,

де М - моторна масло;

4₃/8 - клас в'язкості;

B₂Г₁ - масло для використання, як у середньо-форсованих дизелях (B₂), так і високо-форсованих бензинових двигунах (Г₁).

Класифікація в'язкості за системою SAE

Остання редакція класифікації моторних масел по в'язкості (SAE) була затверджена у 1997 році (табл. 5).

Таблиця 5

Показник		Клас в'язкості										
		20	30	40	50	60	0W	5W	10W	15W	20W	25W
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	не нижче	5,6	9,3	12,5	16,3	21,9	3,8	3,8	4,1	5,6	5,6	9,3
	не вище	9,3	12,5	16,3	21,9	26,1	-	-	-	-	-	-

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

1. **Сезонні**

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

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

2. **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.

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.

Докладна класифікація подана у табл. 6.

Таблиця 6

Класифікація API моторних масел за експлуатаційними властивостями

Клас	Область застосування
Категорія <i>Service</i> (бензинові двигуни)	
SH	Двигуни автомобілів, що випущені у 1994 р. і раніше. (Використання обмежене).
SJ	Прийнята у 1996 р. і відповідає класу SH із додатковими вимогами за витратою масла у двигуні, енергозберігаючих властивостей (економії палива) і здатності витримувати нагрів без утворення відкладень.
Категорія <i>Commercial</i> (дизельні двигуни)	
CF-4	Чотирьохтактні високошвидкісні дизелі вантажних автомобілів з 1990 р.
CF	Високофорсовані дизелі без наддуву, з наддувом та турбонаддувом моделей з 1994 р., що працюють на паливі із високим (вище 0,5%) вмістом сірки. Змінює масла класу CD.
CF-2	Двотактні дизелі транспортних засобів моделей з 1994 р. Змінює масла класу CD-II.
CG-4	Високошвидкісні чотирьохтактні дизелі вантажних автомобілів, які працюють на малосірчистому паливі (менше 0,05% сірки), а також дизелі недержавної техніки, які працюють на паливі (менше 0,5% сірки), відповідає нормам 1994 р. по токсичності. Змінює масла класів CD, CE і CF.
CH-4	Високошвидкісні чотирьохтактні дизелі вантажних автомобілів, а також дизелі недержавної техніки, які працюють, як на малосірчистому паливі (менше 0,05% сірки), так і на сірчистому (менше 0,5% сірки). Змінює масла класу CG-4

Універсальні масла, що задовольняють вимогам визначених класів категорій S і C, одночасно, позначаються за допомогою подвійного маркування, наприклад SJ/CG-4, CG-4/SJ і т.п. Це означає, що таке масло з однаковим успіхом може використовуватися у бензинових двигунах, де рекомендується застосовувати масло класу SJ і у дизелях, де повинно застосовуватися масло класу CG-4. На практиці, звичайно, першою вказується категорія переважного призначення масла. Так, маркування SJ/CG-4 позначає, що це масло призначене для використання, переважно, у бензинових двигунах, але може застосовуватися й у дизельних, а CG-4/SJ, - що це масло, переважно, для дизельних двигунів, але може використовуватися й у бензинових.

Класифікація моторних масел в Україні

В останні роки серед українських виробників стихійно склалася нерегламентована жодним нормативним документом, так звана «змішана» система позначення моторних масел, яка включає позначення в'язкості масла за SAE J300 і позначення за експлуатаційними властивостями по 17479.1-85.

Так, позначення **Xxxxx M-3040** розшифровується:

Xxxxx - фірмова назва продукту;

M - масло моторне;

30 - клас в'язкості по SAE J300 (без вказівки індексу W для зимових масел);

4 - експлуатаційна група по 17479.1-85 (1 - група А; 2 - група Б; 3 - група В; 4 - група Г; 5 - група Д; 6 - група Е);

0 - індекс експлуатаційної групи по ГОСТ 17479.1-85 (1 - масло для бензинових двигунів; 2 - масло для дизельних двигунів; 0 - масло універсальне).

Наприклад.

Бердянський нафтопереробний завод - масла АЗМОЛ М-3040, АЗМОЛ М-2031, АЗМОЛ М-2042.

Дрогобицький нафтопереробний завод - масла ГАЛОЛ М-3042, ГАЛОЛ М-4032, ГАЛОЛ М-2030/41.

Кременчуцький нафтопереробний завод - масла СЛАВОЛ М-2042У, СЛАВОЛ М-3042.

Відповідність класів в'язкості моторних масел по ГОСТ і SAE

Розподіл масел на класи по в'язкості відповідно до ГОСТ і SAE заснований на різноманітних критеріях. Тому, можна говорити не про ідентичність класів, а тільки про деяку приблизну їх відповідність. В таблиці приведені результати відповідності класів в'язкості моторних масел за ГОСТ і SAE за єдиним загальним критерієм - кінематична в'язкість при 100 °С. Класи по SAE, у багатьох випадках, мають більш широкі діапазони в'язкості при 100 °С, тому одному класу SAE іноді відповідає два класи в'язкості по ГОСТ (табл. 7).

Таблиця 7

Приблизна відповідність класів в'язкості моторних масел ГОСТ і SAE

Клас в'язкості за ГОСТ	В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	Клас в'язкості по SAE	В'язкість кінематична при 100°С, мм ² /с
-	-	0W	≥3,8
3 ₃	≥3,8	5W	≥3,8
4 ₃	≥4,1	10W	≥4,1
5 ₃	≥5,6	15W	≥5,6
6 ₃	≥5,6	20W	≥5,6
-	-	25W	≥9,3
6	5,6-7,0	20	5,6-9,3
8	7,0-9,3	20	5,6-9,3
10	9,3-11,5	30	9,3-12,5
12	11,5-12,5	30	9,3-12,5
14	12,5-14,5	40	12,5-16,3
16	14,5-16,3	40	12,5-16,3
20	16,3-21,9	50	16,3-21,9
24	21,9-26,1	60	22,0-26,1
<i>ВСЕСЕЗОННІ МАСЛА</i>			
3 ₃ /8	7,0-9,3	5W-20	5,6-9,3
4 ₃ /6	5,6-7,0	10W-20	5,6-9,3
4 ₃ /8	7,0-9,3	10W-20	5,6-9,3
4 ₃ /10	9,3-11,5	10W-30	9,3-12,5
5 ₃ /10	9,3-11,5	15W-30	16,3-21,9
5 ₃ /12	11,5-12,5	15W-30	9,3-12,5
5 ₃ /14	12,5-14,5	15W-40	12,5-16,3
6 ₃ /10	9,5-11,5	20W-30	9,3-12,5
6 ₃ /14	12,5-14,5	20W-40	12,5-16,3
6 ₃ /16	14,5-16,3	20W-40	12,5-16,3

Таблиця 8

**Приблизна відповідність вітчизняних класів в'язкості
моторних масел вимогам закордонних класифікацій**

Марка масла по нормативному документу	Нормативний документ	Марка моторного масла по ГОСТ 17479.2-85	Група API за експлуатаційним и властивостями	Клас SAE J300 по в'язкості
М-8В	ГОСТ 10541-78	М-8-В	SD/CB	20
М-4 ₃ /6В ₁	ГОСТ 10541-78	М-4 ₃ /6-В ₁	SD	10W-20
М-6 ₃ /10В	ГОСТ 10541-78	М-6 ₃ /10-В	SD/CB	15W-40
М-5 ₃ /10Г ₁	ГОСТ 10541-78	М-5 ₃ /10-Г ₁	SE	15W-30
М-6/12Г ₁	ГОСТ 10541-78	М-6/12-Г ₁	SE	20W-30
М-10В ₂	ГОСТ 8581-78	М-10-В ₂	CB	30
М-8Г ₂	ГОСТ 8581-78	М-8-Г ₂	CC	20
М-10Г ₂	ГОСТ 8581-78	М-10-Г ₂	CC	30
М-8Г ₂ к	ГОСТ 8581-78	М-8-Г ₂ (к)	CC	20
М-10Г ₂ к	ГОСТ 8581-78	М-10-Г ₂ (к)	CC	30
М-10ДМ	ГОСТ 8581-78	М-10-Д(м)	CD	30
М-8-ДМ	ГОСТ 8581-78	М-8-Д(м)	CD	20
М-14-ДМ	ТУ38.401-58-22-91	М-14-Д(м)	CD	40

Вибір моторного масла

На цей час ринок України надає можливість найширшого вибору масел вітчизняного і закордонного виробництва. Рекомендації по вибору масел можна звести до таких основних принципів.

- Придбайте масла, які рекомендовані інструкцією з експлуатації і допущені до застосування фірмою-виробником автомобіля.

- При відсутності на ринку масла, яке рекомендує інструкція з експлуатації, вибирайте масла на основі базових класифікацій по в'язкості та експлуатаційними властивостями.

- При виборі моторного масла за в'язкістю, можна скористатися рекомендаціями, приведеними нижче. При цьому, для зношених двигунів перевагу варто віддавати маслам, що мають велику в'язкість при високих температурах.

Класи в'язкості	Сезонність застосування
SAE 20W	Зимовий період
SAE 20, SAE 30 SAE 40, SAE 50	Літний період в залежності від типу і віку автомобіля
SAE 10W-30, SAE 10W-40 SAE 15W-30, SAE 15W-40 SAE 20W-40, SAE 20W-50	Всесезонно в залежності від типу і віку автомобіля

Конкретні значення температурних меж працездатності масел того або іншого класу по SAE в конкретному двигуні приводяться у специфікаціях фірм-виробників техніки.

- Для автомобілів виробництва країн СНД віддавайте перевагу маслам, що відповідають вимогам класифікації ГОСТ 17479.1 або ААІ, західноєвропейського виробництва - класифікації АСЕА з 1996 р. (до 1996 р. - ССМС), а для американського і азійського виробництва - класифікація API. Вимоги європейських специфікацій жорсткіші, ніж американських.

В табл. 9 приведені узагальнені дані про відповідність класів моторних масел за вітчизняними і закордонними класифікаціями. На думку спеціалістів для вітчизняної техніки припускається застосування моторних масел, що перевищують вимоги за ГОСТ приблизно на два класи по API. Так, якщо для автомобіля рекомендується масло типу Г₁, воно може бути замінене не тільки маслом API SE, але й маслом класу API SF і SG.

5. Не купувати масла у випадкових продавців. Серед реалізованих ними продуктів можуть бути низькоякісні підробки. Майже всі основні вітчизняні та закордонні виробники масел мають в Україні своїх представників, офіційних дистриб'юторів і дилерів, адреси і телефони яких приведені наприкінці довідника. При покупці товару вимагайте сертифікат відповідності, виданий Системою сертифікації продукції УкрСЕПРО.

6. При доливанні масла намагайтеся не змішувати масла різноманітних фірм-виробників, які особливо відрізняються по типу базового масла (мінеральні, синтетичні, напівсинтетичні), рівнем в'язкості й експлуатаційних властивостей. Особливої обережності варто дотримуватися, коли мова йде про долив масла вітчизняного виробництва у закордонне і навпаки.

Таблица 9

Приблизна відповідність груп моторних масел по ГОСТ, AAI, API, ACEA

Клас	Масла для бензинових двигунів			Масла для легко навантажених дизелів			Масла для високо навантажених дизелів					
	ГОСТ	AAI	API	ACEA	CCMC	ACEA	API	AAI	ГОСТ	Клас		
-	A	-	SB	-	-	-	SB	-	A	-		
	B ₁	-	SC	-	-	-	SC	-	B ₁	-		
	B ₁	B1	SD	-	-	-	SD	B1	B ₁	-		
	Г ₁	B2	SE	-	-	-	SE	B2	Г ₁	-		
-	Д ₁	B3	SF	-	-	-	SF	B3	Д ₁	-		
	Е ₁	B4	SG	-	-	-	SG	B4	Е ₁	-		
	-	-	-	A1-98	-	-	-	-	-	-		
	-	-	SH	A2-96	G 4	-	SH	-	-	-		
-	-	-	SJ	A3-98	G 5	-	SJ	-	-	-		
	-	-	-	B1-98	-	-	-	-	-	-		
	-	-	-	B2-98	PD 2	-	-	-	-	-		
	-	-	-	B3-98	-	-	-	-	-	-		
-	-	-	-	B4-98	-	-	-	-	-	-		
	B ₂	-	CA	-	-	-	CA	-	B ₂	-		
	B ₂	-	CB	-	-	-	CB	-	B ₂	-		
	Г ₂	Д1	CC	-	-	-	CC	Д1	Г ₂	-		
D 4	Д ₂	Д2	CD	E1-96	D 4	-	CD	Д2	Д ₂	-		
	-	-	CD+	E2-96	D 4+	-	CD+	-	-	-		
	Е ₂	Д3	CF-4	E3-96	D 5	-	CF-4	Д3	Е ₂	-		
	-	-	CG-4	E4-98	-	-	CG-4	-	-	-		
-	-	-	CH-4	E5-99	-	-	CH-4	-	-	-		

ЛЕКЦІЯ № 6

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСМІСІЙНИХ МАСЕЛ І МАСЕЛ ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Умови роботи, функції, вимоги до трансмісійних масел.
2. Сучасна класифікація трансмісійних масел.
3. Умови роботи, вимоги та класифікації гідравлічних масел.

Умови роботи трансмісійних масел. Загальні вимоги до них

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

Найважливішими функціями трансмісійних масел являються:

- 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:

- ✓ пологої в'язкістно-температурної характеристики, тобто мати високий індекс в'язкості;
- ✓ високими протизносними, протизадирними і антифрикційними властивостями;
- ✓ мінімальній взаємодії з гумовотехнічними виробами;
- ✓ стійкості до утворення емульсії з водою;
- ✓ високій фізичній стабільності в умовах тривалого зберігання.

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. На спроможність масла виконувати свої функції у важких умовах дуже впливають ряд його експлуатаційних показників.

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 °С і, в залежності від типу трансмісії, часу року і кліматичної зони встановлюється у межах від 10 мм²/с до 35 мм²/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 протизадірної 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%.

Сучасна класифікація трансмісійних масел, їх позначення та асортимент

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. 10).

Таблиця 10

Класифікація за в'язкістю трансмісійних масел по ГОСТ 17479. 2

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість при температурі 100 °С, мм ² /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

Відповідно до ГОСТ 17479. 2-85 трансмісійні масла за експлуатаційними властивостями підрозділяють на п'ять груп (табл. 11).

Таблиця 11

Класифікація трансмісійних масел по експлуатаційних групах

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 протизадирними 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.

Класифікація в'язкості трансмісійних масел по SAE J 306

Відповідно до SAE J306 трансмісійні масла підрозділяються на 7 класів в'язкості: чотири зимових (70W-85W) і три літніх (90 - 250) (табл. 12).

Таблиця 12

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 кінематична при 100 °С, мм ² /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	-	24,0	≥ 41,0
250	-	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.

Відповідність класів в'язкості по ГОСТ 17479. 2 і SAE J 306

Відповідність класів в'язкості по ГОСТ і SAE наведена у табл.13.

Таблиця 13

Приблизна відповідність класифікацій в'язкості трансмісійних масел по ГОСТ 17479. 2 і SAE J306

Клас по ГОСТ 17479.2	-	9	9	12	18	34	-
Клас по SAE J306	70W	75W	80W	85W	90	140	250

Класифікація трансмісійних масел по API

По класифікації API в залежності від рівня експлуатаційних властивостей трансмісійні масла поділяють на дев'ять класів (табл. 14). 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 14

Класифікація API трансмісійних масел за областю застосування

Клас	Область застосування
GL-1	Циліндричні, черв'ячні і спіральні-конічні зубові передачі в умовах низьких швидкостей і навантажень. Мінеральні масла без присадок або з протіокисними, 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 гепоїдні 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 гепоїдні 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 головних передач вантажних автомобілів і автобусів
* клас GL-6 тимчасово не використовується	

Асортимент товарних трансмісійних масел

В останні роки трансмісійні масла без присадок (наприклад, нігролі 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. 15).

Відповідність вітчизняних марок трансмісійних масел вимогам закордонних класифікацій

Відповідність вітчизняних марок трансмісійних масел вимогам закордонних класифікацій представлено в табл. 15.

Таблиця 15

**Відповідність вітчизняних трансмісійних масел
вимогам закордонних класифікацій**

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 в'язкістю
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

**Умови роботи масел у гідравлічних системах машин, основні вимоги до них.
Асортимент і класифікація 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 орудують окремими гідроприводами – гідро посилювачем рульового механізму, зчіпної 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:

- ✓ мати низьку температуру застигання, яка повинна бути нижче мінімальної температури повітря;
- ✓ мати можливо кращу в'язкісно-температурну характеристику;
- ✓ мати високу змащувальну спроможність, інакше неминучі підвищений знос циліндрів, поршнів та інших деталей гідросистеми;

✓ 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 40⁰С (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. 16).

Таблиця 16

Класифікація в'язкості гідравлічних масел

Клас в'язкості		Кінематична в'язкість при 40 °С, мм ² /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. 17).

Таблиця 17 – Класифікація гідравлічних масел по ГОСТ 17479. 3-85

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 °С	НН
Б	Мінеральні масла з протиокисними і протикорозійними присадками	Гідросистеми, які працюють під тиском до 25 Мпа і температурі масла більше 80 °С.	НЛ
В	Мінеральні масла з протиокисними, протикорозійними протизносними присадками	Гідросистеми, які працюють під тиском понад 25 МПа і температурі масла більше 90 °С.	НМ
	Масло із загуслюю присадкою		НВ

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 № 5

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ РІДИН

ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

1. Загальні відомості, призначення і склад пластичних мастил.
2. Основні показники якості пластичних мастил.
3. Класифікація, позначення та асортимент пластичних мастил.
4. Рідини для систем охолодження (вимоги, класифікація).
5. Рідини для гальмових систем (вимоги, класифікація).

Експлуатаційні властивості та використання пластичних мастил та твердих і самозмащувальних матеріалів

Загальні відомості, призначення і склад 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 тільки 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 впливі високих температур, тиску, ударних навантажень;

- високі захисні властивості;
- водостійкість;
- забезпечення герметизації вузлів тертя;
- більш ефективна змащувальна здатність;
- високий ресурс роботоздатності.

До недоліків пластичних мастил слід віднести:

- 1) низьку охолоджувальну здатність;
- 2) велику схильність до окислення.

Основні **умови та об'єкти застосування мастил**:

- відкриті і негерметичні вузли тертя;
- важкодоступні вузли тертя;
- механізми, що розташовані під перемінним кутом до горизонту;
- вузли тертя, де неможлива часта зміна мастильного матеріалу;
- перемінний швидкісний режим експлуатації машин;
- змушений контакт вузла тертя або захищеної поверхні від води, чи агресивного середовища;
- умови температурного режиму, що різко змінюється;
- герметизація рухливих ущільнень, сальників і різьбових з'єднань;
- тривала консервація машин, устаткування, приладів і металевих виробів;
- зменшення маси і розміру змащувальних пристроїв.

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 підвержене 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:

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

Система класифікації пластичних мастил встановлена міжнародним стандартом ISO 6743/9.

Класифікують мастила за трьома позначками: **консистенції, складу і призначенню**.

За консистенцією мастила поділяють на напіврідкі, пластичні і тверді.

За складом дисперсійної середо 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 мм²/с. Взагалі це індустріальні масла (веретенне, машинне та ін.). Їх використовують для виготовлення мастил загального призначення солідолів, консталінів.

Малов'язкі масла (веретенне, МВП, трансформаторне), які мають гарні низькотемпературні властивості (температура експлуатації складає мінус 50° і нижче) і полого вязкістно-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 полого вязкістно-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 звуться 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 середньоплавки.

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, пертолатум, парафін** та інші.

Тверді вуглеводні дозволяють отримати мастила високої хімічної стабільності і гарної водостійкості. У більшості вуглеводневі 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 високодисперсні, нерозчинні у маслах порошки – **графіт, бісульфат молібдену, слюда, тальк, порошки металів** та інші.

За призначенням пластичні мастила поділяють на: **антифрикційні**, які знижують тертя та знос деталей механізмів; **консерваційні**, які захищають металеві вироби від корозії і руйнації; **ущільнювальні**, які герметизують зазори в обладнанні і механізмах; **канатні**, 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**.

Експлуатаційні властивості пластичних мастил

Показник	Сутність показника, методи визначення	Зв'язок з експлуатаційними показниками пластичних мастил
Антикорозійні властивості	Показник, що характеризує здатність мастила не викликати корозії металевих поверхонь. Визначення по ГОСТ 5757.	Залежать від природи масла, типу загусника, компонентного складу і технології виробництва мастила.
Консерваційні (захисні) властивості	Показник, що характеризує здатність мастила захищати металеві поверхні від впливу навколишнього середовища. Визначення по ГОСТ 4699.	Залежать від природи масла, типу загусника, компонентного складу і технології виробництва мастила. Цей показник важливий для мастила, яке працює у контакті із водою, а також за умовами високої вологості, запиленості та ін.
Водостійкість	Комплекс показників, що характеризує розчинність, змащуваність, гігроскопічність та водопроникність мастил.	Залежать від типу загусника, компонентного складу і технології виробництва мастила. В залежності від катіону мила, розчинність у воді мильних мастил зменшується в ряду: $K > Na > Li > Mg > Ca > Hg > Pb > Al$. Водостійкість важлива для мастила, що працює у контакті із водою, а також за умовами високої вологості.
В'язкість	Показник, що характеризує властивість рідини мати опір переміщенню, що обумовлено внутрішніми молекулярними взаємодіями. В'язкість мастил визначається на автоматичних капілярних віскозиметрах. Виражається у Па·с.	Залежать від типу загусника, масла, структури мастила, від температури і швидкості деформації, а також попереднього механічного впливу на них. Впливає на пускові характеристики механізмів та на енергетичні втрати у працюючих вузлах тертя. Визначає можливість подачі і заправки мастила у вузли тертя при низьких температурах.
Випарність	Показник, що характеризує летучість масла. Визначається по ГОСТ 9566. Виражається у %.	Випарність масла при зберіганні і застосуванні мастила призводить до їх сильного ущільнення, що суттєво погіршує експлуатаційні властивості мастил та скорочує термін їх служби.
Пенетрація	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.	Важливий показник об'ємно-механічних властивостей мастил. Характеризує густоту (консистенцію мастила), її спроможність проникати в зазор між тертьовими поверхнями при введенні нагнітачами і утримуванні в зазорі. Чим вище значення пенетрації, тим менше густота (консистенція) мастила. Мастила з великим числом пенетрації застосовують зимою, із меншим – літом.
Колоїдна стабільність	Показник, що характеризує здатність мастила попереджувати відділення від нього масла. Визначається по ГОСТ 7142. Виражається у %.	Залежать від типу загусника, компонентного складу і технології виробництва мастила. Відділення масла від мастила може відбуватися при зберіганні і застосуванні мастил. Із підвищенням температури масло віддільність посилюється. Інтенсивне відділення масла із мастила може привести до руйнування її структури. Помірне відділення масла на протязі усього терміну служби мастила у

Показник	Сутність показника, методи визначення	Зв'язок з експлуатаційними показниками пластичних мастил
		вузлі тертя складає основу її змащувальної дії.
Механічна стабільність	Показник, що характеризує здатність мастила зберігати свої об'ємно-механічні показники (пенетрація, межа міцності або в'язкість) після деформації. Визначається по ГОСТ 19295.	Залежать від типу загусника, компонентного складу і технології виробництва мастила. Після руйнування мастила відбувається розрідження мастила. Гарне мастило не повинно суттєво змінювати свої властивості при деформації і послідовним відпочинку. Механічно не стабільні мастила можуть витікати із вузлів тертя. Але, сильне ущільнення мастила порушує нормальні умови роботи вузлів тертя з причини не підтікання до них. Тому, в умовах експлуатації мастила щільно не набивають у вузли тертя.
Хімічна стабільність	Показник, що вказує, головним чином, на стійкість мастила проти окислення. Визначається по ГОСТ 5734.	Залежить від типу загусника, структури мастила, технології виробництва. Окислення мастила може відбуватися в процесі зберігання і застосування мастила, що суттєво погіршує їх експлуатаційні характеристики.
Межа міцності на зсув	Показник, що вказує критичне навантаження (напруження зсуву), при підвищенні якого відбувається різкий перехід до течії мастила як рідини. Визначається по ГОСТ 7143 за допомогою пластометру К-2. Виражається у Па.	Залежать від типу загусника, масла, структури мастила, технології виробництва, від температури і швидкості деформації. Зниження межі міцності на зсув призводить до стікання мастила із нахилених поверхонь, викиду із обертаючих деталей, а також із не ущільнених вузлів тертя. Для мастил при температурах від 20°C до 120°C вона дорівнює 100...500 Па.
Температура краплепадіння	Показник, що вказує на температуру плавлення мастил – мінімальна температура падіння першої краплі мастила, що нагріто у капсулі термометру Уббелюде. Визначається по ГОСТ 6793. Виражається у °C.	Залежать від типу загусника, масла. Для деяких типів мастила (кальцієвих, натрієвих та вуглеводних) дозволяє судити о верхньої межі температурі їх застосування (на 10...20°C нижче температури краплепадіння).
Трибологічні характеристики	Комплекс показників, що характеризує протизносні, протизадирні та антифрикційні властивості мастил. Оцінюються (ГОСТ 9490) на машинах тертя.	Залежать від типу загусника, природи масла і технології виробництва. Характеризують навантажено-швидкісні і температурні умови працездатності мастил у вузлах тертя машин і механізмів.

Класифікація, позначення, марки та асортимент пластичних мастил, що використовуються у сільському господарстві

Класифікація пластичних мастил згідно ГОСТ 23258-78 поділяє їх на групи та підгрупи (табл. 1).

Групи та підгрупи пластичних мастил по ГОСТ 23258-78

Підгрупа	Індекс	Використання
Група: Антифрикційні мастила		
Загального призначення для звичайних температур	С	Вузли тертя із робочою температурою до 110 °С
Загального призначення для підвищених температур	О	Вузли тертя із робочою температурою до 110 °С
Багатоцільові	М	Вузли тертя із робочою температурою від мінус 30 до плюс 130 °С, умови підвищеної вологості
Термостійкі	Ж	Вузли тертя із робочою температурою 150 °С і вище
Морозостійкі	Н	Вузли тертя із робочою температурою нижче – 40 °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.)
Брикетні	Б	Вузли і поверхні ковзання з пристроями для застосування мастила у вигляді брикетів
Група: Консерваційні мастила		
-	З	Металеві вироби і механізми усіх видів, за винятком сталевих канатів та окремих випадків
Група: Канатні мастила		
-	К	Сталеві канати і троси
Група: Ущільнювальні мастила		
Арматурні	А	Запірна арматура і сальникові пристрої
Різьбові	Р	Різьбові з'єднання
Вакуумні	В	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. 1); **загусник**, (табл.2); **рекомендований температурний інтервал використання**; **дисперсійне середовище** (масло, див. табл. 3); **консистенцію** (табл. 4).

Тип загусника визначають буквами російського алфавіту, у відповідності з індексами, що представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Символи типу загусника пластичних мастил

Загусник	Індекс	Загусник	Індекс
Мило	М	Тверді вуглеводні	Т
Кальцієве	Ка	Органічні речовини	О
Барієве	Ба	Пігменти	Пг
Натрієве	На	Полімери	Пм
Літієве	Ли	Урати	Ур
Алюмінієве	Ал	Фторовуглеводи	Фу
Свинцове	Св	Неорганічні речовини	Н
Цинкове	Цн	Глини	Бн
Комплексне	кМ	Сажа	Сж
		Силікагель	Си

Рекомендований **температурний інтервал використання** позначають приблизно до 10 °С дробиною. У чисельнику вказується мінімальна температура (без знака мінус), що зменшена у десять разів, а у знаменнику – максимальна (наприклад: 3/12, від -30 до +120 °С).

Тип дисперсійного середовища (масла) та присутність твердих добавок позначається малими літерами російського алфавіту (табл. 3).

Таблиця 3

Символи компонентів пластичних мастил

Компоненти мастила	Індекс
Дисперсійне середовище	
Нафтове масло	н
Синтетичні вуглеводні	у
Кремній органічні рідини	к
Складні ефіри	є
Галогеновуглеводні рідини	ж
Фторсилоксани	ф
Перфторалкілоли ефіри	а
Інші масла і рідини	п
Тверді добавки	
Графіт	г
Дисульфат молібдену	д
Порошки	
свинцю	с
міді	м
цинку	ц
інші тверді добавки	т
Примітка. Відсутність індексу дисперсійного середовища вказує, що мастило виготовлено на нафтовому маслі.	

Вказується також **індекс класу консистенції** при 25 °С (число пенетрації) позначають арабськими літерами (табл. 4).

Класи консистенції пластичних мастил

Клас	Діапазон пенетрації при 25 °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	Почті тверда
4	175...205	Тверда
5	130...160	Тверда
6	85...115	Дуже тверда

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 °С до плюс 120 °С);

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 2/7-2.

Жирові солідоли: Прес-солідоли Ж і солідол Ж.

Графітне мастило СКа 2/6-гЗ (УСсА).

Жировий консталін (універсальне тугоплавке мастило УТ) - двох марок: консталін-1 (ОНа 2/11-3) і консталін-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-ЕЗ – синтетичне мастило (Е) застосовується у закритих підшипниках кочення.

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

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

Використання та застосування деяких антифрикційних пластичних мастил в основних вузлах тертя автомобілів представлено у табл. 5.

Застосування мастил в основних вузлах тертя автомобілів

Вузол тертя	Мастило	Періодичність зміни
Шарніри рульового керування. Шворні поворотних кулаків. Пальці ресор.	Літол-24, Солідол С, прес-солідол С	2 ТО -1 ТО-1
Осі педалей зчеплення і гальма, важелі коробки передач, роздавальні коробки. Вали кулачків гальм.	Літол-24, Солідол С, прес-солідол С	ТО-2 ТО-1
Барабан та інші механізми лебідки Буксирні і сидельні механізми	Літол-24 Солідол С, прес-солідол С	ТО-2 ТО-2
Шліци карданних валів	Літол-24, Солідол С, прес-солідол С	4 ТО-2
Голчасті підшипники карданних шарнірів	Літол - 24, солідол С, прес-солідол С	Без зміни (у герметизованих вузлах)
Шарніри і шворні поворотного кулачка карданних шарнірів	АМ карданна, Уніол-1	ТО-2 2ТО-2
Ступці коліс	Літол-24, 1-13, автомобільна	5 ТО-2 2 ТО-2
Проміжна опора карданного вала	Літол-24, 1-13, автомобільна	ТО-2 2 ТО-1
Вижимний підшипник зчеплення	Літол-24, 1-13, автомобільна	ТО-2
Підшипники водяного насоса	Літол-24, 1-13, автомобільна	4 ТО-2 2 ТО-2
Передній підшипник первинного вала коробки передач	Літол-24, 1-13, автомобільна	Без зміни
Підшипники генератора і стартера	Літол - 24, № 158	4 ТО-2
Підшипники електродвигунів, склоочисника та обігрівача	Літол-24, 1-13, автомобільна	4 ТО-2
Шарніри приводу склоочисника	Літол - 24, № 158	4 ТО-2

Експлуатаційні властивості та застосування спеціальних технічних рідин

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 ($4 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$) і низьку в'язкість ($1 \text{ мм}^2/\text{с}$), забезпечує легкість циркуляції у системі охолодження, у закритих системах при тиску $0,12...0,13 \text{ МПа}$ має температуру кипіння $105...108 ^\circ\text{C}$.

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 (Ca^{++}) і магнію (Mg^{++}), які знаходяться у літрі води. За жорсткістю воду підрозділяють на п'ять груп (табл. 6).

Таблиця 6

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 $20,04 \text{ мг/л}$ іонів Ca^{2+} або $12,16 \text{ мг/л}$ іонів 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. 6). Якщо жорсткість води вище 3 мг.екв/л , то вона підлягає пом'якшенню, з метою видалення із катіонів Ca^{+2} і Mg^{+2} . Цей процес можна здійснити термічно та хімічно (табл. 7).

Методи пом'якшення води

Операція	Реагенти та їх дія	Порядок застосування
Перегонка	Усі розчинні солі залишаються в перегонному кубі	Одержують воду без солей, жорсткості для акумуляторів
Кип'ятінням	Усі розчинені солі карбонатної жорсткості випадають в осад	Воду кип'ятять 20-30 хв., відстоюють і фільтрують від осаду, що випадає
Обробка хімічними реагентами	Кальціонована сода (Na_2CO_3) - 53 мг/л на одну одиницю жорсткості тринатріюфосфат - 55 мг/л на одиницю жорсткості. Залишкова загальна жорсткість не більш 0,5...1,5 од.	Гарячу воду перемішують із реагентом 20-30 хв., відстоюють і фільтрують від випадання осаду
Катіонний обмін	Іонообмінні синтетичні смоли: глауконіт, пермутит та інші. Залишкова загальна жорсткість 0,5...1,0 од.	Фільтрують через катіонний фільтр (катіон - заряджений іон, аніон - негативний)

Порядок видалення накипу із системи охолодження такий. Спочатку видаляють із двигуна термостат і заливають розчин у систему охолодження. Запускають і прогрівають двигун та дають йому попрацювати 10...20 хв. Після чого, двигун зупиняють, розчин зливають і систему охолодження 2-3 рази промивають водою. Воду рекомендується розбавити гарячим розчином ($70\ldots 80^\circ\text{C}$) 0,5...1,0% хромпіка (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** ($\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$) – двохатомний спирт. При кімнатній температурі-це рясна масляниста безбарвна або ясно-жовта рідина. Густина етиленгліколю становить близько 1,11...1,14 г/см³.

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 низьку температуру застигання (мінус 75°C) має суміш 67% етиленгліколю і 33% води (рис. 1)

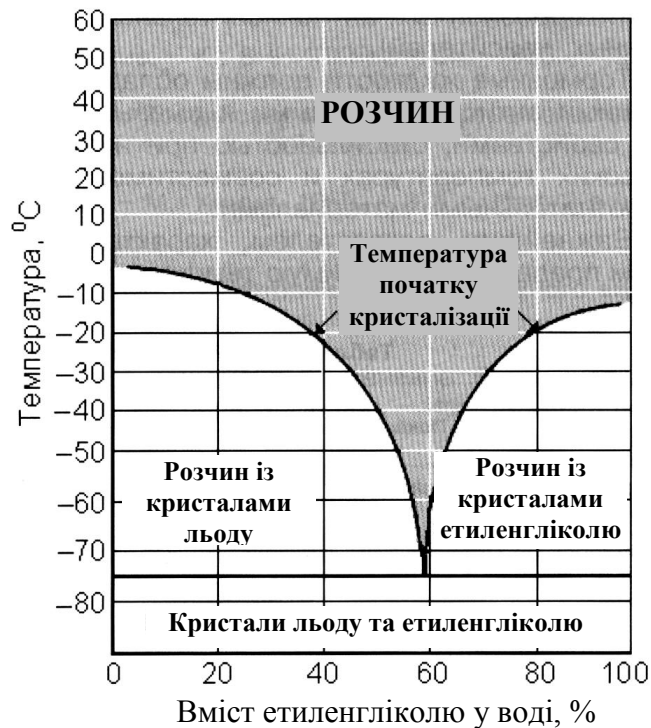


Рис. 1. Діаграма кристалізації водоетиленгліколевих сумішей

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 °С і мінус 65 °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 динатрійфосфат (Na_2HPO_4) 2,5...3,5 г/л, які додають в обидві марки вітчизняного антифризу. Внаслідок гідролізу динатрійфосфата, 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 (Na_2MoO_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.

Експлуатаційні властивості та застосування спеціальних технічних рідин

Пускові 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 двоатомних 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 °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 °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”**.

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 °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

(триетаноламінофосфат). 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” розшаровування рідини не відбувається.

Рідина **ГТН** (гідрогальмова нафтова) складається з деароматизованого газу (ароматичні вуглеводні відсутні), який загущено 3..4% в'язкістною присадкою - поліізобутилену з додаванням протиокисної присадки. Ця рідина позбавлена недоліків. Проте, застосування рідини ГТН припускається тільки у гальмових системах, які обладнані шлангами 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 заповнюють малов'язкими маслами. До **гідравлічних рідин** ставляться **такі вимоги**: гарні змащувальні і протикорозійні властивості; бути легкорухомими при різноманітних температурних режимах, тобто мати гарну в'язкістно-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 амортизаторних 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:

1) **робочі масла**, які використовують у двигунах, механізмах, і які не спроможні тривалий час захищати поверхні від корозії;

2) **консерваційні масла**, які призначені для зовнішньої і внутрішньої консервації виробів при зберіганні і транспортуванні, але не придатні для експлуатації;

3) **консерваційно-робочі масла** (містять присадки АКOP-1 та ін.), призначені для одноразового використання у машинах, які починають експлуатуватись (до першої заміни масла);

4) **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 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 металевих 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...1100°C) пензлем, шпателем, або розчищеному автотракторним маслом у співвідношенні 1:1 або 1:2, попередньо підігрівши до 80 °C. 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 °C) і, що особливо важливо, при високих температурах (до +100 °C).

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 використовувати для захисту внутрішніх поверхонь, а також при зберіганні машин у закритих приміщеннях.

Консерваційне масло К-17 - масляниста рідина темно-коричневого 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 вводити

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 мікротріщини, мікропази, 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 майданчиках, для захисту стаціонарних великогабаритних металевих конструкцій, 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 дорожніх машин і т.д.

До продуктів групи Д-1 відносять НГ-216А, НГ-222А (Д-1-С), антикоррозин, МОПЛ-3 (Д-1-С-шасі). 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 композицію 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 металевих 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 нафтовими 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.

Таблиця 8

**Захист металевих виробів
плівкоутворюючими інгібірованими нафтовими сумішами (ПИНС)**

Характеристика виробів	Найменування виробів	Рекомендовані ПИНС
<i>1. Вироби простої форми із чорних і кольорових металів</i>		
Дрібні вироби масового виробництва	Гвинти, цвяхи, заклепки, шпінти, гайки, пружини	НГ-216В, НГ-224, Аквамин
Вироби з точно обробленою поверхнею	Вали, осі, клапани, шестерні, поршні	НГ-216 (Б і В), НГ-222Б, Кабинор
Вироби з легкодоступними внутрішніми поверхнями (порожнини, поглиблення)	Баки, резервуари, крила автомобілів, шасі, рами.	НГ-216 (А і Б), Антикоррозин, МОПЛ-3, НГ-222А, Інгибит-С, Кабинор
<i>2. Вироби складної форми</i>		
Вироби складної форми із рухливими частинами	Двигуни внутрішнього згорання, верстати, компресори, турбіни	НГ-216 (Б і В), НГ-222 (А і Б), Мовиль, Мольвин, МОПЛ-2, Яремін
Вироби, у яких поверхні, підлягають консервації, працюють у контакт з маслом або іншими технологічними рідинами	Карданні вали, редуктори, масляні фільтри, карбюратори, насоси	НГ-216В, Мовиль, Мольвин, Яремін
Вироби з важкодоступними внутрішніми поверхнями і (або) великими порожнинами	Холодильні системи, парові і водяні котли, теплообмінники і т.п.	НГ-216 (А і Б), НГ-222 (А і Б), МОПЛ-2, Мольвин, Яремін

Характеристика виробів	Найменування виробів	Рекомендовані ПИНС
<i>3. Вироби простої форми із чорних і кольорових металів</i>		
Вироби з великою плоскою поверхнею (прокат)	Листи, стрічки (у тому числі листовеалізо автомобілебудування)	НГ-222 (А і Б), Мовиль, МОПЛ-5, МОПЛ-2
Вироби холоднокатані, гарячекатані, штамповані, ковані. Труби усіх видів	Прутки, листи, болванки, трикутники, профільний прокат	НГ-222 (А і Б), Мовиль, МОПЛ-5, МОПЛ-2
<i>4. Вироби з чорних металів, великогабаритні, складної форми</i>		
Металоконструкції	Металоконструкції різноманітних видів	НГ-216А, НГ-222А, антикоррозин, інгібит-С, кабинор, МОПЛ-3

ЛЕКЦІЯ № 9

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО І БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПММ

ПИТАННЯ, ЯКІ ПІДЛЯГАЮТЬ РОЗГЛЯДУ

5. Економія нафтопродуктів та шляхи зменшення втрат, збір відпрацьованих масел.
6. Техніка безпеки та охорона навколишнього середовища.

Економія нафтопродуктів та шляхи зменшення втрат

Ефективність застосування паливно-мастильних матеріалів в період експлуатації визначається комплексом хімотологічних рішень, пов'язаних звичайно з підвищенням надійності двигунів та їх систем, а також із необхідністю зменшення впливу на навколишнє середовище.

На сучасному етапі екологічний і економічний аспекти проблеми ресурсозбереження визнані на однаковому рівні. На цей час основними напрямками рішення проблеми ефективного і раціонального використання паливно-мастильних матеріалів є такі:

- підвищення виходу світлих нафтопродуктів від обсягу нафти, яка переробляється;
- оптимізація якості експлуатованих палив;
- зниження питомої витрати палива при експлуатації техніки;
- ефективне і раціональне використання паливно-мастильних матеріалів;
- запровадження альтернативних паливно-мастильних матеріалів;
- запровадження втрат нафти і продуктів її переробки від випару;
- регенерація і утилізація відпрацьованих масел;
- підвищення якості шляхом використання присадок.

Підвищення виходу світлих нафтопродуктів від обсягу нафти

Підвищення виходу світлих нафтопродуктів із нафти можливе за рахунок збільшення їх виходу від потенціалу на атмосферно-вакуумній установці і поглиблення переробки, яка дозволяє знизити питомі витрати нафтової сировини.

Значне збільшення глибини переробки нафти може бути досягнуте за рахунок створення нових потужностей каталітичного крекінгу і гідрокрекінгу вакуумного газойлю, уповільненого коксування, термічного і термодоконтактного крекінгу, висбкрекінгу гудрону, інтенсифікації перегонки та інших процесів. Збільшення ресурсів, наприклад, дизельного палива за рахунок вакуумної перегонки мазуту, може складати близько 25%.

Існує комплексна програма реконструкції нафтопереробного комплексу до 2010 р. спрямована на технічне переоснащення НПЗ України для збільшення глибини переробки нафти до 75-80%.

Оптимізація якості вироблених палив

Найважливішим резервом забезпечення зростаючої потреби народного господарства в джерелах енергії для двигунів транспортних засобів є оптимізація якості палив.

Значне збільшення виходу дизельного палива від обсягу нафти, яка переробляється, може бути забезпечено оптимізацією фракційного складу, тобто деяким його переобтяженням, що дозволить збільшити ресурси на 6...8%. Таке паливо „обтяженого фракційного складу” (марок УФС) за усіма основними показниками якості не поступається вимогам специфікацій промислово розвинених країн.

Крім того, кліматичні умови в Україні такі, що необхідність використання двох марок дизельних палив (літніх і зимових) можна виключити. Автомобілі прекрасно можуть працювати на єдиній марці, як дизельного палива, так і автомобільного бензину з оптимізованими показниками якості. Проте, ці прогнози вимагають ретельного техніко-економічного аналізу і додаткових досліджень.

Зниження питомої витрати палива

Шляхи зниження питомої витрати палива при виконанні одиниці (або певної норми) роботи машинно-тракторних агрегатів визначені дією чотирьох факторів: конструктивних, технологічних, експлуатаційних і організаційних.

Конструктивні фактори містять у собі заходи щодо удосконалення конструкцій машинно-тракторних агрегатів: зниження маси; удосконалення ходових систем тракторів; створення машин з автоматичним регулюванням тиску повітря на ходу; створення трансмісій з переключенням передач на ходу й автоматизацією швидкісного та енергетичного режимів; удосконалення робочих процесів двигунів; поліпшення геометрії і гостроти робочих органів машин; покриття їх малофракційними матеріалами; підвищення жорсткості рам; зменшення енергоємності приводів; застосування нових видів робочих органів, наприклад, корпусів для ромбовидної оранки та ін.

В комплекс *технологічних факторів* входить удосконалення виробничих процесів і технологій оброблення сільськогосподарських культур. В останні роки більш широке застосування знаходять мінімальна обробка ґрунту, рядовий посів, заміна відвальної обробки ґрунту чизельною, дискуванням, поєднанням окремих операцій. Знизити витрати енергії можна застосуванням культур, які накопичують азот, і мікроорганізмами, що дозволяє зменшити дози мінерально-азотних добрив. Ведуться інтенсивні дослідження і розробка нових технологічних процесів, які виключають або знижують витрати теплової енергії при сушці, збереженні й обробці сільськогосподарських культур та ін.

До *експлуатаційних факторів* відносяться заходи щодо поліпшення якості технічного обслуговування і ремонту, забезпечення заданих регулювань тракторів і сільгоспмашин, вибір оптимальних режимів роботи і складів машинно-тракторних агрегатів та ін. В даний час найбільш актуальними стають підвищення якості технічного обслуговування, широке впровадження засобів діагностики, ретельне виконання технологічних та інших регулювань, особливо систем живлення, охолодження і механізму газорозподілу двигунів. Особливо впливає на витрати енергії стан робочих органів (гострота лез, наявність виступів і т.п.).

До *організаційних факторів* відносять вибір форм використання техніки, організація роботи й обслуговування машинно-тракторних агрегатів у полі, облік і нормування споживання палива, види заохочення за його економію та ін. Зниження витрат палива за рахунок кращого використання техніки і палива, може бути досягнуто широким впровадженням оренди, підряду, а також створенням чіткої системи обліку витрати паливно-енергетичних ресурсів і заохочення за їх економію та інші заходи.

Ефективне і раціональне використання нафтової сировини

Сутність ефективного і раціонального використання сировини полягає у такому науковому обґрунтуванні норм витрати нафтопродуктів і розробки шляхів їхньої економії, як забезпеченні цілості якості в процесі транспортування і зберіганні; розробці рекомендацій по взаємозамінності; розробці методів відновлення якості некондиційних нафтопродуктів.

Збільшенню ресурсів нафти сприяють зниження об'єму мазуту, що спалюється у теплових установках, заміна його природним газом або вугіллям.

Альтернативні шляхи вирішення енергетичної проблеми

Застосування альтернативних палив розглядається і, як засіб поширення бази енергоресурсів, і як один із засобів зменшення впливу на навколишнє середовище. Суть такого підходу, полягає у застосуванні синтетичних, криогенних і біологічних палив, природного газу, спиртів, метилбутилового ефіру (МТБЕ).

Велика увага хімотологією приділяється спиртам (зокрема, метанолу) у якості моторного палива для двигунів. Проте, недоліком усіх палив, що містять кисень, є те, що кисень не має енергетичної цінності і, як наслідок, зменшує їх енергоємність (об'ємну теплоту згоряння). До цього ж спирти – корозійно-агресивні палива.

Альтернативою дизельним паливам можуть стати рослинні олії, зокрема, пальмове і рапсове. Такі роботи вже здійснюються у конструкторському бюро "Мерседес», де був зроблений дослідний автомобіль, вихлопи якого не містять токсичних речовин, а вартість такого біопалива дешевше дизельного у 4-5 разів. В Івано-Франківську також розвертаються роботи з виробництва палива з рапсу. Найбільш можливою найближчою альтернативою товарним нафтовим паливам, вчені вважають застосування природних газів.

Київський міжнародний університет громадянської авіації разом з Інститутом газу НАН України запропонував цілком новий вид альтернативного палива для двигунів - газорідке паливо (ГЖТ), що представляє собою істинний молекулярний розчин газу у низькосортному бензині (із низьким октановим числом).

Підвищення якості паливно-мастильних матеріалів шляхом використання присадок

Присадки до палив і мастильних матеріалів почали використовуватися з початку ХХ сторіччя. Їх виробництво і застосування до останнього часу було дуже обмеженим. Це було обумовлено, насамперед, прагненням забезпечити низький рівень вартості нафтопродуктів, а також наявністю резервів підвищення якості нафтопродуктів за рахунок впровадження більш досконалих процесів нафтопереробки, добору фракційного й вуглеводного складу композицій, використанням продуктів повторної переробки нафти, органічних і елементоорганічних з'єднань.

Ситуація докорінно змінилася за останні два десятиріччя. Удосконалювання конструкцій автомобільних двигунів і, особливо, систем живлення, а також впровадження законодавчих заходів для забезпечення безпеки здоров'я людини і охорони навколишнього середовища, призвели до різкої жорсткості вимог якості нафтопродуктів. Застосування присадок вважається найбільш рентабельним і гнучким засобом підвищення якості нафтопродуктів, як у процесі його виробництва, так і при його зберіганні і застосуванні.

В даний час фірми-виробники присадок (Adibis, Amoco, Du Pont, Ethyl, Lubrizol, Monsanto, Shell і Exxon (Shail) та ін.) пропонують різноманітний асортимент товарних продуктів різноманітного функціонального призначення. В останні роки налагоджено виробництво нових антидетонаційних (МТБЕ, «Фетерол», «АДА», «ФК-4», «ВКД» та ін.), мийних для палив («Афен», «Автомаг», «Неолин», «Аспект» та ін.), протидимних («ЭКО-1», «Ангарад-2041», «ЭФАП-Б» та ін.), багатофункціональних («АПК» та ін.) присадок підприємств Росії.

Зниження втрат паливно-мастильних матеріалів

При проведенні різноманітних технологічних операцій (прийом, транспортування, зберігання, відпустка і т.п.) фахівці на практиці стикаються з економічними проблемами, пов'язаними з втратами нафти і продуктів її переробки. Структура втрат включає, внаслідок неповного зливу транспортних ємностей: підтікання, витікання через несправність і недосконалість устаткування, аварії трубопроводів, резервуарів і транспортних ємностей, втрати від випаровування (рис. 1).

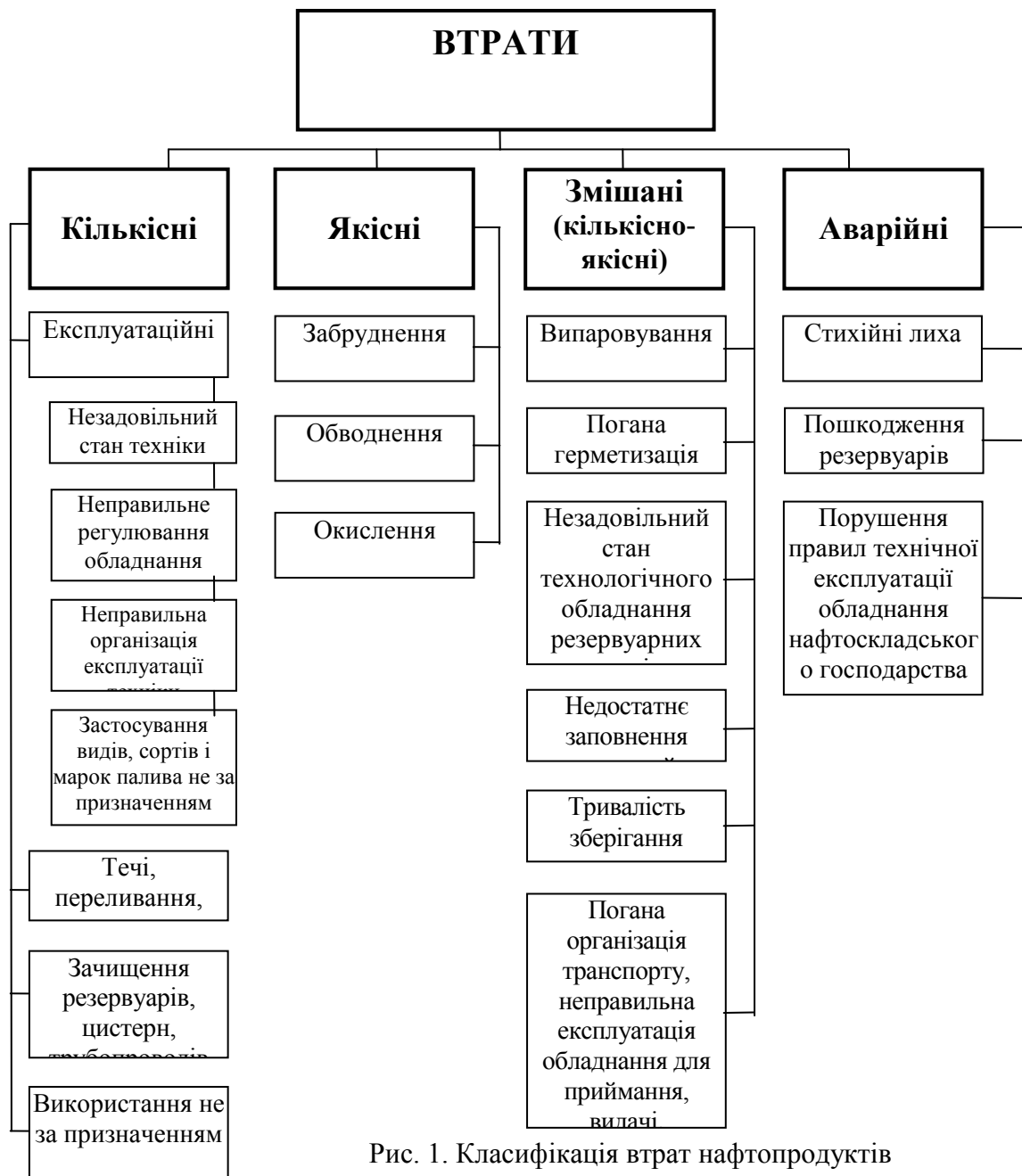


Рис. 1. Класифікація втрат нафтопродуктів

Якісним втратам паливно-мастильних матеріалів передують нестабільність їх показників під час виконання технологічних операцій (табл. 1).

Таблиця 1

Перелік показників якості паливно-мастильних матеріалів, що найбільш нестабільні під час зберігання, транспортування та інших технологічних операціях

Найменування нафтопродукту	Показник
Бензини	Фракційний склад, вміст смол, кислотність
Реактивні палива	Вміст смол, кислотність, термоокислювальна стабільність
Дизельні палива	Кислотність, вміст смол
Котельні палива	Вміст смол
Моторні масла	Кислотність, лужне число
Турбінні масла	Термін деемульсії, кислотність
Пластичні мастила	Пенетрація, температура краплепадіння, синерезис (виділення рідкої фази), кислотне число, вміст води

Кількісні втрати палива у сільськогосподарському виробництві складають:

- при експлуатації техніки – 7,7%;
- при зберіганні – 1,2%;
- при заправці – до 1,5%.

В Україні випаровується і викидається в атмосферу близько 1 млн. т нафтопродуктів, з них - 0,5 млн. т автомобільного бензину і близько 0,3 млн. т дизельних і реактивних палив.

Походження цього виду витрат є наслідком недосконалості і несправності технологічного устаткування для зберігання та експлуатації нафтопродуктів, а також застосування застарілої нормативної бази щодо природної втрати при різноманітних технологічних і складських операціях.

Проведення спеціальних організаційних і технічних заходів щодо боротьби з витратами від випаровування повинні сприяти їх скороченню. До таких заходів слід віднести:

1) зменшення обсягу газового простору резервуарів:

- більш повне заповнення резервуарів - при заповненні на 90% втрати у південній кліматичній зоні складають 0,4%, а при 20% - 13,9%;
- використання резервуарів із плаваючим дахом;
- металевих і полімерних матеріалів понтонів;
- покриття поверхні бензину спеціальними емульсіями або мікрокульками;

2) зберігання нафтопродуктів із високою пружністю парів під надлишковим тиском; надлишковий тиск до 200 мм.рт.ст., вакуум 25 мм.вод.ст.;

3) уловлювання парів нафтопродуктів, що виходять із резервуарів при великих і малих диханнях (застосування газового обв'язування і газозбірників);

4) скорочення коливань температури газового простору резервуарів:

- фарбування резервуарів у світлі тони; розмір втрат від "малих" подихів, у залежності від фарбування резервуара і даху, відносно білого: алюмінієва – у 1,7, чорна – у 2 рази;
- створення захисних екранів, посадка високорослих листяних дерев;
- підземне зберігання нафтопродуктів;

5) раціональний вибір і правильна експлуатація резервуарного парку.

Основною причиною підтікання нафтопродуктів є поганий технічний стан засобів зберігання і технологічного устаткування, що викликається несвоєчасним проведенням профілактичних ремонтів, порушенням правил експлуатації і низької якості технічного обслуговування.

При підтіканні зі швидкістю дві краплі в секунду, втрати складають 130 л/місяць, а при підтіканні у виді крапель, які тимчасово переходять в струмінь, досягає 200 л/місяць. Під час перевезення бензину у 200-літрових бочках на відстань 200 км при температурі 24⁰ С втрати складають 0,3...0,5 кг.

Збір відпрацьованих масел, їх регенерація та використання

Відновлення властивостей відпрацьованих масел і повторне їх використання здобуває для народного господарства України важливе значення, тому що ця проблема пов'язана з економією енергетичних ресурсів країни. Із 100 тонн відпрацьованих масел можна одержати 60...80 тонн регенованого продукту, тоді як із 100 тонн нафтової сировини - усього 10 тонн свіжих масел і мастил. Сутність регенерації полягає в очищенні олій від механічних домішок і води, відгоні паливних фракцій, а також видаленні органічних кислот, смол та інших продуктів окислювання, доведення складу регенованого масла до необхідних норм. Масла регенерують у різноманітних апаратах і установках, дія яких заснована, як правило, на використанні сполучення різноманітних методів (фізичних, фізико-хімічних і хімічних).

З фізико-хімічних методів для регенерації широко застосовуються: *коагуляція* - укрупнення частинок забруднень, які знаходяться у маслі в колоїдному або мілкодисперсному стані, за допомогою спеціальних речовин-коагулянтів (в основному, це електроліти неорганічного й органічного походження). *Адсорбційне* очищення полягає, у використанні здібності речовин бути адсорбентами, утримувати продукти, які забруднюють масло, на зовнішній поверхні гранул і на внутрішній поверхні пронизуючих гранули капілярів. В якості адсорбентів застосовують, як речовини природного походження (вибілюючі глини, боксити, природні цеоліти), так і отримані штучним шляхом (силікагель, окис алюмінію та ін.). *Селективне* очищення масел засноване на виборчому розчиненні окремих речовин, що забруднюють масло: кисневих, сірчистих, азотних з'єднань. В якості селективних розчинників застосовують фурфурол, нітробензол, різноманітні спирти, ацетон та інші рідини.

Хімічні методи засновані на взаємодії речовин, які забруднюють масла із реагентами.

При регенерації дотримуються, зазвичай, такої послідовності:

- механічне видалення вільної води і твердих забруднень;
- випарювання або вакуумна перегонка;
- застосування фізико-хімічних методів (коагуляція, адсорбція).

Аналіз показує, що якість очищеного масла нижче, у порівнянні з якістю свіжого тієї ж марки. Тому, доцільно очищене масло використовувати у суміші зі свіжим. При цьому, у свіже доцільно додавати до 25...30% очищеного. При додаванні присадок і доведенні якості регенованого масла до рівня свіжого, його можна використовувати у двигунах.

Якщо з результатів аналізу видно, що масло після очищення не може бути використане у двигунах внутрішнього згорання, воно може використовуватися на інші цілі, наприклад, у гідро трансмісії тракторів і сільськогосподарських машин, у редукторах верстатів і т.д.

Техніка безпеки та охорона навколишнього середовища при роботі з паливно-мастильними матеріалами

Автомобільні бензини являють собою суміші органічних сполук. У табл. 2 приведені гранично-припустимі концентрації окремих компонентів і добавок до бензинів.

Таблиця 2

Гранично припустимі концентрації у повітрі робочої зони окремих компонентів бензинів і присадок відповідно ГОСТ 12.1005-88

Найменування речовини	Величина гранично-припустимої концентрації, мг/м ³	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Гексан	300	IV	
Бензол	15/5	II	К
Толуол	50	III	
Етилбензол	50	III	
Циклогексан	80	IV	
Спирт метиловий	5	III	
Спирт етиловий	1000	IV	
Спирт ізоаміловий	5	III	
Метил-трет-бутиловий ефір	100	IV	
Тетраетилсвинець (ТЕС)	0,005	I	О
Циклопентадієніл-три-карбоніл марганцю	0,1	I	О

Примітки. У чисельнику – максимально-разова, у знаменнику – середньодобова концентрація. К – канцерогени; О – речовини з гостро-направленим механізмом дії.

ГОСТ 12.1. 005-88 встановлює гранично-припустиму концентрацію для парів бензину - не вище 100 мг/м³ і відносить їх до IV класу небезпеки. Однак, у зв'язку з підвищенням глибини переробки нафти, розширенням сировинної бази для виготовлення бензинів, розширенням числа добавок і присадок, токсичність бензинів істотно підвищується.

Автомобільні бензини мають слабо виражену акумулятивну дію, викликають помірне роздратування шкіри і її сухість, слабку шкіряно-резорбтивну й інгаляційну дію, мають слабо-виражену алергічну і дратівну дію на слизові оболонки. Постійний контакт із бензином може викликати гострі запалення і хронічні екземи. При попаданні бензину на відкриті ділянки тіла, необхідно його видалити і рясно промити шкіру теплою мильною водою, при попаданні на слизову оболонку очей, рясно промити очі теплою водою. Всі працюючі з автомобільними бензинами, повинні проходити періодичні медичні огляди у встановленому порядку.

Приміщення для робіт з бензинами повинні бути обладнані загально-обмінною вентиляцією, місця інтенсивного виділення парів бензинів повинні бути обладнані місцевими відсмоктувачами. При роботі з бензином застосовують індивідуальні засоби захисту, відповідно ГОСТ 12.4.011 і типовим галузевим нормам, затвердженим у встановленому порядку. Роботу в зоні з високою концентрацією парів бензину, необхідно проводити із застосуванням засобів захисту органів дихання: короткочасне - фільтруючі протигази марки А, довгочасно - шлангові протигази. При роботі з бензином необхідно дотримуватись правил особистої гігієни.

Автомобільний бензин представляє собою, відповідно ГОСТ 12.1.044, легкозаймисту рідину. Вибухонебезпечна концентрація парів бензину у суміші з повітрям складає 1...6%.

Дизельні палива є малотоксичними паливними рідинами і за ступенем впливу на організм людини, відповідно ГОСТ 12.1. 007, належать до 4 класу небезпеки. Контакт із дизельним паливом не веде до поразки центральної нервової системи, серцево-судинної системи, кровотворних органів, порушенню обмінних процесів. Дизельне паливо не має здатності до кумуляції, проникнення через неушкоджену шкіру, не викликає підвищеної чутливості організму, посиленого росту тканин. Однак, паливо подразнює слизову оболонку і шкіру людини. При попаданні палива на відкриті ділянки тіла, необхідно його

видалити і рясно промити шкіру теплою мильною водою. При попаданні на слизову оболонку очей треба рясно промити їх водою.

Гранично припустима концентрація парів дизельного палива у повітрі виробничого приміщення складає 300 мг/м³, відповідно ГОСТ 12.1. 005-76.

Зберігатися паливо повинно у герметичній тарі. Приміщення для робіт з дизельними паливами повинні бути обладнані загально-обмінною проточно-витяжною вентиляцією. Вміст палива у питній воді неприпустимий і визначається візуально, наявністю масляної плівки на поверхні води. Необхідними запобіжними заходами при роботі з дизельним паливом є застосування індивідуальних засобів захисту відповідно до галузевих норм.

Вибухонебезпечна концентрація пар дизельних палив у суміші з повітрям складає 2...3% (по обсягу).

У приміщеннях для зберігання і використання бензинів або дизельних палив забороняються дії з відкритим вогнем. Електроустаткування, електричні мережі і штучне освітлення повинні бути вибухобезпечного виконання. При роботі з бензинами і дизельними паливами не допускається використовувати інструменти, що спричиняють при ударі іскру. При загорянні бензину або дизельного палива застосовують наступні засоби пожежегасіння: при об'ємному гасінні - вуглекислий газ, склад СЖБ, склад "3,5".

Ємності і трубопроводи, призначені для зберігання і транспортування бензину або дизельного палива, повинні, бути захищені від статичної електрики (ГОСТ 12.1.018). При розливі бензину або дизельного палива їх необхідно зібрати в окрему тару. При розливі на відкритому твердому майданчику, місце розливу засипати піском з наступним його видаленням і знешкодженням.

Контакт із допущеними до застосування **моторними і трансмісійними маслами**, звичайно, не веде до поразки центральної нервової системи, серцево-судинної системи, кровотворних органів, шкіряних областей, слизових оболонок очей, верхніх дихальних шляхів і порушення обмінних процесів. Одноразова і багаторазова дія на неушкоджену шкіру може викликати ознаки короткострокових шкіряно-резорбтивних і місцево-подразнюючих дій. Масла можуть викликати слабку подразнюючу дію на слизові оболонки очей. Контакт з маслами не повинний супроводжуватися проявами алергії і дерматиту.

У стандартних умовах виробництва і зберігання масла не повинні гідролізуватися, полімеризуватися та окислятися, не мати летючості, здатності до утворення токсичних з'єднань у присутності інших речовин і факторів.

При роботі з моторними і трансмісійними маслами необхідно дотримувати правил особистої гігієни. У випадку попадання масел:

- *на шкіру* - необхідно видалити продукт ганчіркою, забруднене місце промити великою кількістю мильного розчину і змити великою кількістю води;
- *у шлунок* - викликати блювоту, промити шлунок, прийняти проносне;
- *на слизові оболонки очей* – промити водою.

При розливі масла у приміщеннях, необхідно зібрати його в окрему тару, місце розливу протерти сухою ганчіркою, яку необхідно помістити у спеціальну металеву шухляду, а потім спалити. При розливі на відкритому майданчику, місце розливу засипати піском з наступним вивозом його у відвал.

При роботі з маслами необхідно застосовувати індивідуальні засоби захисту, передбачені типовими галузевими нормами.

При відкритті тари не дозволяється використовувати інструменти, які дають при ударі іскру. Штучне освітлення повинне бути у вибухобезпечному виконанні.

У випадку загоряння масел застосовуються наступні засоби пожежегасіння: піна, вогнегасні порошки П-2АП, П-2АПМ і ПСБ-3; при об'ємному гасінні - вуглекислий газ, склад СЖБ, склад "3,5".

Для запобігання забруднення повітря робочих приміщень, необхідно забезпечити

герметичність ємностей.

Багато робіт, які пов'язані з транспортуванням, зберіганням і застосуванням нафтопродуктів, небезпечні через можливість отруєнь, вибухів і пожеж. До найбільш небезпечних відносяться роботи з зачищенням і ремонтом резервуарів. Тому, всі роботи всередині однієї ємності виконують бригадою не менше трьох чоловік. При роботі один робітник знаходиться всередині резервуара, а зовні є ще дві людини: один стежить за подачею чистого повітря, інший тримає зв'язок із працюючим за допомогою встановленої сигналізації, а у випадку необхідності надає допомогу.

Технологічний персонал, який працює з нафтопродуктами, повинен проходити регулярні медичні огляди у відповідності до вимог Міністерства охорони здоров'я України.

Список використаної літератури

1. Бойченко С.В. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости и присадки: Конспект лекций. – К.: КМУГА, 1999. – 104 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. -М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
3. Гуреев А.А. Фукс И.Г., Лахши В.Л.. Химмотология: Учебник. - М.: Химия, 1986.- 368с.
4. Гуреев А.А., Серегин Е.П., Азев В.С. Квалификационные методы испытаний нефтяных топлив. - М.: Химия, 1984.-200 с.
5. Итинская Н.И., Кузнецов Н.А. Автотракторные эксплуатационные материалы. – М.: Агропроиздат, 1987. – 271 с.
6. Итинская Н.И., Кузнецов Н.А. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям. – М.: Колос, 1982. – 208 с.
7. Караулов А.К., Худолий Н.Н. Автомобильные топлива. Бензины и дизельные. Ассортимент и применение: Справочник. - К.: Журнал «Радуга», 1999. – 214 с.
8. Караулов А.К., Худолий Н.Н. Автомобильные масла. Моторные и трансмиссионные. Ассортимент и применение: Справочник. - К.: Журнал «Радуга», 2000.-436с.
9. Караулов А.К., Худолий Н.Н. Автомобильные масла. Моторные и трансмиссионные. Ассортимент и применение: Справочник. - К.: Журнал «Радуга», 2000. – 436 с.
10. Козаченко О.П., Сичов І.П. Практикум з технічної експлуатації сільськогосподарської техніки: Монографія. – Харків: ХДТУСГ: Торнадо, 2001. – 374 с.
11. Кузнецов А.В., Кульчев М.А. Практикум по топливу и смазочным материалам. – М.: Агропроиздат, 1987. – 224 с.
12. Лышко Г.П. Топливо и смазочные материалы. - М.: Агропроиздат, 1985. - 336 с.
13. Масла. Смазочный материал и технические жидкости// Машиностроение: Энциклопедия. IV-15. Колесные и гусеничные машины. - М., 1997.- С.640-671.
14. Масла и присадки для тракторных и комбайновых двигателей: Справочник/С.Г. Арабян, А.Б. Виппер, И.А. Холомонов. – М.: Машиностроение, 1984. – 208 с.
15. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
16. Никифоров А.Н. Научные основы использования топлива и смазочных материалов в сельском хозяйстве. – М., 1987. – 247 с.
17. Обельницкий А.М. Топливо и смазочные материалы.– М.: Высш. шк., 1982. – 208 с.
18. Окоча А.І., Білоконь Я.Ю. Автотракторні витратні матеріали: Довідник. – К.: ФАДА, АТД, 2002. – 102 с.
19. Окоча А.І., Антипенко А.М. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали. – К.: Урожай, - 1996.
20. Теоретические основы химмотологии /Под ред. А.А.Браткова.- М.: Химия, 1985.- 320с.
21. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочное издание/ Под ред. В.М. Школьников. - М.: Химия, 1989.- 432 с.

22. Топлива // Машиностроение: Энциклопедия. IV-15. Колесные и гусеничные машины. - М.,1997.- С.631-640.