



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ЛОКОМОТИВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Навчальний посібник

Частина 2

ОЛИВИ ТА МАСТИЛА

Харків – 2022

УДК 629.41:(075.8)
Л 732

*Рекомендовано вченою радою Українського державного університету
залізничного транспорту як навчальний посібник
(витяг з протоколу № 4 від 08.08.2022 р.)*

Рецензенти:

професори В. Г. Маслієв (НТУ «ХП»),
О. С. Полянський (ХНАДУ)

Авторський колектив:

Д. С. Жалкін, С. Г. Жалкін, В. Г. Пузир, О. О. Анацький

Локомотивні експлуатаційні матеріали: Навч. посібник. Ч. 2.
Л 732 Оливи та мастила / Д. С. Жалкін, С. Г. Жалкін, В. Г. Пузир,
О. О. Анацький. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 135 с., рис. 18, табл. 17.

ISBN

Розглянуто класифікацію та способи отримання мастильних матеріалів, основні фізико-хімічні властивості мінеральних і синтетичних моторних олив і мастил (у тому числі закордонних), основні положення теорії змащування поверхонь деталей, що труться. Окремо розглянуто засоби покращення властивостей моторних олив і характеристики присадок, основні причини старіння та погіршення якості оливи тепловозних дизелів і наведено методи поновлення властивостей відпрацьованої оливи, у тому числі в умовах локомотивного депо, методи контролю якості олив та мастил в експлуатації. Надано правила поводження з паливо-мастильними матеріалами, складено списки питань з підготовки до модульного контролю та літератури.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти спеціальності 273 «Залізничний транспорт», ОПП «Локомотиви та локомотивне господарство» (перший освітній рівень «бакалавр»), які вивчають курс «Локомотивні експлуатаційні матеріали» або «Експлуатаційні матеріали рухомого складу».

Навчальний посібник також буде корисним для здобувачів вищої освіти інших навчальних закладів, студентів коледжів, технікумів, учнів професійно-технічних училищ, слухачів курсів підвищення кваліфікації, а також фахівців, спеціальність яких пов'язана з експлуатацією і технічним обслуговуванням локомотивів.

УДК 629.41: (075.8)

© Жалкін Д. С., Жалкін С. Г., Пузир В. Г.,
Анацький О. О. 2022.

© Український державний університет
залізничного транспорту, 2022.

ISBN

ЗМІСТ

Вступ	4
РОЗДІЛ 1	6
1.1. Класифікація і способи отримання мастильних матеріалів	6
1.1.1. Класифікація мастильних матеріалів	6
1.1.2. Склад і видобування олив	7
1.1.3. Технологія очищення базових олив	10
1.1.4. Основні вимоги до якості олив	13
1.2. Основи теорії тертя, зношування та змащування	14
1.3. Основні фізико-хімічні властивості мінеральних олив	23
1.4. Покращення властивостей моторних олив	32
1.5. Номенклатура олив локомотивного господарства	38
1.6. Особливості синтетичних і напівсинтетичних моторних олив	48
1.7. Класифікація закордонних моторних олив	51
1.8. Методи контролю якості моторної оливи в експлуатації	53
1.9. Причини старіння і термін служби олив тепловозних дизелів	62
1.10. Основні причини погіршення якості оливи тепловозних дизелів	64
1.11. Поновлення властивостей відпрацьованої оливи	70
1.11.1. Методи очищення моторних олив	73
РОЗДІЛ 2	80
2.1. Склад і класифікація мастил	80
2.1.1. Призначення і склад пластичних мастил	80
2.1.2. Закордонні стандарти на пластичні мастила	97
2.2. Основні експлуатаційні властивості мастил	100
2.3. Застосування мастил на локомотивах і МВРС	108
2.4. Правила поводження з паливно-мастильними матеріалами	113
Запитання для підготовки до модульного контролю	123
Бібліографічний список	1277
Додаток 1. Установки для регенерації дизельної оливи в умовах депо	130

ВСТУП

Мастильні матеріали поділяються за походженням на рослинні, тваринні і мінеральні. Рослинні мастильні матеріали отримують при переробці насіння рослин (касторова, бавовняна, суріпна та інші оливи), тваринні – при переробці туш тварин (бараняче і яловиче сало, технічний рибацький жир, кісткова і спермацетова оливи). Частка рослинних і тваринних мастильних матеріалів з розвитком хімії різко скорочується і вони замінюються синтетичними і мінеральними.

Основним видом сировини для отримання мінеральних мастильних матеріалів є нафта, кам'яне вугілля, торф, сланці. Із мастильних матеріалів мінерального походження найбільш поширені нафтові оливи (осьові, циліндрові, моторні та ін.).

Мастильні матеріали бувають рідкими, пластичними (консистентними) і твердими. Рідкими мастильними матеріалами, або оливами, називаються ті з них, які при звичайній температурі знаходяться в рідкому стані.

Пластичними (консистентними) мастильними матеріалами, або мастилами, називаються такі, які за вказаної умови зберігаються в напіврідкому або твердому стані. При нагріванні матеріали цієї категорії плавляться і переходять у рідкий стан. Солідоли, консталіни, вазеліни – приклади таких мастил, крім того, пластичні мастильні матеріали захищають металеві частини локомотивів від корозії при транспортуванні і тривалому зберіганні.

Тверді мастильні матеріали не змінюють свого стану при зміні температури навколишнього середовища. До таких матеріалів відносять графіт, тальк, слюду та ін.

Основне призначення мастильних матеріалів – зменшення зносу і зниження втрат на роботу при терті деталей у різних машинах і механізмах і тому вони є такими ж конструктивними елементами, як метали і матеріали, з яких виготовляють машини. Чим краще підібраний мастильний матеріал для кожного конкретного типу двигуна або деталей машин і механізмів, що труться, тим менше їхній знос, краща надійність у роботі, тобто більший термін їхньої служби. Крім того, олива охолоджує нагріті деталі, захищає їх від корозії, перешкоджає прориву

робочої суміші, що стискається, і продуктів згорання з циліндра в картер двигуна тощо.

У першому розділі другої частини посібника основну увагу приділено класифікації, складу і видобуванню олив, основним фізико-хімічним властивостям і покращення їхньої якості, раціональному та економічному використанню. Для кращого розуміння ролі мастильних матеріалів (у тому числі моторних і пластичних) наведено основи теорії тертя, зношування та змащення, надано номенклатуру олив локомотивного господарства. Окремо розглянуто основні причини старіння та погіршення якості олив тепловозних дизелів, методи контролю якості в експлуатації, терміни служби й показники бракувань їхньої якості, поновлення властивостей відпрацьованої оливи та установки для регенерації дизельної оливи в умовах локомотивного депо. Приділено увагу перспективним видам олив моторних – синтетичних і напівсинтетичних. Наведено класифікацію закордонних моторних олив і відповідність їх вітчизняним.

У другому розділі посібника наведено класифікацію, маркування та склад, сферу застосування мастил, їхні переваги та недоліки. Розглянуто експлуатаційні властивості мастил, застосування їх на локомотивах і МВРС, у локомотивному господарстві, а чисельність використаних мастил для ТРС складає більше 25, у тому числі вузькоспеціалізованих, так званих залізничних мастил.

Окремий підрозділ присвячено правилам поведження з паливно-мастильними матеріалами, охороні праці та пожежній безпеці при експлуатації паливно-складського господарства, контролю якості при зберіганні мастильних матеріалів. Стисло наведено правила взаємозамінності та змішування олив та мастил, які використовуються на рухомому складі залізниць.

Наприкінці другої частини навчального посібника за дисциплінами «Локомотивні експлуатаційні матеріали» та «Експлуатаційні матеріали рухомого складу» наведено списки запитань для підготовки до модульного контролю та літератури.

РОЗДІЛ 1

1.1. Класифікація і способи отримання мастильних матеріалів

1.1.1. Класифікація мастильних матеріалів

Мастильні матеріали поділяються за походженням на рослинні, тваринні і мінеральні. Рослинні мастильні матеріали отримують при переробці насіння рослин (касторова, бавовняна, суріпна та інші оливи), тваринні - при переробці туш тварин (бараняче і яловиче сало, технічний риб'ячий жир, кісткова і спермацетова оливи). Частка рослинних і тваринних мастильних матеріалів з розвитком хімії різко скорочується і вони замінюються синтетичними і мінеральними.

Основним видом сировини для отримання мінеральних мастильних матеріалів є нафта, кам'яне вугілля, торф, сланці. Із мастильних матеріалів мінерального походження найбільш поширені нафтові оливи (осьові, циліндрові, моторні та ін.).

Мастильні матеріали бувають рідкими, пластичними (консистентними) і твердими. Рідкими мастильними матеріалами, або оливами, називаються ті з них, які при звичайній температурі знаходяться в рідкому стані [7, 17, 21].

Пластичними (консистентними) мастильними матеріалами, або мастилами, називаються такі, які за вказаної умови зберігаються в напіврідкому або твердому стані. При нагріванні матеріали цієї категорії плавляться і переходять у рідкий стан. Солідоли, консталіни, вазеліни – приклади таких мастил, крім того, пластичні мастильні матеріали захищають металеві частини локомотивів від корозії при транспортуванні і тривалому зберіганні [19, 34].

Тверді мастильні матеріали не змінюють свого стану при зміні температури навколишнього середовища. До таких матеріалів відносять графіт, тальк, слюду та ін.

Мінеральні мастильні оливи класифікуються так: за способом отримання – дистилятні, залишкові і змішані; способом очищення – оливи кислото-лужного, кислото-контактного лужного і селективного очищення; призначенням – індустріальні,

авіаційні, автотракторні, дизельні, трансмісійні, оливи для парових поршневих машин, осьові, турбінні, компресорні, оливи спеціального призначення.

Основне призначення мастильних матеріалів – зменшення зносу і зниження втрат на роботу при терті деталей у різних машинах і механізмах, тому вони є такими ж конструктивними елементами, як метали і матеріали, з яких виготовляють машини. Чим краще підібраний мастильний матеріал для кожного конкретного типу двигуна або деталей машин і механізмів, що труться, тим менше їхній знос, краща надійність у роботі, тобто більший термін їхньої служби. Крім того, олива охолоджує нагріті деталі, захищає їх від корозії, перешкоджає прориву робочої суміші, що стискається, і продуктів згорання з циліндра в картер двигуна та ін.

На залізничному транспорті переважно застосовуються моторні оливи (для дизелів тепловозів і дизель-поїздів, рейкових автобусів тощо).

1.1.2. Склад і видобування олив

Основу моторних олив становлять мінеральні оливи, які видобувають з мазуту. Як відомо, мазут – це залишок після прямої перегонки нафти, що складається з важких фракцій. Тому видобуті з мазуту оливи, а також паливо для двигунів в основному складаються з вуглеводнів, які мають велику молекулярну масу. У мінеральних оливах, які видобувають із мазуту, крім вуглеводнів обов'язково наявні нафтові кислоти, сірчисті сполуки й смолисто-асфальтенові речовини.

За способом видобування оливи поділяються на дистилятні та залишкові.

Дистилятні оливи видобувають вакуумною перегонкою мазуту з продуванням водяною парою, при цьому виділяється не менш ніж три оливні дистиляти, що містять вуглеводні з температурою кипіння 300..500 °С [27, 34] (рис. 1.1).

Ці дистиляти ще не готові до використання як оливи, оскільки містять надмірну кількість нафтових кислот, смол, сірчистих сполук, інших шкідливих домішок. Тому всі без винятку оливні дистиляти підлягають очищенню.

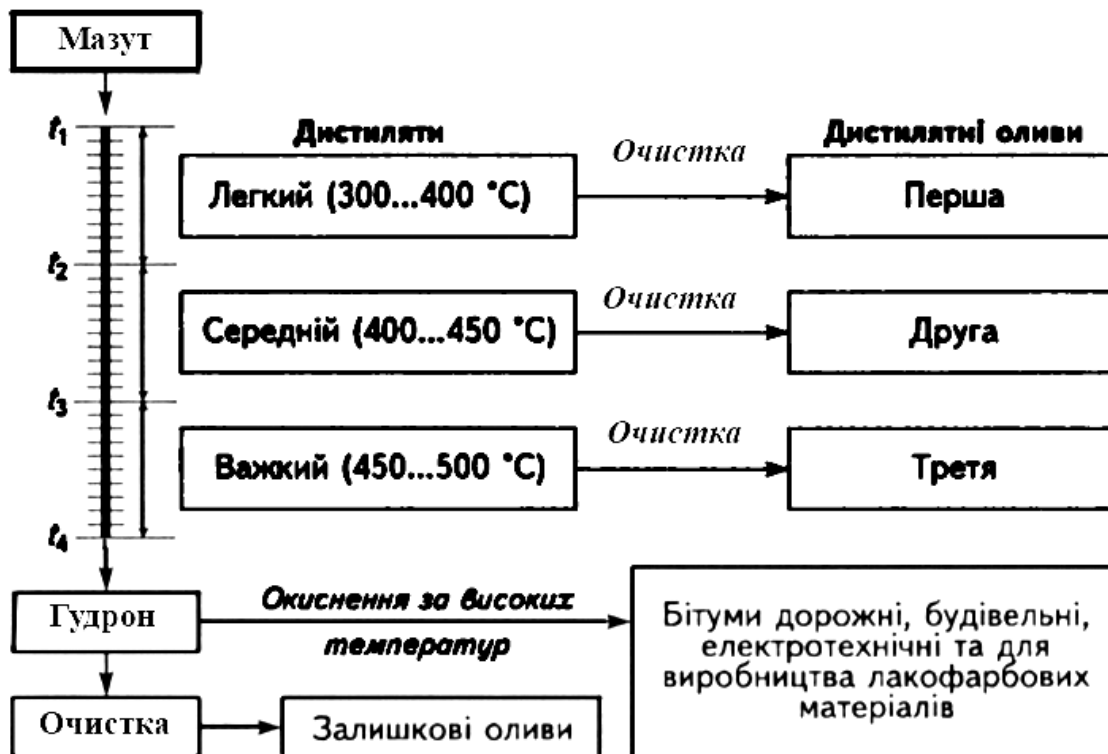


Рис. 1.1. Принципова схема видобування олив

Залишком мазуту після одержання дистилятних олив є гудрон.

Залишкові оливи – це очищені гудрони. Вони порівняно з дистилятними містять більше смолисто-асфальтенових речовин і високоплавких вуглеводнів, тому їхнє очищення здійснюється ретельніше різними способами.

Дистилятні оливи характеризуються високими в'язкісно-температурними властивостями й високою термоокиснювальною стабільністю, але малою маслянистістю (міцністю оливної плівки).

Залишкові оливи, навпаки, мають високі маслянистість і несучу спроможність, але низькі низькотемпературні властивості.

Для одержання товарних олив видобуті оливні фракції очищають: з них видаляють продукти окиснювальної полімеризації, органічні кислоти, нестабільні вуглеводні, сірку та інші небажані речовини.

Вакуумна перегінна установка для видобування з мазуту мастильних олив (рис. 1.2) складається з трубчастої печі 8, у якій нагрівають мазут; випарника, де відбувається процес

випаровування мазуту, і колони ректифікації 7 для розділення частини мазуту, що випарувалася, на окремі фракції (оливні дистиляти різної в'язкості і оливний гудрон або напівгудрон). Крім того, установка має систему теплообмінних і холодильних апаратів і насосне господарство.

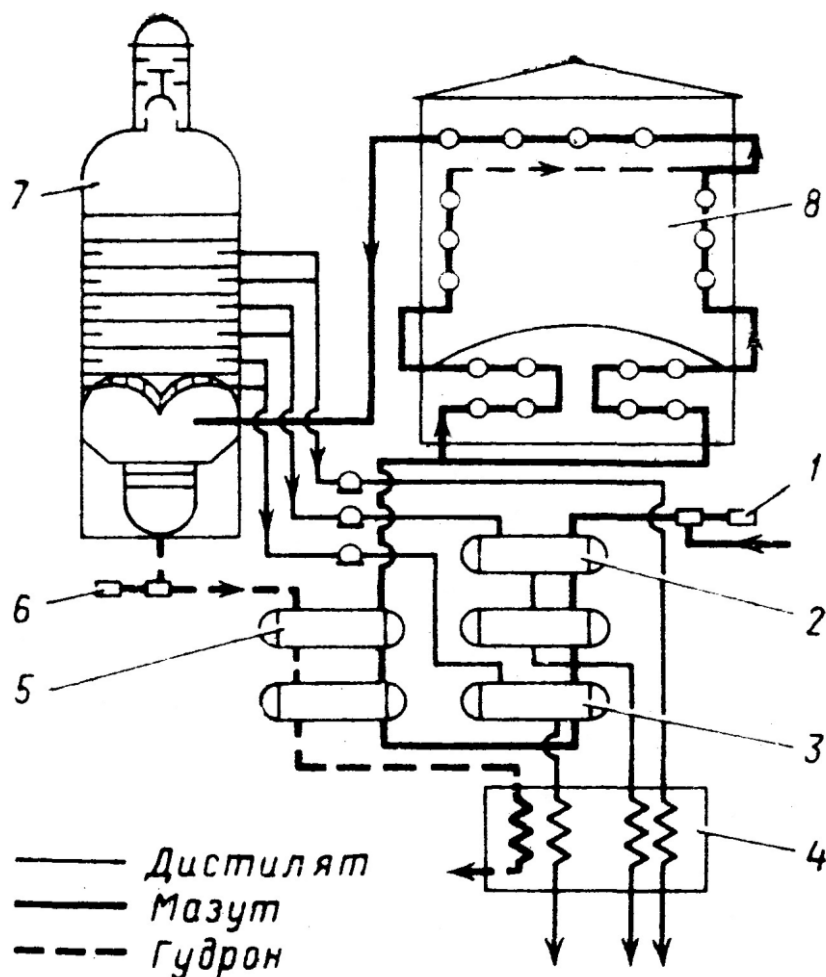


Рис. 1.2. Схема вакуумної перегінної установки:
 1 – сировинний насос; 2 і 3 – дистилятні теплообмінники;
 4 – холодильник; 5 – гудронний теплообмінник; 6 – гарячий насос; 7 – колона ректифікації, 8 – трубчаста піч

У результаті перегонки мазуту виходять напівпродукти для виготовлення веретенної, машинної і циліндрової олив. Для видобування олив товарних сортів потрібні очищення і додаткова обробка. Основний ланцюг очистки – видалення смолисто-асфальтенових речовин, нафтенкових кислот, сірчистих сполук тощо.

1.1.3. Технологія очищення базових олив

Важливо при виборі олив знати способи очищення, оскільки технологія останнього має великий вплив. Основними способами очищення є кислотно-лужний, кислотно-контактний, очищення оливи селективними речовинами, гідрогенізація, фільтрування [3, 27, 34].

Кислотно-лужне і кислотно-контактне очищення. При кислотно-лужному очищенні головним реагентом є сірчана кислота (до 6%), яку додають до дистильованих олив, а до залишкових – до 10% цієї кислоти.

Схему очищення олив сірчаною кислотою подано на рис. 1.3.

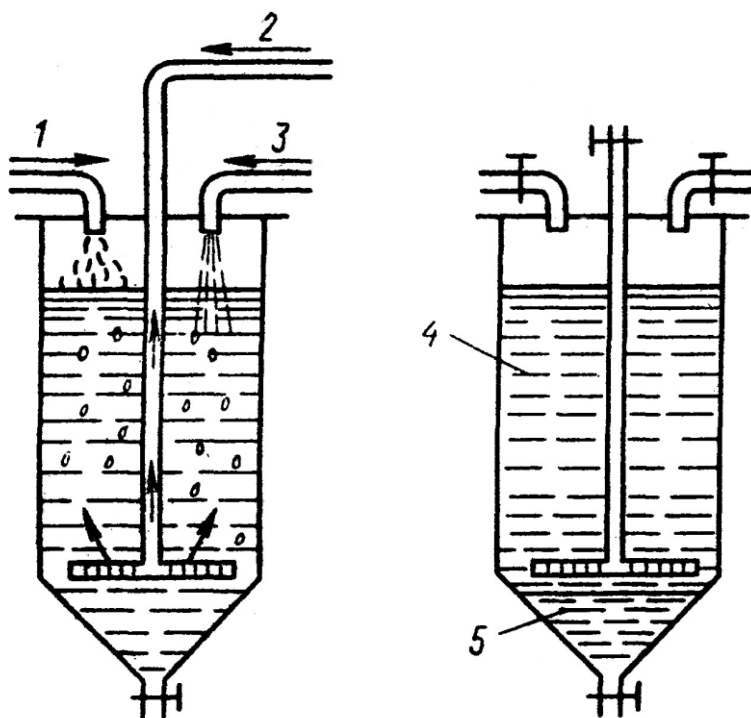


Рис. 1.3. Схема очищення олив сірчаною кислотою:
1 – сірчана кислота; 2 – повітря для перемішування;
3 – неочищені оливи; 4 – очищені оливи; 5 – кислий гудрон

Суть сірчано-кислотного способу очищення полягає в такому. У спеціальному апараті оливний напівпродукт перемішують з міцною сірчаною кислотою. Кислота, взаємодіючи з деякими домішками напівпродукту, утворює

кислий гудрон, який після відстою видаляють. Звільнена від кислого гудрону олива надходить на лужне очищення для нейтралізації залишків сірчаної кислоти і видалення нафтових кислот, що раніше містилися в оливах або утворилися в процесі сірчано-кислотного очищення сульфокислот. При цьому луг утворює з кислотами солі, які в переважній своїй масі переходять у лужний розчин. Солі, що залишилися, вимивають з оливи водою. Після цього олива для видалення залишків води підсушується.

Оливи, очищені кислотою і лугом, називають оливами сірчано-кислотного очищення. При такому очищенні дистилятів отримують необхідні товарні сорти олив.

Сірчана кислота руйнує смолисто-асфальтенові та ненасичені сполуки, які разом із непрореагованою кислотою випадають в осад, утворюючи кислий гудрон. При цьому найважливішими для олив є n-парафінові вуглеводні. Після видалення кислого гудрону оливи промивають водяним лужним розчином, що нейтралізує залишки сірчаної кислоти та кислого гудрону.

Закінчується очищення промиванням оливи водою і просушуванням перегрітою парою або гарячим повітрям. При такому способі очищення олив можуть утворюватися стійкі водооливні емульсії, тому обробку лугами заміняють контактним фільтруванням із використанням вибілюючих глин, які мають велику адсорбційну здатність полярно-активних речовин (продукти, що взаємодіють із сірчаною кислотою). Цей спосіб отримав назву кислотно-контактного очищення й заснований на поглинанні поверхнею частинок вибілюючої глини домішок, що видаляються з оливи. Схему очищення олив вибілюючою глиною подано на рис. 1.4. Контактний спосіб застосовують найчастіше для остаточного очищення олив після обробки їх сірчаною кислотою. Кислотно-контактним способом очищують як дистилятні оливи, наприклад автоли, турбінні, трансформаторні, так і залишкові (авіаційні оливи).

Його суттєвими недоліками є:

- висока вартість і дефіцит сірчаної кислоти;
- утворення кислого гудрону, дуже токсичного і шкідливого для навколишнього середовища.

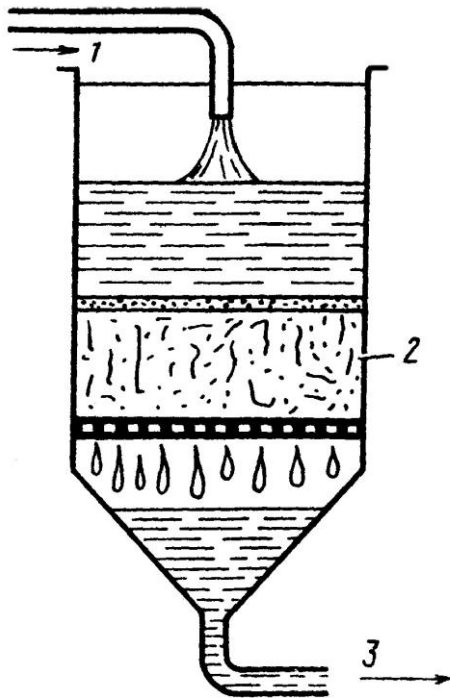


Рис. 1.4. Схема очищення олив вибілюючою глиною:
1 – неочищена олива; 2 – вибілююча глина; 3 – очищена олива

Очищення олив селективними речовинами. Це сучасний та ефективний спосіб очищення олив. Його особливістю є можливість у процесі очищення олив багаторазово використовувати селективні розчинники.

Принцип селективного очищення полягає в такому. Добирають розчинник (наприклад фенол, фурцулол), який при певних температурах і кількісному співвідношенні з очищеною оливою вибірково (селективно) розчиняє всі шкідливі домішки і погано або зовсім не розчинює оливу. При цьому одержана рідина розділяється на два шари: оливу та шар розчинника зі шкідливими домішками. Відтак шари розділяють, очищену оливу доочищують вибілюючими глинами, а екстракт розчинника зі шкідливими домішками регенерують, після чого використовують повторно.

Очищення олив гідрогенізацією. Цей спосіб є найдосконалішим. Процес очищення подібний до гідроочищення

палива. Проводять його під тиском до 2 МПа за наявності водню при температурі 380...400 °С.

Для поліпшення низькотемпературних властивостей зимових і північних олив їх піддають деасфальтації та депарафінізації.

Деасфальтацію виконують за допомогою рідкого пропану, який під тиском 2...4 МПа змішується у спеціальних колонках з очищеною оливою у співвідношенні 10:1. Очищена олива потрапляє в середню частину колонки, а пропан – у нижню. Розчин очищеної від асфальтену оливи з верхньої частини колонки зливають, після чого очищують від розчинника.

Депарафінізацію виконують вилученням з оливи парафіну і церезину за допомогою глибокого охолодження (виморожування). Перед охолодженням до оливи додають розчинники. Спочатку суміш нагрівають на 15...20 °С вище за температуру цілковитого розчинення парафіну та церезину, після чого її охолоджують і фільтрують або центрифугують. Цей спосіб енергоємний і дорогий, тому депарафінізації піддають тільки північні оливи. В умовах України в депарафінізації олив нема потреби.

Спосіб очищення олив, що ґрунтується на їх фільтрації крізь спеціальні мембрани, запропонований порівняно недавно і зводиться до фільтрації олив на молекулярному рівні, тобто фільтр пропускає молекулу вуглецю та затримує молекулу продуктів окисної полімеризації. Очищені продукти за потреби змішують для одержання необхідних властивостей, насамперед густини.

1.1.4. Основні вимоги до якості олив

Умови роботи олив у двигунах внутрішнього згорання з часом погіршуються. Форсування навантажувальних і швидкісних режимів двигунів, а також зменшення місткості системи мащення призводять до підвищення температури деталей і, як наслідок, інтенсифікації процесів окиснення олив. Високі температури та граничний тиск у вузлах тертя, впливи агресивних середовищ, парів води, відпрацьованих газів і постійний контакт розпилених частинок із киснем повітря – все це знижує показники якості олив. Крім основного призначення -

зменшення тертя і зношування тертьових деталей, моторні оливи мають задовольняти такі експлуатаційні вимоги [3, 34]:

- безперебійне надходження оливи до всіх тертьових деталей;
- ущільнення зазорів у спряжених деталях двигунів, насамперед у спряженні циліндр-поршень;
- надійне охолодження тертьових деталей і відведення теплоти від вузлів тертя;
- видалення продуктів зношування з зони тертя й захист цієї зони від потрапляння в неї шкідливих домішок із зовнішнього середовища;
- надійний захист робочих поверхонь деталей двигуна від корозії продуктів окиснення оливи та згорання палива;
- запобігання утворенню високо- і низькотемпературних відкладень (нагарів, лаків, золи, шлаків) на деталях двигуна;
- високу стабільність у разі окиснення, механічного впливу й обводнення, тобто збереження експлуатаційних властивостей за різних умов застосування й тривалого зберігання;
- мінімальні витрати оливи під час роботи двигуна;
- великий термін роботи до заміни оливи і збільшення ресурсу двигуна;
- мінімальну токсичність під час зберігання та експлуатації.

Як бачимо, зазначені вимоги є дуже різними і потребують створення надійних та ефективних олив.

Насамперед необхідно, щоб олива зберігала працездатність у широкому діапазоні температур, навантажень і швидкостей руху тертьових деталей, не змінювала своїх властивостей під час зберігання та перекачування, а також не була токсичною й забезпечувала надійну та економічну роботу двигуна.

1.2. Основи теорії тертя, зношування та змащування

Перш ніж перейти до основ теорій тертя і зношування, розглянемо ряд основних термінів і визначень.

Зношування – процес руйнування і віддалення матеріалу з поверхні твердого тіла, що проявляється в поступовій зміні розмірів і форми тіла.

Знос – результат зношування, визначуваний у встановлених одиницях довжини, об'єму, маси та ін.

Швидкість зношування – відношення значення зносу до інтервалу часу, впродовж якого він виник.

Інтенсивність зношування – відношення значення зносу до обумовленого шляху або об'єму виконаної роботи (безрозмірна величина).

Зносостійкість – властивість матеріалу чинити опір зношуванню, яке оцінюється величиною, оберненою швидкості або інтенсивності зношування.

Тертя спокою – тертя двох тіл при мікропереміщуваннях до переходу до відносного руху.

Тертя руху – тертя двох тіл, що знаходяться у відносному русі.

Тертя руху проявляється при безпосередньому контакті двох поверхонь, що труться, коли відсутні оливні шари. Такий режим тертя, за стандартною термінологією, визначається як тертя без мастила (граничне або сухе тертя).

Великий вклад у розроблення теорії тертя внесли відомі вчені: Ш. Кулон (сила тертя спокою завжди більше сили тертя руху), Леонардо да Вінчі (сила тертя прямо пропорційна навантаженню, а коефіцієнт тертя дорівнює 0,25), І. Ньютон (визначив залежність між опором внутрішнього тертя рідини і силою, необхідною для подолання цього опору), Рейнольдс та М. П. Петров розробили гідродинамічну теорію змащування.

Дослідження стосовно зменшення сили тертя, впливу мастильних матеріалів на зношування поверхонь тертя виконуються в багатьох країнах, у тому числі й в Україні. Серед робіт вітчизняних вчених великого значення в цьому напрямі науки набули роботи І. В. Крагельського, С. В. Венцеля, К. К. Папока та ін.

Розрізняють такі види зношування:

- *механічне* – у результаті механічних дій;
- *корозійно-механічне* – у результаті механічної дії, яка супроводжується механічною взаємодією матеріалу з середовищем, тобто зношування при терті матеріалу, що вступив у хімічну взаємодію з середовищем;

- абразивне – у результаті різальної або дряпальної взаємодії твердих тіл і твердих частинок;
- гідроерозійне – у результаті дії потоку рідини;
- гідроабразивне – абразивне зношування в результаті дії твердих тіл або твердих частинок, що захоплюються потоком рідини;
- втомне – механічне зношування в результаті втомного руйнування при повторній деформації;
- при заїданні – зношування в результаті схоплювання, глибинного виривання матеріалу, перенесення його на іншу поверхню;
- окиснювальне – корозійно-механічне зношування, при якому переважає хімічна реакція матеріалу з киснем або з окиснювальним доквіллям;
- при фретингу – механічне зношування при коливальному окиснювальному мікрозміщенні;
- фретинг-корозія – корозійно-механічне зношування при малих коливальних відносних переміщеннях.

У реальних умовах експлуатації рухомого складу залізниць у різних їхніх агрегатах і вузлах відзначається декілька видів зношування одночасно. Проте зазвичай один з видів переважає.

Процес корозійно-механічного зношування полягає у взаємодії металу поверхонь тертя деталей з компонентами корозійно-агресивних речовин – газоподібними і рідкими продуктами згорання палива, окиснення олив, а також з водою.

Застосування палива з підвищеним вмістом сірки збільшує інтенсивність корозійно-механічного зношування деталей паливної апаратури двигунів, поршневих кілець і циліндрів. Створення в оливі і робочих рідинах у процесі експлуатації агресивних кислот призводить до збільшення інтенсивності цього виду зношування буквально всіх змащуваних деталей двигуна, гідропривода, трансмісії тощо.

Оскільки локомотиви, як правило, працюють в умовах високої запиленості доквілля, для їхніх вузлів переважає абразивне зношування твердими частинками домішок неорганічного походження.

Абразивні частинки мають, як правило, завжди високу твердість. Наприклад, твердість діоксиду кремнію SiO_2 складає

10780...11700 МПа, оксиду алюмінію – 20000...22900 МПа. Твердість абразивних частинок зношування – 8000...14000 МПа. Твердість частинок кварцу, що входить, як і діоксид кремнію, до складу піску, складає 7 од. за шкалою Мооса, оксид алюмінію – 9 од. (твердість алмазу за цією ж шкалою дорівнює 10 од.). Усе це значно перевищує твердість поверхонь більшості деталей локомотивів, що труться.

Відкритий ще один вид зношування – водневе, інтенсивність якого залежить від концентрації водню в поверхневих шарах деталей, що труться. Водень виділяється з матеріалу пари тертя або з доквілля (мастильної оливи, палива тощо) і прискорює зношування. Область прояву водневого зношування дуже велика. За поширенням воно може бути порівняне з абразивним зношуванням. Проте процеси, що відбуваються при водневому зношуванні, ще до кінця не вивчені. Дані їхніх досліджень знаходяться на стику таких галузей науки, як електрохімія, механохімія та ін.

Основні положення теорії змащування. Тертя виникає в місцях зіткнення поверхонь двох або декількох тіл незалежно від того, знаходяться вони в русі або спокої. Відповідно до цього розрізняють тертя руху і тертя спокою. Тертя, що виникло на поверхні тіл, називається зовнішнім. Тертя, що виникло всередині тіла під дією зовнішніх сил при опорі руху одного шару відносно іншого, називається внутрішнім. За сучасним уявленням, виникнення тертя пояснюється силами молекулярної взаємодії або силами механічного зачеплення нерівностей поверхонь тіл у місцях зіткнення, а також одночасно обома цими причинами. Зовнішнє тертя супроводжується виникненням і виділенням тепла, електризацією тіл, їх руйнуванням та іншими наслідками.

Залежно від характеру переміщення дотичних поверхонь розрізняють *тертя ковзання і тертя кочення* [4]. У першому випадку тертя виникає при ковзанні, у другому – при перекочуванні поверхні одного тіла по поверхні іншого. За рівних умов (навантаження, швидкість) тертя кочення приблизно в 10, а іноді в 100 разів менше тертя ковзання. Тому завжди прагнуть замінити в машинах, де це можливо, тертя ковзання тертям кочення. Наприклад, всі буксові вузли рухомого складу

залізниць переведені на підшипники кочення. На тепловозах підшипники ковзання застосовуються в парі з колінчастим валом дизеля, колінчастим валом компресора гальмівної системи; валом ротора турбокомпресора, у моторно-осьових підшипниках підвіски тягових двигунів. Є позитивний досвід експлуатації турбокомпресорів і моторно-осьових підшипників з підшипниками кочення.

Розрізняють *тертя сухе (плівкове), граничне і рідинне* залежно від кількості мастила, що знаходиться між дотичними поверхнями. Коли шар мастила між поверхнями, що труться, має надзвичайно незначну товщину, тертя буде граничним.

Рідинне тертя виникає в тому випадку, якщо поверхні, що труться, повністю розділені мастилом. Напівсухе і напіврідинне тертя є проміжним. Перше – між граничним і сухим, друге – між граничним і рідинним.

Нерівності дотичних поверхонь – одна з причин виникнення сухого тертя. При взаємному переміщенні тіл виступи поверхонь, чіпляючись один за одний, зминаються і руйнуються. Поверхні при цьому зношуються і нагріваються.

Виходячи з цього положення можна було б очікувати, що тертя абсолютно зникне в тому випадку, коли обробка буде ідеальною. Насправді цього не відбувається. Навіть при ідеальній гладкості дотичних поверхонь виникає тертя, обумовлене силами молекулярної взаємодії. Проте величина сухого тертя значно залежить від ступеня обробки поверхні. Причому чим краще обробка поверхні, тим менше сила тертя. На подолання сил зачеплення і зчеплення буде витрачатися робота. Сила, що проводить цю роботу, має напрямок протилежний напрямку сили тертя. Величина сили тертя дотичних поверхонь оцінюється *коефіцієнтом тертя*, який дорівнює відношенню сили тертя до навантаження.

Якщо дія навантаження не збігається з нормаллю (перпендикуляром) до напрямку переміщення дотичних поверхонь, то слід враховувати нормальну складову цього навантаження. Таким чином,

$$f = F / P , \quad (1.1)$$

де f – коефіцієнт сухого тертя;

F – сила сухого тертя, Н;

P – нормальне натиснення на поверхню тертя, Н.

З цього співвідношення при відомих f і P можна визначити силу тертя:

$$F=f \cdot P. \quad (1.2)$$

Величина коефіцієнта сухого тертя ковзання – безрозмірна і залежить від матеріалу і обробки поверхонь, що труться, розміру поверхонь зіткнення і швидкості їхнього взаємного переміщення.

Для металів коефіцієнт сухого тертя коливається в межах від 0,1 до 0,5 і вище. Коефіцієнт сухого тертя тим менше, чим краще оброблені дотичні поверхні. При підвищенні швидкості руху він в більшості випадків зменшується, при підвищенні питомого тиску – зростає. Коли тіло (колесо, циліндр) котиться по площині (без ковзання), що підтримує його, то виникає опір, який називається *тертям кочення*. Величина цього опору задається обертальним моментом, необхідним для його подолання, – $M=P \cdot f$. Він пропорційний нормальному тиску (натисненню) у точці зіткнення, f – коефіцієнт тертя кочення (одиниця вимірювання – довжина). Отже, при терті кочення коефіцієнт тертя є величиною лінійною:

$$f = \frac{\text{момент}}{\text{сила натискання}} = \frac{H \times m}{H} = m \text{ (метр)}. \quad (1.3)$$

Рідинне тертя виникає в тому випадку, якщо дотичні поверхні тіл розділяє шар мастила товщиною, що перевищує висоту нерівностей поверхонь. У цьому випадку тертя відбувається між шарами мастила, що розділяє їх. Унаслідок цього значно скорочуються втрати потужності на тертя (на 90 % і більше порівняно з сухим тертям), зменшуються знос і нагрів деталей вузлів тертя, підвищується надійність роботи машин.

Вивчення законів рідинного тертя ґрунтується на гідродинамічній теорії змащування, розробленій М. П. Петровим

у 1883 р. На основі цієї теорії виведена така залежність для сили рідинного тертя:

$$F_p = \frac{\eta \cdot v \cdot Q}{h}, \quad (1.4)$$

де F_p – сила рідинного тертя, Н;

η – динамічна в'язкість мастильної оливи, Па·с;

v – відносна швидкість руху поверхонь, що труться, м/с;

Q – площа поверхні тертя, м²;

h – товщина мастильного шару, м.

Рідинне тертя залежить не від матеріалу дотичних поверхонь, а від властивостей мастила, що розділяє ці поверхні.

Процес рідинного тертя легше пізнається на прикладі тертя вала підшипника (рис. 1.5). Між цими деталями при їх обробці створюється щілинний зазор. За рахунок осідання вала в найбільш навантаженій частині – підшипнику – цей зазор стає менше, ніж в інших його частинах, і за відсутності обертання вал лягає прямо на підшипник (рис. 1.5, а).

Мастильна олива, введена в щілинний зазор, розділяє поверхні вала і підшипника тонкою оливною плівкою. На початку обертання вал, діючи як насос, створює в найбільш вузькій частині щілинного зазора підшипника оливний клин. З підвищенням частоти обертання вала в найбільш навантажену частину підшипника нагнітається зростаюча кількість оливи, клин стає могутнішим, тиск у ньому підвищується, вал відтискається. Унаслідок цього зазор між валом і підшипником зростає і заповнюється скрізь оливою, товщина шару якої унеможлиблює взаємне зіткнення поверхонь тертя. З цієї миті починає здійснюватися повне рідинне тертя (рис. 1.5, б).

При зменшенні частоти обертання вала або при витіканні оливи кількість її стає недостатньою для збереження тиску в оливному клині, вал починає сідати, а рідинне тертя переходить спочатку в напіврідинне, а потім у граничне. Слід мати на увазі, що товщина оливного клина і його несуча здатність тим більше, чим вище швидкість обертання вала, більше в'язкість оливи і менші зазори, через які олива може витікати.

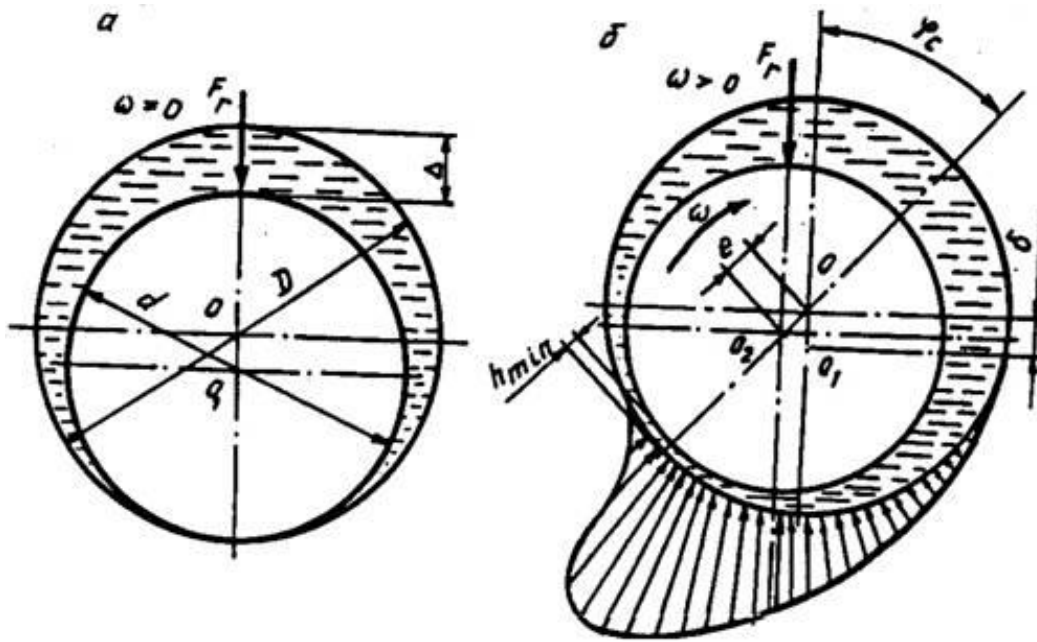


Рис. 1.5. Схема підшипника ковзання:

а – вал у неробочому стані; б – вал у робочому стані; O_1 і O_2 – відповідно центри підшипника і вала; e – ексцентриситет; F – навантаження на вузол тертя; D і d – відповідно діаметри підшипника і вала; ω – швидкість обертання вала; Δ – зазор між валом і підшипником; h – товщина мастильного шару

За аналогією з сухим тертям коефіцієнт μ рідинного тертя визначається відношенням $\mu = F_p/P$, де F_p – сила рідинного тертя; P – навантаження на поверхнях, що труться.

При підстановці замість F_p її значення отримаємо

$$\mu = \frac{\eta \cdot v \cdot Q}{h \cdot P}, \quad (1.5)$$

а оскільки P/Q - це середній тиск P_T , то коефіцієнт рідинного тертя μ

$$\mu = \frac{\eta \cdot v}{h \cdot P_T}. \quad (1.6)$$

Отже, величина коефіцієнта рідинного тертя знаходиться в прямій залежності від в'язкості мастила і відносної швидкості

поверхонь, що труться, і у зворотній залежності від товщини мастильного шару і середнього тиску.

Коефіцієнт рідинного тертя μ в однакових умовах, тобто при однаковій швидкості руху поверхонь, що труться, у 10-20, а іноді і в 100 разів менше коефіцієнта сухого тертя. Його величина знаходиться в межах 0,001- 0,01.

Утворення оливного шару можливе тільки в тому разі, якщо його несуча здатність більше навантажень, які діють на вал.

Несуча здатність F оливного шару може бути визначена за формулою

$$F = \frac{\eta \cdot \omega}{\psi^2} l \cdot d \cdot \Phi_p, \quad (1.7)$$

де η – динамічна в'язкість оливи;

ω – кутова швидкість вала;

ψ – відносний зазор;

l – довжина підшипника;

d – діаметр вала;

Φ_p – безрозмірний коефіцієнт навантаження підшипника.

З рівняння видно, що несуча здатність оливного шару, окрім конструктивних параметрів підшипника, залежить від динамічної в'язкості оливи і кутової швидкості. Будь-яка зміна цих параметрів на деякий час виводить підшипник із стаціонарного (рівноважного) стану.

Для циліндрових підшипників ковзання мінімальна товщина мастильного шару визначається за формулою

$$h_{\min} = \mu \frac{c \cdot \omega}{P_T}, \quad (1.8)$$

де c – коефіцієнт, залежний від розмірів підшипника.

У реальних умовах експлуатації забезпечити гідродинамічне змащування вдається не завжди. Нездійснено воно, наприклад, при пусках і зупинках машин, у важко навантажених вузлах тертя, при збільшених вимірах у зношених парах. У таких

випадках виникає граничне змашування, при якому поверхні, що труться, розділяються дуже тонкою оливною плівкою. Коефіцієнт тертя при граничному змашенні порівняно з гідродинамічним зростає до 0,08...0,15.

1.3. Основні фізико-хімічні властивості мінеральних олив

Основними фізико-хімічними властивостями олив є густина, в'язкість, температура спалаху і застигання, стабільність, корозійність, зольність. На якість олив впливають наявні в них сірка, вода і механічні домішки [3, 4, 20, 21, 27, 35].

Густина, тобто маса речовини (рідини), що знаходиться в одиниці об'єму, визначається ареометром, гідростатичними вагами і пікнометром. *Густина*, олив, а також в'язкіших нафтопродуктів, що не виділяють осаду при розбавленні, визначають ареометром або гідростатичними вагами. Ареометр для визначення густини нафтопродуктів називають нафтоденсиметром.

Густину олив ρ зазвичай визначають при температурі 20 °С. Якщо визначення густини робилося при іншій температурі t , то роблять перерахунок:

$$\rho_{20} = \rho_t + v \cdot (t - 20), \quad (1.9)$$

де v – температурна поправка на 1 °С (знаходять за розрахунковими таблицями; змінюється в межах 0,000620...0,000870).

Густина виражається в кілограмах на метр кубічний (кг/м³). Метод визначення густини детально викладений у ГОСТ 3900-85. Вимірювання густини потрібне для встановлення маси нафтопродуктів за займаним ними обсягом або для перерахунку об'єму нафтопродуктів за їхньою масою. Для зручності в оперативних розрахунках середню густину олив можна приймати 900 кг/м³.

В'язкість, або внутрішнє тертя, – це властивість рідких тіл чинити опір їх течії під дією зовнішніх сил. Залежно від того, наскільки велика сила взаємодії між молекулами оливи, вона чинить більший або менший опір взаємному переміщенню шарів своїх молекул. Чим важче викликати це переміщення, тим в'язкішою вважається олива. Розрізняють динамічну і кінематичну в'язкості.

Динамічна в'язкість η – коефіцієнт внутрішнього тертя. Одиницею вимірювання є Паскаль·секунда (Па·с), яка чисельно дорівнює опору, що виникає при взаємному переміщенні двох шарів рідини площею 1 м², віддалених на 1 м один від одного, зі швидкістю 1 м/с під дією сили в 1 Н. Динамічна в'язкість води при температурі 20 °С дорівнює одиниці.

Кінематична в'язкість ν – питомий коефіцієнт внутрішнього тертя, відношення динамічної в'язкості до густини при тій самій температурі.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} . \quad (1.10)$$

У СІ за одиницю кінематичної в'язкості прийнятий квадратний метр на секунду (м²/с), 1 м²/с = 10⁶ мм²/с. У системі СГС за одиницю кінематичної в'язкості прийнятий стокс (Ст). Сота частина стокса називається сантистоксом (сСт), 1 сСт \cong 1 мм²/с \cong 10⁻⁶ м²/с. Кінематична в'язкість води при температурі 20 °С дорівнює одиниці.

Динамічну і кінематичну в'язкість нафтопродуктів визначають у капілярних віскозиметрах (рис. 1.6) – вимірювання часу витікання T через капіляр, що калібрується, певного об'єму рідини.

$$\nu = cT, \quad (1.11)$$

де c – постійна віскозиметра, мм²/с².

Для деяких нафтопродуктів в'язкість визначається в умовних градусах (°ВУ). Умовною в'язкістю називається відношення часу витікання 200 мл випробовуваної оливи, узятої при заданій температурі (50 або 100 °С), до часу витікання 200 мл дистильованої води при температурі 20 °С. Розмірності ця в'язкість не має.

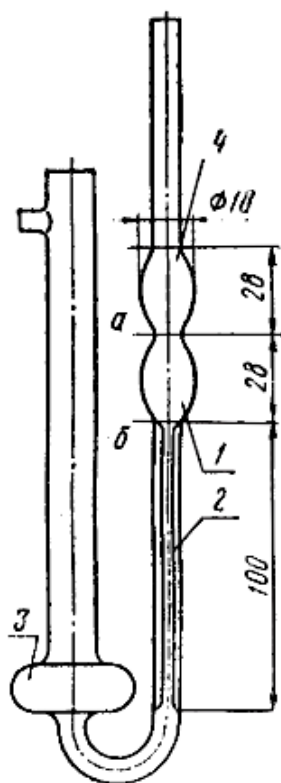


Рис. 1.6. Схема капілярного віскозиметра:
1, 4 – об'єми оливи; 2 – капіляр; 3 – розширення

При визначенні в'язкості малов'язкі нафтопродукти підігрівають до температури 50 °С, високов'язкі до температури 100 °С. Для переведення одиниць кінематичної в'язкості в одиниці умовної в'язкості користуються таблицями і формулами перерахунку.

В умовах експлуатації в'язкість оливи має велике значення. При цьому бажано використовувати оливи, які якомога менше змінюють свою в'язкість при зміні температури. Такі оливи при високих температурах зберігають в'язкість, достатню для забезпечення надійного змащення деталей механізмів, що труться; у холодну пору року вони не повинні ускладнювати запуск двигуна. Існує декілька емпіричних формул, що виражають залежність в'язкості нафтопродуктів від їхньої температури. Для наближеного оцінювання цієї властивості олив у стандартах на деякі оливи вказується в'язкість при двох температурах або дається відношення кінематичної в'язкості при температурі 50 °С до кінематичної в'язкості оливи при

температурі 100 °С, або вказується температурний коефіцієнт в'язкості, або індекс в'язкості.

Індекс в'язкості ІВ є відносною величиною в'язкості оливи, що характеризує зміну в'язкості від зміни температури. Чим вище індекс в'язкості, тим краще якість оливи за в'язкісно-температурними її властивостями. Для характеристики оливи за цими її властивостями можна користуватися табличним матеріалом. Олива з індексом в'язкості 80..90 вважається хорошою, а з індексом 100 і вище – відмінною. Індекс синтетичних оливи вищий за 100, а іноді навіть 500.

Від міри в'язкості оливи залежать втрати потужності на тертя, знос деталей, що труться, витрати оливи, легкість і швидкість запуску двигунів, температура деталей, що труться. У швидкохідних двигунах навіть невелике збільшення в'язкості оливи значно збільшує втрати потужності на тертя. Проте, застосовуючи оливи з найменшою в'язкістю, необхідно враховувати, що в'язкість має бути достатньою для забезпечення надійного змащення деталей, що труться. Таким чином, надійна, стійка та економічна робота вузлів тертя залежить передусім від правильного вибору в'язкості оливи.

Липкість. Разом з в'язкістю істотну роль відіграє липкість оливи, тобто здатність їх утворювати на поверхні тіл, що труться, міцну оливну плівку, яка не витісняється тиском. Терміни «липкість», «оливність» і «мастильна здатність» характеризують одну і ту саму властивість оливи. Чим більшу липкість має олива, тим довше в процесі роботи вона зберігає оливну плівку на поверхнях, що труться. Стандартних методів визначення липкості оливи нема.

До високотемпературних властивостей моторних оливи належать такі показники.

Температура спалаху оливи. Температурою спалаху оливи називають найменшу температуру, при якій пари нагрітої в тиглі оливи утворюють з навколишнім повітрям суміш, що спалахує при піднесенні до неї полум'я (рис. 1.7).

Про ступінь розрідження оливи паливом і наявність у них більш легких паливних фракцій можна судити за температурою займання оливи. Температурою займання оливи називають температуру, при якій олива, що нагрівається, спалахує при

піднесенні до неї полум'я і горить не менше 5 с. Зменшення температури займання взятої проби оливи (нижче 150 °С) вказує на наявність у ній палива. Дуже низька температура займання характеризує вогнебезпечність оливи, що може призвести до вибуху в картері двигуна.

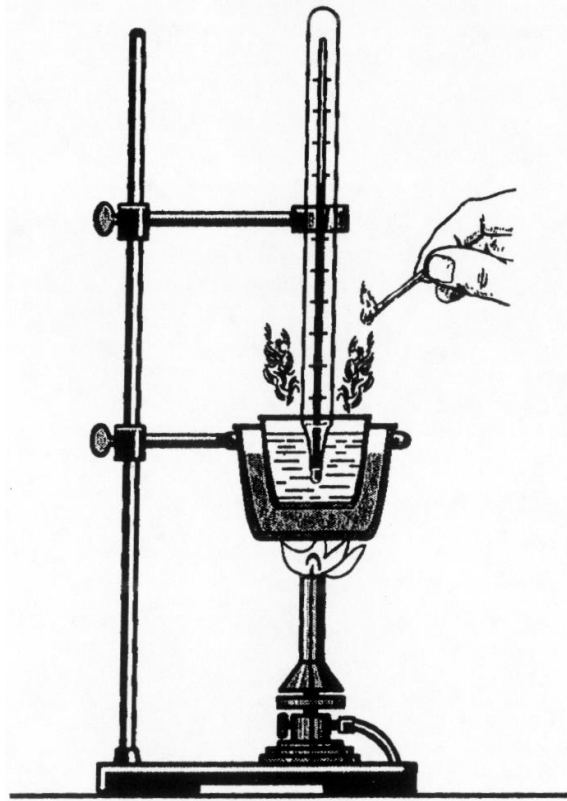


Рис. 1.7. Прилад із відкритим тиглем для визначення температури спалаху оливи

Температура самозаймання – це найменша температура, при якій олива займається без відкритого джерела вогню.

Головною *низькотемпературною характеристикою* для моторних олив є *температура застигання* - це температура, при якій налита в пробірку олива загусає настільки, що рівень її залишається нерухомим протягом однієї хвилини при нахилі пробірки на 45°. Цей показник характеризує мінімальні температурні можливості застосування оливи.

Стабільність оливи. Важливою властивістю будь-якої оливи є незмінність її властивостей (стабільність) як при зберіганні, так і особливо в процесі використання. Одна з головних причин зміни властивостей оливи – її нестійкість

відносно кисню повітря. Ця нестійкість особливо зростає при підвищеній температурі.

Під час роботи у двигуні олива постійно знаходиться в контакті з повітрям. Кисень повітря в умовах високої температури і тиску окиснює оливу, внаслідок чого утворюються органічні кислоти, смоли, асфальтени та інші продукти. Накопичення в оливі продуктів окиснення викликає зміну зовнішнього вигляду оливи та її фізико-хімічних властивостей – змінюється колір (олива темніє), зростають її в'язкість і кислотність, з'являються речовини, які випадають у вигляді осаду.

Відкладення лаку. Олива, яка потрапляє на гарячу поверхню поршня, під впливом високої температури і кисню повітря твердіє у вигляді лакової плівки коричневого або чорного кольору.

Лакові речовини, заповнюючи канавки поршня, сприяють заклинюванню і пригоранню поршневих кілець. Втрата пружності поршневих кілець порушує щільність між циліндровою втулкою і поршнем, що веде до більшого просочування оливи в камеру згорання, збільшення її витрат, прориву газів з камери згорання в картер і зниження потужності дизеля.

Нагаровідкладання. Нагар складається зі смолянистих речовин, коксу і зольної частини (заліза, кремнію та ін.). Структура і властивості нагару залежать від температурного режиму двигуна, якості оливи і палива. Нагар може бути щільним, рихлим або пластинчатим. Надмірне відкладення нагару на сідлах клапанів призводить до їх пригорання. Частинки нагару, що проникають з камери згорання в картер, забруднюють оливу. Зі збільшенням нагару зменшується об'єм камери стискування, що порушує процес горіння.

Осади – липкі, мазеподібні речовини, що відкладаються під час роботи в картері, на фільтрах, в оливопроводах. Осади складаються з оливи (50...80 %), води (5...35 %), окисикислот (2...15 %), карбенів і карбоїдів (2...10 %), асфальтенів (0,1...15 %), а також із механічних домішок різного походження. Вода в осадах міститься у вигляді стійкої емульсії. Утворення та відкладення осадів спричиняє порушення (зниження) теплового режиму двигуна. Саме в такому режимі відбувається конденсація парів води і палива. Чим нижча температура оливи у двигуні, що

працює, тим швидше накопичується в ньому осад, який забиває мастильну систему. Спочатку в оливі утворюється емульсія, чому сприяє вода, яка, просочуючись із циліндра крізь нещільність поршневих кілець, за низьких температур конденсується і змішується з оливою. При цьому виникає оливна емульсія, яку стабілізують кислі продукти.

До складу емульсії входять металеві частинки від зношування деталей, дрібні частинки нагару, зола, смоли й асфальтени, а також інші тверді продукти високотемпературного окиснення. Емульсія виділяється з оливи у вигляді чорного, неприємного на дотик, липкого осаду на стінках і днищі картера, фільтрах грубого та тонкого очищення оливи й центрифугі. Спочатку осад пухкий, а з часом ущільнюється. Забруднюються також магістральні відвідні канали. Особливо інтенсивно шлам утворюється у зношених двигунах із великим проривом газів у картер, які прискорюють окисні процеси в оливі.

Коксівністю оливи називається схильність її розкладатися з утворенням твердих вуглистих опадів (коксу). Впродовж тривалого часу схильність оливи до нагаровідкладення зв'язували з мірою її коксівності. Проте проведені дослідження не підтвердили чіткої залежності між нагаровідкладенням і коксівністю оливи, і цей показник введено у відповідні технічні умови тільки як контрольний (для контролю сировини і якості очищення оливи).

Зольність – це показник, що характеризує наявність у моторній оливі компонентів, які не згорають. Зола, що утворюється при згоранні оливи, є тими мінеральними речовинами, які знаходяться в оливі в розчиненому і зваженому стані переважно у вигляді солей нафтових кислот. Чим краще очищено оливу, тим менше її зольність. Зольність різко зростає з уведенням в оливу присадки, оскільки до складу присадки входять металоорганічні сполуки, частина яких після згорання оливи залишається в золі.

Зольність сульфатна – це показник, що вказує вміст металовмісних присадок (у тому числі тих, що містять барій, кальцій, магній, цинк, калій, натрій, олово), а також елементарну сірку, фосфор, хлор у складі оливи, що не працювали. Виражається у відсотках мас. Під дією температури у вузлах тертя може

відбуватися утворення золи (як правило, сульфати металів), здатної утворювати на деталях відкладення, що може призвести до істотного зниження зносостійкості вузлів тертя та інших експлуатаційних характеристик машин і механізмів. Тому в деяких типах олів регламентуються граничні значення цього показника.

Корозійні властивості олів. Потрібно, щоб вона впродовж усього часу роботи не руйнувала поверхні матеріалів, тобто не мала корозійних властивостей. Ці властивості олів оцінюються декількома показниками. Одним з них є кислотне число, що виражається в міліграмах їдкого калію, потрібного для нейтралізації 1 г оливи. За кислотним числом судять про кількість органічних кислот, що містяться в оливі.

Лужне число характеризує вміст в оливі речовин, що мають лужні властивості, і розраховується в кількості міліграм *КОН*, потрібного для нейтралізації 1 г оливи. Воно є показником нейтралізуючих властивостей оливи і може бути використане як непрямий показник вмісту в оливі мийно-диспергуючих присадок, що мають лужні властивості. У моторних оливах М-14В₂ і М-14Г₂, які застосовують у дизелях тепловозів, замість кислотного числа визначають лужність, яка має бути не менше 4,8-7,0 мг *КОН*/г. Для решти моторних олів указують у технічних умовах кислотне число базових олів до введення присадок.

Кислоти, що утворюються при окисненні оливи, є найнебезпечнішими, оскільки низькомолекулярні кислоти мають підвищену корозійну агресивність через розчинність їх у воді. Особливо небезпечні вони для вкладишів корінних і шатунних підшипників, виготовлених із кольорових металів і свинцевистої бронзи.

Корозійна дія олів пов'язана з умістом у них сірчаних сполук (15...20 %) у вигляді сульфатів, компонентів залишкової сірки та інших речовин, а за високих температур їх зміна призводить до появи сірководню, меркаптанів та інших, більш активних, речовин. Їх наявність визначається випробуванням на корозію сталевих і мідних пластинок.

Вміст механічних домішок. До механічних домішок належать сторонні тіла (порох, пісок, іржа, продукти зносу), які

знаходяться в оливі у зваженому стані або в осаді, і продукти термічного розкладу оливи.

Механічні домішки, які знаходяться в оливі, викликають підвищений знос і нагрів поверхонь, що труться. Вони можуть відкладатися в оливопроводах, закупорювати їх і тим самим порушувати підведення оливи до поверхні тертя. Тому механічні домішки в оливах не допускаються або обмежуються певною величиною.

Протизносні і протизадирні властивості моторної оливи характеризують її здатність знижувати знос поверхонь деталей тертя двигуна й оберігати пари тертя від заїдання. Залежать ці властивості від хімічного складу і полярності базової оливи, складу композиції присадок і в'язкісно-температурної характеристики оливи з присадками, яка в основному зумовлює температурні межі її застосування (захист деталей від зносу при пуску двигуна при максимальних навантаженнях і температурах навколишнього середовища).

Зменшення витрат на чад вимагає поліпшення протизносних властивостей олив при граничному змащуванні. Це досягається введенням спеціальних протизносних присадок, що містять сірку, фосфор, галогени, бор, а також беззольних дисперсантів, що містять протизносні фрагменти.

Антифрикційні властивості характеризують здатність моторних олив знижувати механічні втрати у двигуні за рахунок зменшення витрат на тертя в сполученнях деталей. Найбільш відомі присадки, що застосовуються для покращення цих властивостей: дисульфід молібдену (MoS_2), ПАФ-4 та «Фриктол».

Антифрикційні, протизносні і протизадирні властивості олив визначаються на чотирикульковій машині тертя за методикою, прописаною в ГОСТ 9490. Ці показники нормовані стандартами і технічними умовами на більшість моторних олив для контролю процесу виробництва.

Протипінні властивості. Утворенню піни в оливі сприяють інтенсивне перемішування оливи з повітрям унаслідок обертання деталей КШМ двигуна, наявність в оливі води і стабілізуючих піну речовин – продуктів окиснення оливи. Інтенсивне піноутворення порушує нормальні процеси змащування деталей двигуна. Для боротьби з утворенням піни в моторні оливи

додають речовини, які мають властивість піногасіння, так звані протипінні присадки. Найбільш поширена присадка – поліметалсилікосан ПМС-200А.

Мийні властивості. Для сучасних дизелів тепловозів і дизель-поїздів моторні мастила з мийними властивостями мають дуже важливе значення. Завдяки цим властивостям оливи нерозчинні продукти окиснення і забруднення утримуються у зваженому стані, не випадають в осад і не відкладаються на металевих поверхнях деталей дизеля. Чим вище мийні властивості оливи, тим менше нагар і лакових відкладень накопичується на деталях циліндро-поршневої групи дизеля, тим вище може бути допустима температура деталей (ступінь форсування двигуна).

1.4. Покращення властивостей моторних олив

Найбільш ефективним і дешевим засобом поліпшення експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів є присадки – речовини, які додаються до олив для надання їм нових властивостей або підсилення природних. При цьому підвищується надійність роботи двигунів [21, 27].

Присадки добирають для кожної групи олив з урахуванням особливостей їх вироблення, застосування й умов зберігання. Моторні оливи без присадок не виробляються.

До сучасних моторних олив вводять присадки кількох видів: в'язкісні, депресорні, протизношувальні, протизадирні, антикорозійні, протиокисні, протиіржавні, протипінні, мийні тощо. Проте оскільки окремі, навіть найефективніші, присадки не забезпечують задовільних експлуатаційних властивостей олив, то в них зазвичай додають поліфункціональні присадки або їх пакет, що дає змогу водночас поліпшити кілька властивостей оливи.

Загальними вимогами до присадок незалежно від їхнього призначення є хороша розчинність в оливах і мастилах, сумісність у мастильних матеріалах, стабільність олив і мастил з присадками при тривалому зберіганні і застосуванні,

нейтральність (мають не погіршувати інших властивостей оливо, до яких вони додаються).

Основні властивості та характеристики присадок. В'язкісні присадки зменшують залежність в'язкості оливо від температури. Застосовуються для вироблення зимових загущених оливо або підвищення їхнього індексу в'язкості. Вони додаються в кількості 2...5 % до малов'язких оливо. При цьому необхідну в'язкість оливи одержують при температурі 100 °С, а низькотемпературні властивості основної оливи зберігаються до мінус 18 °С.

Як такі присадки широкого застосування набули полімерні з'єднання: поліізобутилен, який є продуктом ізобутилену з молекулярною масою 15000–20000. Загущувальна здатність поліізобутилену залежить від його молекулярної маси. Чим вище молекулярна маса, тим більше загущувальна здатність оливи.

Поліметакрилати В-1, В-2 – продукти полімеризації ефірів метакрилової кислоти і суміші первинних спиртів. Застосовують ці присадки для підвищення в'язкості й індексу в'язкості в моторних оливах.

Депресорні присадки знижують температуру застигання оливи. Їх додають у кількості 0,1...1,0 %, при цьому температура застигання оливо знижується на 10...20 %. Вони майже не впливають на утворення кристалів парафіну під час охолодження оливи, але запобігають їх зрошуванню, отже, утворенню каркаса, завдяки чому знижується температура застигання оливи та зростає температурний діапазон її застосування. Найбільш поширеним видом цієї присадки є деприсатори ЦІАТІМ-1, ЦІАТІМ-7, які додають до оливи в кількості від 0,1 до 1 %, при цьому знижується температура застигання оливи на 10-30 °С.

Протизношувальні. Зменшують зношування тертьових поверхонь. Мають високу поверхневу активність і здатні утворювати міцні адсорбовані плівки на тертьових поверхнях, що знижує механічні втрати у двигуні за рахунок зменшення втрат на тертя в сполученнях деталей. Найбільш відомі присадки, що застосовуються для покращення цих властивостей: дисульфід молібдену (MoS_2), ПАФ-4 і «Фриктол». Їх додають до оливо у кількості 0,1...2,0 %.

Протизадирні. Знижують задир поверхонь тертя, що працюють під високими питомими навантаженнями. Взаємодіють з металами й утворюють сполуки, що покривають поверхні тертя. При високих температурах плавляться, виконуючи функції мастильного матеріалу.

Присадки цього типу покращують мастильну здатність оливи, зменшують знос, запобігають заїданням і задирам, витримують великі механічні навантаження на поверхні, що треться. Такі властивості мають присадки ЛЗ-23к, ОТП, ЛЗ-6/9 (містить 38–40 % сірки) та ін. Присадки, що покращують мастильні властивості оливи, які працюють у вузлах тертя з високими питомими навантаженнями, додають у межах 1-4 %.

Антикорозійні. Зменшують корозію металів і сплавів. Утворюють на поверхні тертя дуже міцну захисну плівку. Сповільнюють окиснення оливи або мають лужні властивості (нейтралізують кислі продукти). Ці присадки після додавання їх (0,5-3 %) до оливи утворюють на поверхні металу плівку, що захищає його від корозії.

Для зниження корозійного зносу при користуванні сірчистого палива велику роль відіграє лужна властивість присадки ВНП НП-360. Сірчана і сірчиста кислоти, що утворилися в дизелі при згоранні сірчистого палива, нейтралізуються лужним компонентом присадки. Цим усуваються сірчаноокислотна корозія (корозійний знос) і утворення нагару та лаковідкладення у двигуні.

До складу присадки ВНП НП-360 входять складні хімічні елементи: барій, цинк, фосфор, сірка та ін. Ці речовини в оливі утримуються у зваженому стані і не випадають в осад. Мийний компонент присадки змиває з деталей дизеля продукти зносу й осаду.

Протиокисні. Це різні органічні сполуки (сірчані, фосфорні, фенольні тощо). Дія цих присадок різна. Одні утворюють на поверхні тертя міцну захисну плівку, інші уповільнюють окиснення оливи, деякі мають лужні властивості, що нейтралізують кислі речовини. Протиокисні присадки додають до оливи у межах десятих часток відсотка, що знижує утворення кислих продуктів в оливах у 1,5–2 рази.

Для підвищення стабільності трансформаторних, турбінних і приладових олив застосовують антиокиснювальні присадки іонол і п-оксидифеніламін. Для моторних олив як присадки застосовують діалкілдитіофосфати металів (ЛАНІ-317 і ДФ-1). Протиокисні присадки підвищують стійкість олив проти окиснення їх киснем повітря при високих температурах.

Мийні. Запобігають утворенню лаків, осадів, нагарів на нагрітих деталях двигуна. Найчастіше це солі кальцію і барію, рідше – магнію. Їх додають до олив у кількості 3...20 %. Найефективніше застосовувати їх разом із протиокисними присадками.

У композиціях моторних олив як мийні присадки використовують сицелати, сульфонати, алкілфеноляти, алкілсаліцилати і фосфонати кальцію або магнію і рідше (з екологічних міркувань) барію, а також раціональні поєднання цих зольних присадок одна з одною і з беззольними дисперсантами-присадками, що знижують переважно схильність оливи до утворення низькотемпературних відкладень і швидкість забруднення фільтрів тонкого очищення оливи. Модифіковані термостійкі беззольні дисперсанти сприяють зменшенню лако- і нагароутворення на поршнях. Мийні властивості мають присадки ВНІ НП-360, ВНІ НП-370, ЦАТІМ-339 та ін.

Протиіржавні. Захищають деталі від атмосферної корозії. Як захисні присадки застосовують жирні кислоти, ефіри нафтових і жирних кислот, металічні мила жирних кислот, сульфати металів. Дія цих присадок зводиться до утворення на поверхнях деталей міцних захисних плівок, які зберігають метал від контакту з водою й іншими речовинами, що спричиняють ржавіння. Крім того, вони запобігають електроерозійному зношуванню деталей. Зазвичай ці присадки додають перед тривалою консервацією автівок, локомотивів та ін.

Поліфункціональні. Водночас поліпшують кілька властивостей олив. Це суміш сполук (або окрема хімічна сполука), що має різну властивість.

Пакет присадок. Суміші кількох присадок, призначених для використання в оливах. Кількість і якість цих присадок відповідає якості оливи.

Багатофункціональні – здатні поліпшувати експлуатаційні властивості оливи. Багатофункціональними присадками називають суміші, які складаються з двох і більше різних видів, доповнюючи одна одну за своїм функціональним впливом. Такі присадки прийнято називати комплексними або змішаними. Так, наприклад, до складу моторної оливи марки М-14В₂, що застосовується в дизелях тепловозів, введені такі присадки: 3 % - мийна і протикорозійна ЦІАТІМ-339, 5,2 % – мийна сульфонатна ПМСА, 2 % – антиокиснювальна і протикорозійна ВНІІ НП-354 або 1,2 % – ДФ-11 і 0,008 % – протипінна ПМС-200А. У моторній оливі М-14Г₂ застосовують присадки МАСК, НСК, ВНІІ НП-354 і ПМС-200А.

Для двигунів тепловозів і дизель-поїздів застосовують, як правило, багатофункціональні присадки, які поліпшують одночасно декілька властивостей. Присадка ВНІІ НП-360 складається з мийних компонентів ВНІІ НП-350 і ВНІІ НП-354, що мають антиокиснювальні та протизносні властивості. До складу присадки ВНІІ НП-360 входять складні хімічні елементи: барій, цинк, фосфор, сірка та ін. Багатофункціональні присадки призначені для покращення одразу декількох властивостей оливи. Такими присадками можуть бути як індивідуальні хімічні сполуки, так і їхні суміші. Сучасні багатофункціональні присадки: ІП-22К покращують мийні, антиокиснювальні, антикорозійні і протизносні властивості; АЗНІІ- ЦІАТІМ-11 знижує температуру застигання і поліпшує антикорозійні властивості; ДФ-11 використовують для поліпшення антиокиснювальних, антикорозійних і протизносних властивостей; БФК має мийні властивості.

У табл. 1.1 наведено технічні умови на декілька присадок до олив. Присадка ЦІАТІМ-339 покращує мийні і антикорозійні властивості олив. Присадка ВНІІ НП-360 - багатофункціональна, вона покращує антиокиснювальні, антикорозійні і мийні властивості олив. Присадка ПМСя (багатозольний сульфат кальцію) покращує мийні властивості олив. Оливи можуть одночасно містити до десяти функціональних присадок із сумарною концентрацією їх до 25...30 %.

Таблиця 1.1

Показники властивостей присадок

Показник	Присадка		
	ЦІАТІМ-339	ВНІ НІ-360	ПМСя
В'язкість кінематична при температурі 100 °С 10^{-6} м ² /с	Не менше 12,5	13-20	18-25
Зольність, %, не менше	8,5	13,5	Сульфат-на 15-20
Вміст сірки, %	4-5,5	Не менше 1,4	-
Вміст механічних домішок, %, не більше	0,15	0,10	0,03
Вміст барію, %, не менше	4,7	7,8	-
Вміст хлору, %, не більше	0,3	-	-
Вміст води, %, не більше	0,1	0,1	0,1
Реакція		Лужна	-
Вміст цинку, %, не менше	-	0,6	-
Вміст фосфору, %, не менше	-	0,8	-
Вміст кальцію, %		-	4,3-6,0

Присадки до олив мають вищу густину і в'язкість, тому при змішуванні їх з оливою внутрішнє тертя в оливі збільшується, тобто енергія, яка витрачається на її прокачування, також збільшується. Але застосовувати присадки треба обережно, оскільки більшість із них не мають тих магічних властивостей, які їм приписують. Крім того, необхідно знати весь комплекс присадок, що додаються до оливи при виробництві, що практично неможливо (фірми або заводи-виробники це не вказують).

З часом концентрація присадок в оливах знижується, що пояснюється такими причинами:

- спрацьовування унаслідок втрати активних компонентів присадок, дія яких заснована на створенні в зоні тертя хімічних сполук з матеріалом мастильних поверхонь;
- розкладання присадок в оливі під впливом високої температури, наявності в оливі води;
- деструкція полімерних присадок, яка спостерігається в таких, що загущують, депресорних та інших присадках;
- випадіння присадок в осад;
- абсорбція присадок на деталях машин, поверхнях фільтроелементів і частинках забруднень;
- зменшення концентрації присадок через витоки.

Збільшення терміну служби олив шляхом підвищення в них початкової концентрації присадок недоцільно. Наприклад, для збільшення терміну служби олив удвічі при значенні константи швидкості спрацьовування $k=1/50$ початкову концентрацію присадки необхідно збільшити в e^2 разів, тобто в 7,3 разу, що, з економічної точки зору, не вигідно.

Зменшення витрат присадок має важливе значення у зв'язку з їхньою високою вартістю (у десятки разів перевищує вартість базових олив). І хоча введення присадок до олив сприяє підвищенню їхніх термінів служби, значні концентрації присадок не призводять до адекватного поліпшення якості олив, а в окремих випадках навіть погіршують їхні властивості.

Застосування високоякісних моторних олив з ефективними присадками є одним з істотних резервів підвищення надійності тепловозних дизелів та енергозбереження.

1.5. Номенклатура олив локомотивного господарства

Моторні оливи використовують для змащення вузлів тертя двигунів внутрішнього згорання з метою зменшення зносу. Оливи зменшують тертя, відводять теплоту від деталей і ущільнюють проміжки, у першу чергу між поршневыми кільцями й стінками циліндрів. У той же час умови роботи моторних олив навіть в одному двигуні різні залежно від типу мастильного вузла тертя (циліндро-поршнева група, підшипники, механізм газорозподілу та ін.).

Характер роботи вказаних вузлів різний за температурними навантаженнями та іншими умовами. Наприклад, тиск поршневих кілець на стінку циліндрів може змінюватися за ходом поршня в межах 0,2...2,0 МПа при швидкості ковзання від нуля у верхній і нижній мертвих точках до 15 м/с. При цьому тиск у зоні компресійного кільця складає переважно 0,15...0,3 МПа, оливознімного 0,5...1,3 МПа. Тиск у зоні тертя вкладишів підшипників-шийка колінчастого вала досягає 20...30 МПа. Частота обертання колінчастого вала змінюється в широких межах залежно від режиму роботи двигуна. Для пари кулачок-штовхач механізму газорозподілу характерні високі контактні навантаження порядку 500...700 МПа, а в окремих випадках до 1200...1700 МПа. Температури оливної плівки, що розділяє ці вузли тертя, також різні. Так, температура газів, що прориваються з камери згорання в картер через оливну плівку в зоні циліндро-поршневої групи на такті стискування, складає 150...450 °С в карбюраторних двигунах і 500...700 °С в дизелях. Один з найбільш важливих показників, що характеризують теплонапруженість роботи оливної плівки в цьому вузлі тертя – температура першої поршневої канавки. Для сучасних двигунів вона може досягати 270...280 °С, а за наявності наддування 300...330 °С.

Температура в зоні тертя вкладишів підшипників і шийки колінчастого вала складає 150...160 °С. Робоча температура оливи в картері двигуна залежно від умов експлуатації і режиму роботи коливається в межах 80...100 °С, досягає іноді і вищих значень. Крім того, на режим роботи моторних олив істотно впливає температура навколишнього повітря, яка залежно від району і пори року змінюється в широких межах.

У вітчизняній системі класифікація та позначення моторних олив регламентуються ДСТУ 17479.1-2019 («Оливи моторні. Класифікація та позначення») [8]. За цим стандартом, моторні оливи класифікуються за двома ознаками, які складають основу їхнього маркування:

- класом в'язкості – залежно від кінематичної в'язкості;
- групою експлуатаційних властивостей – залежно від галузі застосування.

Стандарт поширюється на літні, зимові і всесезонні загущені оливи, призначені для застосування в усіх типах двигунів внутрішнього згорання, окрім авіаційних. За в'язкістю незагущені моторні мастила поділяються на сім класів від 6 до 20 мм²/с (сСт) при температурі 100 °С, загущені – на чотири. За експлуатаційними властивостями залежно від типу двигуна, міри його форсування і властивостей палива стандартом передбачено шість груп моторних олив (А, Б, В, Г, Д, Е), вказаних у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Групи моторних олив

Група олив за експлуатаційними властивостями		Рекомендована сфера застосування
А		Нефорсовані карбюраторні і дизельні двигуни
Б	Б ₁	Малофорсовані карбюраторні двигуни
	Б ₂	Малофорсовані дизельні двигуни
В	В ₁	Середньофорсовані карбюраторні двигуни
	В ₂	Середньофорсовані дизельні двигуни
Г	Г ₁	Високофорсовані карбюраторні двигуни
	Г ₂	Високофорсовані дизельні двигуни
Д	Д ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, що працюють в експлуатаційних умовах більш важких, ніж для олив групи Г ₁
	Д ₂	Високофорсовані дизелі з наддуванням, що працюють у важких експлуатаційних умовах або коли застосовуване паливо вимагає застосування олив із високою нейтралізуючою здатністю, антикорозійними і протизношувальними властивостями, низькою схильністю до утворення всіх видів відкладень
Е	Е ₁	Високофорсовані бензинові двигуни і дизелі, що працюють в експлуатаційних умовах більш важких, ніж для олив груп Д ₁ і Д ₂ . Відрізняються підвищеною диспергуючою здатністю, кращими протизношувальними властивостями
	Е ₂	

Залежно від призначення групи оливи поділяються ще на підгрупи і позначаються цифрами: 1 – для бензинових двигунів, 2 – для дизелів, наприклад М-10Б₁ і М-10Б₂.

Моторні оливи позначають за класами в'язкості, групами експлуатаційних властивостей і сезонністю застосування. Так, наприклад, олива моторна М-14Б₂ розшифровується так: буква М вказує, що це моторна олива, цифра 14 означає в'язкість при температурі 100 °С, буква Б з індексом 2 внизу – олива за експлуатаційними властивостями належить до групи Б і призначена для змащування малофорсованих дизельних двигунів.

Залежно від кінематичної в'язкості моторні оливи поділяються на зимові – 4 класи; літні – 8 класів; всесезонні – 10 класів.

Клас в'язкості літніх моторних олив позначається одним числом, а зимові класи мають у своєму позначенні, крім числа, ще і букву «з». Дробові позначення класу в'язкості означають, що олива є всесезонною: у чисельнику вказана приналежність до одного з зимових класів, а в знаменнику – до одного з літніх класів. Нижній інтервал температур класів в'язкості моторних олив, призначених для зимового використання, нормується при температурі -18 °С, що дорівнює нулю американської шкали температур Фаренгейта.

Класифікація моторних олив за марками подана в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Фізико-хімічні властивості дизельних олив, що застосовуються на тепловозах, дизель-поїздах і рейкових автобусах

Показник	Норма для марок олив								
	М-12Б ₂	М-14Б ₂	М-14В ₂	М-14Г ₂	МС-20п	МТ-14п	МТ-16п	М-8В ₂	М-10В ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В'язкість кінематична, мм ² /с (сСт), при температурі 100 °С	12± ±0,5	14± ±0,5	14± ±0,5	14± ±0,5	20	14± ±0,5	16- 17,5	8± ±0,5	11± ±0,5

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Індекс в'язкості, не менше	85	85	85	90	–	–	–	90	90
Коксова-ність без присадок %, не більше	0,3	0,4	–	–	0,3	0,2	0,3		
Кислотне число, мг KOH/г, без присадок, не більше	0,05	0,05	–	–	0,05	1,1	0,15	0,02	0,02
Зольність, %: - без присадок, не більше	0,005	0,005	–	–	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005
- з присадками, не менше	1,0	1,0	1-1,2	1,3	0,24	0,13	0,25	1,3	1,3
Лужність, мг KOH/г, не менше	–	–	4,8-5,5	7,0	–	–	–	3,5	3,5
Масова частка механічних домішок, %: - без присадок - з присадками, не більше	Відсутність				0,01	0,008	0,01	0,015	0,010
	0,015	0,015	0,015	0,015	–	–	–	Відсутність	
Склад водорозчинних кислот і лугів: - без присадок - з присадками, не більше	Відсутність				Слаболужна реакція	Відсутність	Слаболужна реакція		
	–	–	–	–	–	–	Сліди		

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масова частка води, %: - без присадок - з присадками, не більше	Відсутність				Сліди	Сліди	–	Сліди	
Температура °С: спалахи в тиглі, не нижче: - у відкритому; - у закритому застигання, не вище	200 – -15	200 – -15	200 – -12	220 – -12	– 225 18	165 – -43	– 200 -25	205 – -25	200 – -15
Корозія на пластинках зі свинцю марки С1 або С2, г/м, не більше	8	8	Відсутність		10	10	10	10	10
Густина при температурі 20 °С, кг/м ³ , не більше	0,905	0,910	–	–	0,900	–	0,895	0,900	0,900
Термоокиснювальна стабільність при температурі 250 °С, хв, не менше	–	–	80	80	20	–	25	50	80
Мийні властивості за ПЗВ, бали, не більше	–	–	40	–	–	–	–	1,0	1,0

Класифікація моторних олив за марками дозволяє вибирати оливи залежно від типу двигуна, режиму його роботи і застосовуваного для нього палива. Крім того, оливи в межах однієї групи, що мають різну в'язкість, мають бути сумісними. Стандартом допускається можливість змішувати різні за в'язкістю оливи однієї групи без погіршення їхніх експлуатаційних властивостей.

Асортимент і коротка характеристика дизельних олив, які застосовуються на тепловозах і дизель-поїздах, наведені в табл. 1.4.

Зазначені в цій таблиці моторні оливи застосовуються в дизелях тепловозів і дизель-поїздів [13], при поєднанні з дизельним паливом вміст сірки в якому має бути не більше 0,5 %. Застосування моторних олив інших марок, крім зазначених у табл. 1.4, а також змішування олив різних марок допускається тільки у виняткових випадках із дозволу Департаменту локомотивного господарства АТ «Укрзалізниця».

Таблиця 1.4

Асортимент моторних олив, які застосовуються
на тепловозах і дизель-поїздах

Марка оливи	Коротка характеристика	Тепловози та дизель-поїзди, на які оливи допущені до використання
1	2	3
М-12Б (М-12БР)	Готується шляхом змішування дистилятної і залишкової оливи селективного очищення з мало-сірчистих і сірчистих нафт з 8 %-ю присадкою ВНІІ НП-360 і 0,003 %-ю присадкою ПМС-200А	ТЕМ1, ТЕМ2, ТЕМ2У, ТЕМ3, ЧМЕ2, ЧМЕ3, ТЕМ-7, ТЕМ 17
М-14Б М-14Б ₂	Те саме, що і М-12Б, розрізняються тільки за в'язкістю, яка в оліві М-14Б більше, ніж в оліві М-12Б на 2 сСт при $t=100\text{ }^{\circ}\text{C}$	Типу 2ТЕ10 в/і, ТЕМ2, ТЕМ2А, ТЕМ2У, ТЕМ1, дизель-поїзди Д і Д1, ЧМЕ3

Продовження табл. 1.4

1	2	3
М-14В ₂	Готується на суміші олів – компонентів дистиляту і залишкового селективного очищення з композицією присадок. Застосовується для змащування форсованих дизелів тепловозів, що працюють на паливі з умістом сірки не більше 0,5 %	2ТЕ10 в/і, ТГМ4, ТГМ6А, ЧМЕЗ, ТЕМ7, ТЕМ 2У, ТЕМ2, М62, 2М62, дизель-поїзди ДР1, Д і Д1
М-14Г ₂ М-14Г ₂ ЦС	Готується на суміші дистиляту і залишкової оливи з композицією ефективних присадок. Застосовується в дизелях тепловозів, що працюють на дизельному паливі з умістом сірки до 0,5 %	2ТЕ116, 2ТЕ116А, ТЕП70, ТЕП150, ТЕМ103, ТЕМ7, ТГМ6А
МС-20п, М6-20сп, МК-20	Селективного очищення. Є залишковою оливою МС-20 з додаванням 3 % присадки ЦІАТІМ-339. Застосовується в дизелях тепловозів, що працюють на дизельному паливі з вмістом сірки не більше 0,2 %	ТГМ3*, ТГМ3А, ТГМ3Б, ТГМ4*, ТГМ4А, ТГМ4Б ТГК, ТГК2, ТГМ23*, ТГМ7*, ТУ2, ТУ7, дизель-поїзди ДР1 (для тепловозів і дизель-поїздів, позначених *, допускається застосування моторної оливи М-14В ₂)
15W40, SAE40	Мінеральна або напівсинтетична олива	ЧМЕЗП, 2М62м, ТЕ33АС
10W40, 15W40	Мінеральна або напівсинтетична олива	РА 620М, 630М, дизель-поїзди ДПКр 2, 3

Оливи МТ-14В, МТ-16П, М-8В₂ застосовуються на вузькоколіїних тепловозах ТУ6А, ТУ7 та ін. Нарівні з товарною

оливою марки M12Б застосовується відрегенована олива M12БР.

Тип і характеристики моторної оливи визначаються технічними умовами виробника та умовами експлуатації. При виборі класу в'язкості насамперед враховують температуру повітря, при якій запускається і працює двигун (рис. 1.8). З урахуванням критеріїв, що впливають на потужність, допускається застосовувати для двигунів як сезонні, так і всесезонні оливи [22, 23, 26, 28-30].

Мінеральна або напівсинтетична олива марки 15W40 застосовується для дизелів Cat3512В фірми Caterpillar, які встановлюються на тепловозах серії ЧМЕ-3П під час комплексної модернізації на Полтавському ТРЗ, а також для дизелів EMD645E3 модернізованих тепловозів М62, дизелів фірми MTU рейкових автобусів 620М і дизель-поїздів ДПКр2 та ДПКр3. На тепловозах ТЕ33АС з дизелями 12GEVO застосовується олива марки SAE40 [1, 2, 22, 23, 25, 26, 32].

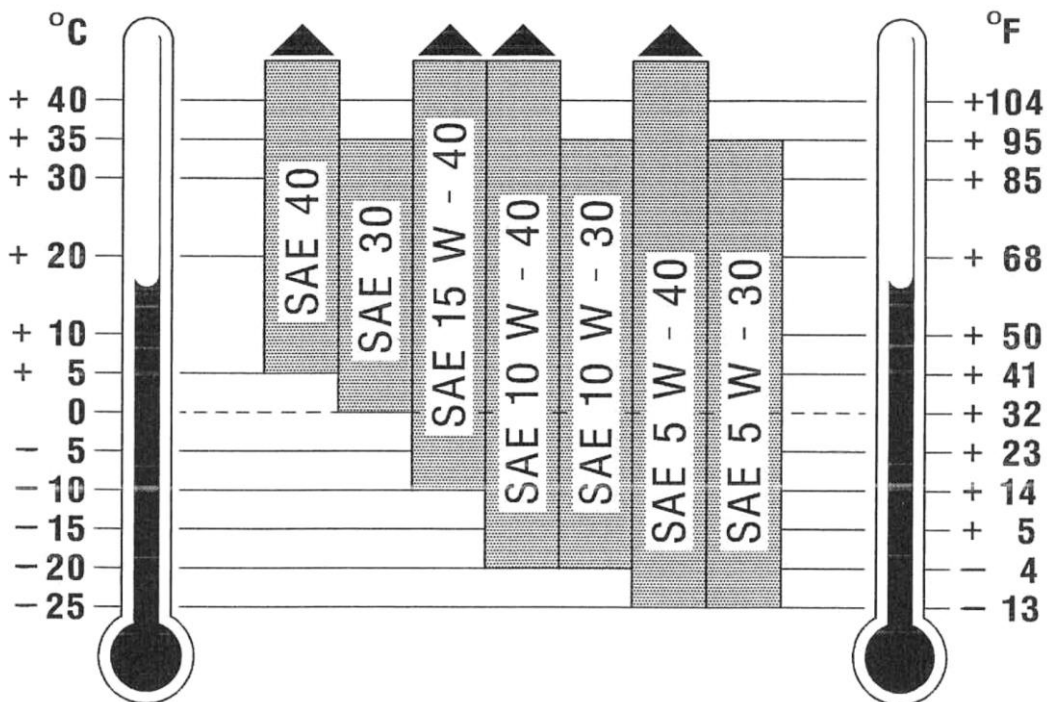


Рис. 1.8. Клас в'язкості моторної оливи залежно від температури експлуатації

Відзначимо, що існуюча класифікація не відображує реально існуючих різновидів типів оливи. Крім того, на залізничному транспорті застосовують оливи спеціального призначення: авіаційні, осьові, трансформаторні, приладові та ін.

Для деяких швидкохідних форсованих двигунів маневрових і промислових тепловозів, а також для регуляторів частоти обертання колінчастих валів застосовуються *авіаційні оливи* МС-14, МС-20, МК-22, які є остаточними високов'язкими спеціального очищення (тепловози ТГМ23Б, ТГМ1, ТГМ3, ТГМ3А, ТГМ3Б та ТГМ4 (табл. 1.4)). Ці оливи мають підвищену кінематичну в'язкість 20 мм²/с (сСт) при температурі 100 °С, малу зольність (0,003 %), кислотне число 0,003-0,10 мг *КОН*/г, підвищену температуру спалаху у тиглі (250 °С), у них відсутні сірка, механічні домішки та вода.

Для гідравлічних передач маневрових тепловозів і дизель-поїздів як робочу рідину застосовують турбінну оливу марки ГТ-50 з протизадирними, протиокиснювальними присадками ДФ-1, ДФ-11 та протипінною ПМС-200. Як заміник може застосовуватися олива марки Тп-22, яка має такі показники: в'язкість кінематична 20-23 мм²/с (сСт) при температурі 50 °С, лужність 0,05 мг *КОН* на 1 г оливи; температура спалаху 180 °С; відсутність води – число деемульсії не більше 5 хв; температура застигання не вище -15 °С; відсутність механічних домішок.

Для змащування моторно-осьових підшипників ковзання тепловозів, електровозів, дизель-поїздів (з електричною передачею потужності) і поверхонь тертя екіпажної частини застосовують *осьові оливи*, які виробляють трьох марок [9]: літня Л, зимова З і північна С (остання на залізницях України не застосовується). Температура застигання оливи має бути нижче температури навколишнього середовища, а температура спалаху – вище температури, яка буває в парах тертя влітку. Тому температура застигання оливи марки З може бути не вище мінус 40 °С, а температура спалаху у відкритому тиглі 135 °С. Літня олива має підвищену кінематичну в'язкість – 42-60 мм²/с (сСт) при температурі 50 °С, а марки З (зимова) – не нижче 22 мм²/с (сСт). Допускається наявність води (0,3-0,4 %) і механічних домішок (0,05-0,07 %).

На електричному ТРС, який працює на змінному струмі, у трансформаторах застосовують оливу як рідинний діелектрик. Така олива одночасно захищає трансформатор від вологи та повітря і є охолоджувальною рідиною. На залізничному транспорті застосовують оливу марки Т-1500.

Для забезпечення роботи гальмових і стаціонарних компресорів застосовують *компресорні оливи* марок К-19, КС-19 (влітку) і марок К-12, КСп-12 (взимку). Під час роботи компресора олива, яка контактує з гарячим повітрям, піддається окисненню, тобто олива повинна мати добру протиокиснювальну здатність. В'язкість оливи К-12 складає 11-14, а К-19 18-22 мм²/с (сСт) при температурі 100 °С, температура спалаху відповідно 216 °С та 245 °С за відсутності води.

Для компресора Gardner Denver тепловоза ТЕ33АС виробник рекомендує застосування оливи АЕОН 9000ТН (ТУ GE Spec D6B31B1) – синтетичний базовий ефір на основі складного діефіру або суміш складних ефірів поліальфаолефінів (ПАО).

До гальмівної системи не повинна потрапляти вода або оливні випаровування, які можуть призвести до порушення гальмівного обладнання узимку або вибуху в повітряних резервуарах [16].

Інші оливи застосовуються в меншій кількості, а призначення відомі з назви (індустріальні, трансмісійні, приладові, у тому числі годинникові), тому їхні властивості далі не розглядаються.

1.6. Особливості синтетичних і напівсинтетичних моторних олив

Синтетичні та напівсинтетичні оливи, що мають за рядом експлуатаційних властивостей кращі, ніж нафтові (мінеральні) оливи, показники, знаходять нині все більше застосування.

Синтетичні оливи отримують за допомогою процесів полімеризації і алкілування неграничних вуглеводнів, хлорування алканових і ароматичних вуглеводнів, конденсації ефірів та іншими способами. Ці оливи поділяються на такі класи:

- *вуглеводневі оливи* на основі поліальфаолефінових сполук, ізопарафінових вуглеводнів і алкілбензолу;

- *поліефірні оливи*, що включають аліфатичні поліефіри (поліалкіленгліколи), ефіри карбонових кислот, ефіри себацінової кислоти, неопентилполіефіри, ефіри фосфорної кислоти та ін.;

- *силіконові оливи*, що включають силосани та ефіри кремнієвої кислоти.

Властивості синтетичних олив розрізняються не лише між класами, але і всередині кожного класу.

Синтетичні базові оливи не мають усієї сукупності позитивних якостей, характерних для мінеральних олив. Проте окремі синтетичні оливи мають поліпшені експлуатаційні властивості, що перевищують властивості мінеральних олив.

Синтетичні моторні мастила залежно від основи бувають [11, 16, 20]:

- діефірними;
- поліалкенгліколевими;
- полісилоксановими (силіконовими);
- фторовуглецевими;
- хлорфторовуглецевими.

Синтетичні оливи, як і мінеральні нафтові, мають позитивні і негативні властивості, якщо їх застосовувати як моторні. Так, наприклад, полісилоксанові (силіконові) мають низьку мастильну здатність і властивості протизносу, високу розчинність води; діефірні оливи агресивні відносно гумових виробів, оскільки викликають набухання і розм'якшення гумових прокладень, манжет, дюритів, шлангів. Цей недолік відсутній у поліалкенгліколевих олив, але їх застосування обмежується високою вартістю їхнього виробництва. Низька температура кипіння і висока температура застигання виключають застосування як моторної оливи фторовуглецевих синтетичних олив.

Частина синтетичних олив може використовуватися як присадки (полібутени) і гідравлічні рідини (ефіри фосфорної кислоти) та ін.

Вуглеводневі оливи (поліальфаолефінові) найбільш поширені в техніці і складають понад третину усіх синтетичних олив. Вони відрізняються універсальними мастильними властивостями, можуть працювати в широкому інтервалі температур, мають високий індекс в'язкості і стабільність властивостей. Ці оливи не викликають корозії металів, не роблять негативного впливу на

матеріали прокладень, манжет і ущільнень і добре змішуються з мінеральними оливами. З усіх синтетичних олив ці оливи найдешевші.

Основні порівняльні показники нафтової (мінеральної) оливи і синтетичних моторних олив подано в табл. 1.5.

Синтетичні оливи об'єднують властивості найбільш малов'язких зимових і в'язких літніх класів і мають позначення в західних країнах Fully Synthetic – у перекладі «повністю синтетична». Вартість синтетичних моторних олив у середньому у 2-3 рази вище за мінеральні. Проте застосування їх доцільно не лише з експлуатаційної точки зору, але і з економічної, оскільки мають великий термін служби у двигунах до їх заміни. Крім того, у них менші витрати на чад.

Таблиця 1.5

Основні показники синтетичних і мінеральних моторних олив

Показник	Нафтова (мінеральна олива)	Синтетичні оливи			
		Дієфірні	Поліал- кенглі- колеві	Поліси- локсанові	Фторову- глецеві
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	12,5	13,2	13,2	13,5	-
Індекс в'язкості	70	140...150	135...180	270	500
Температура застигання, °С	-40...-73	-43... -63	-53...-63	-63... -100	-3...-23
Температура спалаху, °С	149	232	193	315	-
Температурна межа працездат- ності, °С	220	220	260...300	250	400...500
Втрати на випар при 100 °С за 22 год, %	8	0,1	0,1	0,1	0

Напівсинтетичні моторні оливи поліпшені завдяки спеціальній технології очищення і вмісту в них синтетичних

добавок. Позначаються вони як Semi-Sunthetic – у перекладі «напівсинтетична». Такі оливи мають кращі експлуатаційні властивості, але вони дорожчі за мінеральні, проте дешевше повністю за синтетичні.

Перехід на добре очищені мінеральні, синтетичні і напівсинтетичні оливи полегшує пуск двигуна при низьких температурах (до мінус 40 °С) і економить від 2 до 5 % палива за рахунок зниження втрат на тертя в гідродинамічному режимі змащення, вони мають більший термін до заміни і менші експлуатаційні витрати на 30-40 %.

1.7. Класифікація закордонних моторних олив

У США і країнах Західної Європи моторні оливи маркуються відповідно до їхньої в'язкості (за класифікацією SAE – Товариства американських автомобільних інженерів).

Експлуатаційні властивості моторних олив визначаються за класифікаціями, розробленими *API* (Американський нафтовий інститут) і *ACEA* (Асоціація європейських виробників автомобілів), яка в 1996 р. замінила *CCMC* (Комітет виробників автомобілів Спільного ринку).

За класифікацією *SAE* моторні оливи поділяють на літні, зимові і всесезонні. Залежно від в'язкісно-температурних показників моторних олив класифікація *SAEJ300* включає п'ять класів літніх і шість класів зимових з індексом *W* (winter).

Оливи маркують таким чином: літні – *SAE* 20, 30, 40, 50, 60 (цифра означає в'язкість у секундах Сейболта при температурі +90,9 °С); зимові – *SAE* 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W (цифра означає в'язкість у секундах Сейболта при температурі мінус 17,8 °С, а *W* – перша буква від слова Winter – зима); всесезонні (загущені) оливи позначаються подвійною нумерацією. Наприклад, *SAE* 10W50 означає, що ця олива при температурі мінус 17,8 °С відповідає, за *SAE*, в'язкості 10, при температурі +98,9 °С відповідає, за *SAE*, в'язкості 50.

Класи в'язкості *SAE* в більшості випадків мають більш широкі діапазони кінематичної в'язкості при 100 °С, ніж класи

в'язкості за ДСТУ 17479.1:2019. З цієї причини одному класу *SAE* можуть відповідати два суміжні класи за ДСТУ 17479.1.

Класифікація *API* виділяє три експлуатаційні категорії моторних оливо: «*S*» (*Servise*) – оливи для чотиритактних бензинових двигунів; «*C*» (*Commercial*) – оливи для дизельних двигунів автомобільного транспорту, позашляхової будівельної та сільськогосподарської техніки; «*EC*» (*Energy Conserving*) – енергозберігаючі оливи – новий ряд високоякісних оливо, що складається з малов'язких, легкотекучих оливо, що зменшують витрати палива за результатами тестів на бензинових двигунах.

Маркування моторних оливо за *API* складається з букв «*S*» або «*C*» та ще однієї букви латинського алфавіту, яка позначає рівень експлуатаційних властивостей (*A, B, C, D, E, F, G, H, J, L* та *M* – для бензинових двигунів і *A, B, C, D, E, F, G, H, I* та *J* – для дизельних). Чим ближча до початку латинського алфавіту друга буква в маркуванні оливи, тим меншим вимогам відповідає ця олива. Універсальні оливи, що придатні для застосування в бензинових і дизельних двигунах, мають подвійне позначення: *API 8C/CB, API 8P/CC*.

Класи дизельних оливо *CD* та *CF* поділяються на ті, що призначені для чотиритактних і двотактних двигунів. Оливи, призначені для двотактних дизелів, позначаються *CDII* та *CF-2*. На вітчизняному ринку є широкий асортимент моторних оливо, що мають позначення за класами *API*. Відповідність класів в'язкості моторних оливо і груп умов експлуатації за ДСТУ 17479.1-2019 системам *SAE* і *API* наведена в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Відповідність класів в'язкості моторних оливо і груп умов експлуатації за ДСТУ 17479.1-2019 системам *SAE* і *API*

ДСТУ 17479.1	Система <i>SAE</i>	ДСТУ 17479.1	Система <i>API</i>
1	2	3	4
Клас в'язкості		Група умов експлуатації	
Зимові			
3 ₃	5W	A	B
4 ₃	10W	B	SC/CA
5 ₃	15W	B ₁	SC
6 ₃	20W	B ₂	CA

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4
Літні			
6	20	B ₁	<i>SD</i>
8	20	B ₂	<i>CB</i>
10	30	Г	<i>SE/CC</i>
12	30	Г ₁	<i>SE</i>
14	40	Г ₂	<i>CC</i>
16	40	Д	<i>CD</i>
20	50	Е	-
Всесезонні			
3 ₃ /8	5W20	-	<i>CE</i>
4 ₃ /6	10W20	-	<i>SG</i>
4 ₃ /8	10W20	-	-
4 ₃ /10	10W30	-	-
5 ₃ /10	15W30	-	-
5 ₃ /12	15W30	-	-
6 ₃ /10	20W30	-	-
6 ₃ /12	20W30	-	-
6 ₃ /14	20W40	-	-
6 ₃ /16	20W40	-	-

Вітчизняні оливи, що мають маркування за ДСТУ 17479.1, почали додатково маркуватися і за міжнародною класифікацією. Орієнтовну відповідність моторних олив за класами в'язкості і групами за умов експлуатації за ДСТУ 17479.1 системі *SAE* і системі *API* можна визначити за табл. 1.6.

Вищенаведені дані щодо олив і деякі інші дозволяють підібрати зарубіжні еквіваленти вітчизняним.

1.8. Методи контролю якості моторної оливи в експлуатації

Експлуатаційні властивості ПММ оцінюють непрямыми й прямими методами [3, 11, 13, 18].

Непрямі методи оцінювання експлуатаційних властивостей ПММ застосовуються для визначення фізико-хімічних

властивостей і складу нафтопродуктів (зазвичай в умовах заводів-виробників ПММ) і дають змогу судити, наприклад, про пускові властивості палива за фракційним складом і тиском насичених парів, пускові властивості олив – за в'язкістю за тієї чи іншої температури.

Прямі методи оцінювання поділяються так: *кваліфікаційні, стендові, контрольні, експлуатаційні.*

Кваліфікаційні методи, якими оцінюють експлуатаційні властивості нафтопродуктів, поділяються так:

- визначення корозійної активності при підвищених температурах;
- випробування на одноциліндрових і малолітражних двигунах (визначення октанового й цетанового чисел);
- випробування на повнорозмірних двигунах у стендових умовах;
- лабораторно-дорожні (оцінювання детонаційної стійкості в дорожніх умовах).

Найповніше оцінити всі експлуатаційні властивості ПММ можна безпосереднім випробуванням на повнорозмірному двигуні або машині.

Більша частина методів перевірки експлуатаційних властивостей моторних олив досить складна, вимагає спеціального устаткування. Всебічні випробування моторних олив виконуються в науково-дослідних закладах, на нафтопереробних заводах, лабораторіях Держстандарту.

Після того як серія випробувань завершена і в тому випадку, якщо були отримані обнадійливі результати, моторне мастило приводять у відповідність стандартам країни-виробника, *API* та *ACEA*.

На завершальному етапі здійснюються експлуатаційні випробування оливи: нове моторне мастило використовується в реальних умовах роботи. Тільки експлуатаційні випробування можуть дійсно показати, наскільки та або інша олива придатна для виконання певних завдань.

Виробники тепловозних двигунів випробування виконують на своїх стендах, характер і обсяг яких призначається залежно від мети, з якою вони виконуються. Основні види й характер цих випробувань такі:

- обкатні і регулювальні випробування;
- приймально-здавальні випробування;
- періодичні випробування окремих зразків дизелів;
- реостатні випробування;
- поїзні випробування, які виконуються при пробігах до 150 тис. км.

В усіх цих видах випробувань відбираються проби оливи для лабораторних досліджень, які проводяться як на заводах-виробниках, так і в лабораторіях наукових і навчальних закладів.

Після заводських ремонтів КР-1, КР-2 і деповських ПР-2, ПР-3 виконують обкатні і регулювальні випробування на реостатних установках з подальшою перевіркою якості ремонту в поїзній роботі. До і після ремонтів в обов'язковому порядку контролюється якість оливи.

Під час експлуатації тепловозів і дизель-поїздів хіміко-технічні лабораторії депо ведуть спостереження за зміною якості оливи, залитої в картер двигуна або оливний бак. Для цього перед постановкою тепловозів і дизель-поїздів на технічне обслуговування ТО-3 і поточні ремонти всіх видів відбираються проби оливи з дизелів. Перед відбором проби температура оливи має бути 50-60 °С.

Додатковий відбір лабораторних проб проводиться після заміни моторної оливи за бракувальними показниками і усунення несправностей, що викликали псування оливи. Проби відбирають після 3-5 діб роботи тепловоза та дизель-поїзда в експлуатації.

Відібрані перед технічним обслуговуванням ТО-3 і поточними ремонтами проби моторної оливи підлягають аналізу на визначення *в'язкості, температури спалаху, значення водневого показника, лужного числа, загального забруднення та вмісту води*. Крім того, проби оливи відібрані на поточних ремонтах усіх видів, підлягають аналізу на диспергуючу здатність. При виявленні бракувального показника поза межами норм інші показники не визначаються. Проби, відібрані після заміни оливи за бракувальними показниками, аналізуються на *в'язкість, температуру спалаху, вміст води і той показник, за яким було бракування*.

Експлуатаційну придатність оливи оцінюють шляхом порівняння даних отриманих аналізів із бракувальними

показниками, поданими в табл. 1.7. При досягненні хоча б одним із фізико-хімічних параметрів бракувального значення слід провести операції відповідно до вказівок, викладених в Інструкції з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України [13] і в методичних вказівках до контрольних робіт.

Таблиця 1.7

Норми бракування моторних оливо

Фізико-хімічні властивості	Значення параметра	Нормативний документ, за яким визначають
1	2	3
Температура спалаху, яка визначається у відкритому тиглі, °С, нижче	170	ГОСТ 4333
В'язкість кінематична при температурі 100 °С, мм ² /с (сСт) оливо:	16,5	ГОСТ 33
М-14Б; М-14В ₂ ; М-14Г ₂ , більше	11,5	
М-14Б; М-14В ₂ ; М-14Г ₂ , менше		
Забруднення оливи, см ⁻¹ , для тепловозів типів		
ТЕ10, М62, ЧМЕЗ, дизель-поїздів, більше	1300	ГОСТ 24943
Те саме для тепловозів 2ТЕ116, ТЕП70, ТЕП150, ТЕМ7 більше	1500	
Те саме для інших серій тепловозів, більше	650	
Значення водневого показника оливи		Інструкція рН-метра будь-якої моделі зі скляними електродами
М-14В ₂ , менше	5,5	
Те саме оливи М-14Б, М-14Г ₂ , менше	5,0	
Загальне лужне число, мг КОН на 1 г оливи М-14Б, при вмісті сірки в паливі до 0,2 %, менше	0,30	ГОСТ 11362
Те саме до 0,35 %, менше	0,45	
Те саме до 0,5 %, менше	0,60	

Продовження табл. 1.7

1	2	3
Загальне лужне число, мг <i>KOH</i> на 1г, олив марок М-14В ₂ , М-14Г ₂ при вмісті сірки в паливі до 0,2 %, менше	0,60	
Те саме до 0,35 %, менше	0,90	ГОСТ 11362
Те саме до 0,5 %, менше	1,20	ISO 3771
Вміст води якісно	Наявність	-
При позитивній якісній пробі масова частка води, %, більше	0,06	ГОСТ 1547
Диспергуюча здатність, менше	0,35	ГОСТ 2477

Планову заміну моторної оливи в тепловозних дизелях виконують:

а) для тепловозів 2ТЕ10 в/і, М62, 2М62, ЧМЕ2 - на поточних ремонтах ПР-2 і ПР-3 [28];

б) тепловозів 2ТЕ116, ТЕ33АС, ТЕП70, ТЕП150 – через 100 тис. км пробігу на чергових поточних ремонтах або технічному обслуговуванні [29];

в) тепловозів ТЕМ7, ТЕМ1, ТЕМ2 в/і, ТЕМ3, ЧМЕ3 в/і, ТЕМ130, ТГМ, дизель-поїздів на ремонтах усіх видів [30];

г) гарантійних тепловозів і дизель-поїздів – відповідно до заводських інструкцій;

д) тепловозів ТЕ133АС, ЧМЕ3П, рейкових автобусів 620М, дизель-поїздів ДРКр2, ДПКр3 через 6-12 місяців залежно від умов роботи [2, 13, 15].

Відпрацьована олива, що зливається з картера при плановій заміні, яка набула бракувальних параметрів, передається на регенерацію, а в тих випадках, коли злита олива не досягла за показниками якості норм бракування, вона підлягає повторному застосуванню:

а) для проведення реостатних випробувань;

б) при повній заміні оливи за бракувальними нормами в тих випадках, коли пробіг, який залишився до планової заміни оливи для магістральних тепловозів і дизель-поїздів, не перевищує 10-15 тис. км, а для маневрових і вивізних тепловозів 30-40 діб. При

кожній заміні моторної оливи слід робити ретельне продування оливної системи дизеля, промивання і протирання картера або оливного баку. Промивання здійснювати промивальною рідиною МПТ2М.

Часткові заміни оливи («поновлення») не допускаються, тому що при цьому за якістю «поновлена» олива значно поступається свіжій. У результаті дизель тривалий час працює на оливі, якість якої близька до бракувальної, що знижує ресурс роботи деталей дизеля.

Реостатні випробування дизель-генераторних установок при випуску тепловозів із поточних ремонтів ПР-2 і ПР-3 проводять на злитій за пробігом відпрацьованій оливі з показниками якості, які не досягли бракувальних норм. Під час реостатних випробувань центрифуги і фільтри тонкого та грубого очищення мають бути ввімкнені.

Після закінчення реостатних випробувань оливу слід злити з оливної системи дизеля, картер дизеля або оливний бак промити і протерти, після чого залити свіжу оливу. Перед заливанням свіжої оливи очищують фільтри грубого очищення і центрифуги, а фільтри тонкого очищення оливи заміняють новими. Для тепловозів ЧМЕ всіх індексів промивання оливної системи дизеля після ремонту здійснюється моторною оливою, яка не досягла норм бракувальних показників.

Повну заміну оливи марки МС-20 у ванні регулятора частоти обертання робити через одне технічне обслуговування ТО-3 тепловоза з промиванням ванни. Промивати ванну регулятора слід чистим профільтрованим гасом або дизельним паливом.

Кожне локомотивне депо, що виконує ремонт тепловозів і дизель-поїздів і заміну моторних оливи, повинно мати спеціальні ємності для зберігання і пристосування для часткової регенерації (підігрів, відстій, фільтрація, видалення води і т. п.) зливої моторної оливи при ремонті з показниками якості не нижче бракувальних норм.

На залізничному транспорті набув поширення непрямий багатоінформаційний метод оцінювання стану дизелів тепловозів без їх розбирання, заснований на постійному контролі концентрації домішок і продуктів зносу в оливі картера. Співвідношення і концентрація домішок, інтенсивність їх накопичення відповідають стану двигуна.

Основними елементами домішок в оливі, що відображують стан зносу і технічного стану дизеля, є *Fe, Cu, Pb, Si, Al, Ba* і *Na*. Наявність заліза характеризує знос циліндро-поршневої групи, співвідношення заліза і міді дозволяє визначити знос компресійних поршневих кілець; збільшення вмісту міді (при малих концентраціях заліза і свинцю) вказує на стан втулок пальців шатуна, а накопичення свинцю пов'язане зі зносом підшипників колінчастого вала, підвищена концентрація алюмінію і кремнію характеризує незадовільну повітро- і оливоочищення при роботі в запилених умовах, появи в оливі натрію є наслідком потрапляння в картер води з системи охолодження; зниження концентрації барію вказує на інтенсивне видалення присадки.

Найбільш швидким і надійним методом аналізу оливо в умовах експлуатації визнаний експресний спектральний аналіз із застосуванням фотоелектричних установок типу МФС-3 (5, 7). Установки дозволяють виконати аналіз оливо без попереднього озолення протягом 3-5 хв.

Зіставлення результатів технічного огляду дизелів з показниками концентрації продуктів зносу в оливі картера дозволяє розділити парк дизелів за градаціями стану на чотири групи (табл. 1.8).

Досконалішим є спектрограф МФС-7 (рис. 1.9), на якому можна визначати концентрацію до 24 елементів з комп'ютерною обробкою інформації. Для прискореного аналізу дизельних оливо у невеликих депо застосовують звичайні кварцеві спектрографи, якими оснащений ряд лабораторій залізниць і депо.



Рис. 1.9. Спектрометр МФС-7

Градації стану дизелів

Елемент	Концентрація продуктів зносу, г/т оливи, при стані двигуна			
	гарному	задовіль- ному	що вимагає підвищеного контролю	незадовільному, аварійному, що вимагає розбирання
Залізо	До 50	50-100	100-150	Більше 200
Свинець	» 40	40-100	100-150	» 200
Мідь	» 30	30-60	60-100	» 150

Результати аналізів картерних оливи дизелів тепловозів і дизель-поїздів заносяться до журналу форми ТУ-145 (рис. 1.10).

Локомотив

секція №

Дата відбору проби	Найменування оливи (суміші)	Фактичний пробіг локомотива після зміни оливи, км	Вид ремонту	Результати лабораторного аналізу								Причини заміни оливи
				Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с (сСт)	Вміст води, %	Вміст механічних домішок, %	Оптична густина	Водневий показник рН	Кислотне число, мг КОН на 1 г оливи	Лужне число, мг КОН на 1 г оливи	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Рис. 1.10. Форма журналу ТУ-145

Для дизелів тепловозів ТЕЗЗАС, ЧМЕЗП, рейкових автобусів 620М і дизель-поїздів ДПКр 2, 3 передбачено контроль стану моторної оливи з періодичністю 7-10 діб [22, 23]. Експлуатація оливи можлива якщо її показники відповідають нормам табл. 1.9.

Норми бракування моторних олив

Властивість	Бракувальне значення	Метод визначення
Вміст нерозчинних у пентані речовин	4 %	ASTM D7317
Кінематична в'язкість (SAE 40)	Максимальне збільшення на 25 %, мінімальна 12,5 сСт при 100 °С	ASTM D445
Загальне лужне число (менше)	4,0 (мг КОН/г)	ASTM D4739
Загальне лужне число	5,0 (мг КОН/г)	ASTM D5984
Вода (більше)	0,20 %	ASTM D95
Сажа, окиси, сульфати	Залежить від інструменту і програмного забезпечення	Інфрачервоні спектри
Концентрація металів	Графіки концентрації	Спектральний аналіз
Залізо (Fe)	макс. 30 мг/кг	
Свинець (Pb)	макс. 20 мг/кг	
Алюміній (Al)	макс. 10 мг/кг	
Мідь (Cu)	макс. 20 мг/кг	
Цинк (Zn)	макс. 5 мг/кг	
Кремній (Si)	макс. 15 мг/кг	

При досягненні або перевищенні зазначених граничних значень слід негайно замінити оливу.

Разом з аналітичними граничними значеннями вирішальне значення при заміні оливи мають стан, експлуатаційні характеристики і можливі неполадки в роботі двигуна.

Ознаками вироблення ресурсу олії можуть бути:

- товстий шар відкладень або осаду у двигуні та приєднаних до нього пристроях, наприклад фільтрах, фільтрах відцентрового очищення або сепараторах, особливо порівняно з результатами останнього дослідження;

- незвичайна зміна кольору деталей.

1.9. Причини старіння і термін служби оливи тепловозних дизелів

Під терміном «старіння оливи» розуміють сукупність різних процесів, що призводять до зміни її фізичних і хімічних властивостей при використанні в двигунах і при зберіганні. Якщо вважати, що сучасна моторна олива – це базова олива плюс присадки, то складний комплекс явищ, що відбуваються при старінні оливи, можна поділити на такі: хімічні і фізико-хімічні процеси старіння оливної основи, зовнішнє забруднення оливи і спрацьовування присадок. Такий поділ умовний, оскільки всі процеси, що відбуваються з оливою при старінні, взаємопов'язані.

Найбільший вплив на старіння оливи мають [4]:

- температура. Наприклад, у дизелі 10Д100 максимальна миттєва температура газів у камері згорання досягає 1350 К, а олива перебуває у вигляді тонкої плівки;

- інтенсивне спрацьовування присадок (особливо при обводненні оливи);

- кисень повітря. У процесах усмоктування й стиску поверхня оливної плівки підпадає під вплив кисню повітря;

- продукти згорання. У камері згорання й картері олива підпадає під вплив продуктів згорання, особливо таких, як сірчисті гази SO_2 , SO_3 , а також водяної пари;

- продукти забруднення. Ззовні у двигун із засмоктуваним повітрям потрапляє пил, водяна пара проникає в оливу палива в результаті неповного його згорання й недосконалості конструкції паливної апаратури та води з системи охолодження дизеля.

Таким чином, сутність старіння оливи у двигуні визначають такі процеси: окиснення вуглеводневих складових оливи з утворенням різних кислих продуктів і смол; забруднення продуктами неповного згорання палива, продуктами зношування, повітряним пилом і водою; спрацьовування компонентів присадок.

Процес старіння оливи призводить до підвищення її схильності до відкладень, які поділяються на лакові відкладення, нагари й осадки. У результаті утворення лакової плівки спостерігається пригорання поршневих кілець, що сприяє більшому проникненню оливи в камеру згорання й підвищенням витрат на чад і посиленню прориву газів у картер. Це

призводить до втрати потужності двигуна, підвищеного зношування циліндрових втулок і кілець, прискорення подальшого окиснення оливи.

Нагар, як і лак, є поганим провідником тепла. Тому нагароутворення призводить до тріщин у циліндрових кришках, прогару поршнів і клапанів. Відкладення нагару на форсунках різко погіршує розпилювання палива, а у вікнах циліндрових втулок погіршує продувку циліндрів, знижує потужність двигуна, збільшує витрати палива. Осади (низькотемпературні відкладення) являють собою липку мазеподібну масу чорного або темно-коричневого кольору, яка осаджується з оливи в оливопроводах. Забиваючи елементи оливної системи, осади скорочують або взагалі припиняють доступ оливи до насосів, деталей тертя, оливних фільтрів, що може призвести до аварійних пошкоджень двигуна.

Таким чином, сутність старіння оливи у двигуні є складним комплексним процесом, який залежить від багатьох чинників, у тому числі конструкції поршня, паливної апаратури, регулятора та інших вузлів (рис. 1.11) [20, 21].

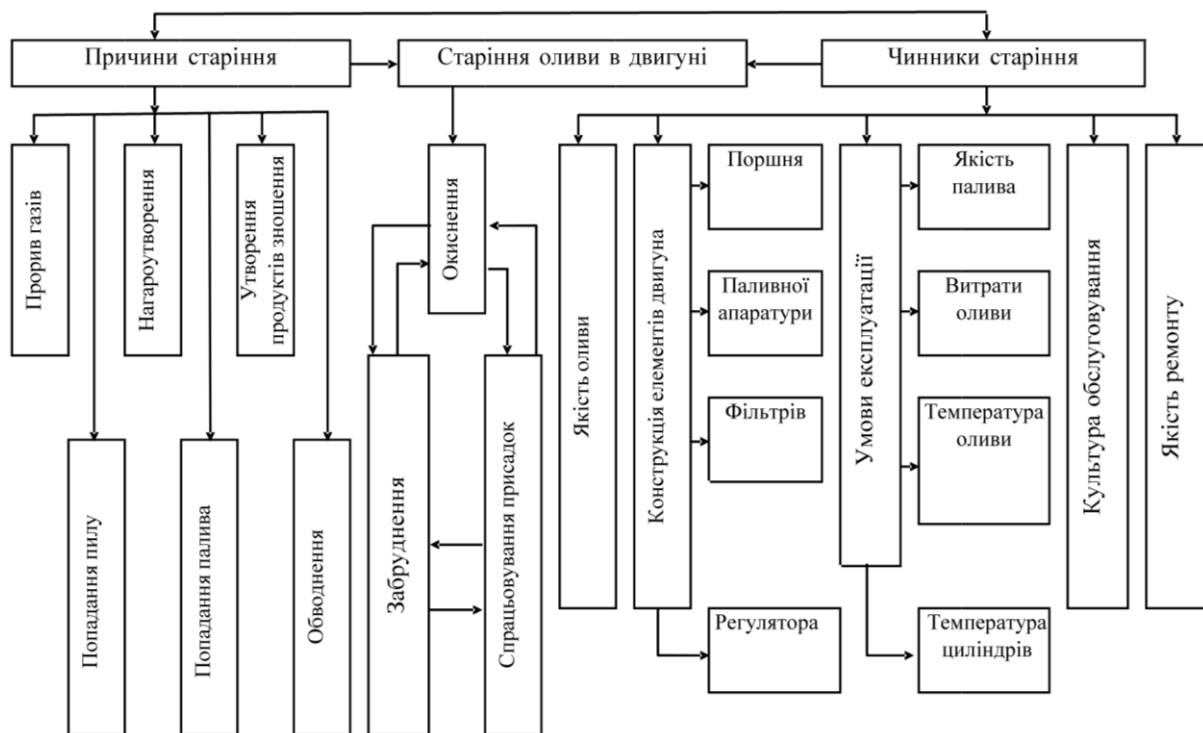


Рис. 1.11. Чинники, що впливають на процеси старіння оливи у двигуні

Велика увага приділяється визначенню тих показників якості моторної оливи, які можуть прямо або побічно характеризувати процес її старіння. Однак, незважаючи на велику кількість різних методів оцінювання експлуатаційних властивостей як свіжих, так і моторних оливи, що працювали, нема єдиної системи визначення придатності оливи для подальшої роботи у двигуні.

1.10. Основні причини погіршення якості оливи тепловозних дизелів

Зміна в'язкості й температури спалаху оливи. Особливість експлуатації тепловозних дизелів полягає в тому, що вони до 30-70 % часу працюють на холостому ході, тривалий час на перехідних режимах і малих навантаженнях. Відомо, що паливні насоси тепловозних дизелів на режимах малої подачі працюють нестійко. Це призводить до неякісного розпилування палива, порушення нормального протікання робочого процесу в циліндрах, у результаті чого незгоріле паливо частково осаджується на стінках циліндрів, стікаючи потім у картер, а також потрапляє в картер з газами.

Як відомо, щоб забезпечити повне й своєчасне згорання палива в циліндрах, початок його впорскування має здійснюватися з певним випередженням відносно положення поршня у верхній мертвій точці (в. м. т.). Для дизеля впорскування палива при куті випередження більше норми відбувається в непідготовлене середовище, і період затримки спалаху палива збільшується. При цьому має місце стукіт і підвищена жорсткість роботи дизеля, що шкідливо позначається на шатунно-поршневій групі й вкладишах підшипників колінчастого вала.

При куті випередження менше норми процес згорання палива відбувається на такті розширення, що призводить до зниження потужності дизель-генератора, догорання палива у випускних колекторах, перегріву охолоджувальної води, збільшення нагаровідкладень на вікнах втулок циліндрів, випускних клапанах і в сопловому апараті турбокомпресора.

Неповне згорання палива внаслідок відхилень від норми кута випередження впорскування палива призводить до його потрапляння в картер і зниження в'язкості оливи.

Зі збільшенням температури палива від 30 до 80 °С його в'язкість зменшується у 2,5 раза. При зменшенні в'язкості знижується далекобійність струменів палива, виникає нерівномірний розподіл палива по циліндру з більшою його концентрацією по периферії, відбувається осадження палива на стінках циліндра й зрізання його кільцями в картер дизеля. Зі збільшенням температури годинні витрати палива на холостому ході зростають. У зв'язку з цим необхідно при експлуатації тепловозів попереджати випадки підвищення температури палива.

Під загальним поняттям «забруднення оливи» розуміється накопичення в ній небажаних домішок, що погіршують експлуатаційні властивості оливи. Забруднення (їх називають також механічними домішками), що потрапляють до оливи, можна поділити на нерозчинні і розчинні домішки (продукти окиснення оливи).

Нерозчинні домішки в оливі накопичуються шляхом появи сажі, продуктів зносу, сторонніх речовин ззовні, а також внаслідок утворення продуктів окиснення і термічного розкладання оливи.

Забруднення оливи. Складний механізм забруднення оливи продуктами старіння можна подати в такий спосіб: у верхній, високотемпературній зоні (зона в. м. т. першого поршневого кільця) на оливну плівку діють максимальні температура й тиск, а також продукти згорання палива. Тонкий шар оливи, що залишився на стінках циліндрової втулки з боку камери згорання, забруднюється продуктами згорання палива. Олива під дією високої температури, кисню повітря й продуктів згорання палива перетворюється на смолисту речовину, а потім на лак. Смолисто-лакова плівка є середовищем, у якому містяться продукти згорання. При цьому треба врахувати, що шар оливи в циліндрі постійно поновлюється поршневими кільцями, а температура на поверхні оливної плівки в цій зоні досягає 300-350 °С. У результаті «насосної дії» ущільнювальних кілець і дії оливознімних кілець у високотемпературну зону надходять все нові й нові порції оливи, а олива, що відпрацювала у верхній зоні, скидається в картер.

Наявність у складі присадок металів і різних хімічних речовин при згоранні оливи збільшує зольність, коксівність продуктів розпаду, які перебувають у циркулюючій оливі разом із частинками забруднень.

Виділяють дві основні групи домішок, що забруднюють оливу:

- *органічні* (потрапляють до оливи з камери згорання) - це продукти неповного згорання палива і продукти термічного розпаду, окиснення та полімеризації оливи (розміри яких складають не більше 2 мкм);

- *неорганічні* - частинки пилу, зношених деталей, продукти зношування присадок тощо розміром 0,5-1,0 мкм.

Крім того, з камери згорання до оливи можуть потрапити вода, сполуки сірки й свинцю. Інтенсивність забруднення оливи в картері двигуна, що працює, залежить від виду і властивостей палива; якості моторної оливи; конструкції та технічного стану двигуна; режиму його роботи в конкретних умовах експлуатації та інших чинників. При зниженні повноти згорання палива і збільшенні прориву газів до картера олива забруднюється передусім органічними домішками. Внаслідок цього кількість вуглецевих частинок в оливі зростає (рис. 1.12) [21, 27].



Рис. 1.12. Речовини, що забруднюють моторні оливи

Обводненість оливи. Значна кількість моторної оливи бракується через потрапляння до неї води. В інструкції з застосування моторних олив вказано, що олива підлягає зливу за наявності позитивної якісної проби та вмісту масової частки води більше 0,06 %. Це викликано тим, що при потрапленні води в оливі утворюється емульсія, розривається оливна плівка у парах тертя (підшипник – колінчастий вал, кільце – гільза циліндра та ін.), з'являються згустки (шлам), які забивають оливопровідні труби, утворюючи тим самим зменшення подавання оливи до поверхонь тертя, збільшується знос і корозія деталей двигуна.

У процесі роботи тепловозних дизелів на холостому ході, малих навантаженнях і перехідних режимах до картера потрапляє вода або її пара при нещільностях водяної системи та з вихлопними газами (при згоранні 1 кг палива виникає 1,2...1,4 г води). Металеві продукти зносу деталей дизелів у присутності води, взаємодіючи з органічними кислотами, утворюють їхні солі (мила). Вони погано розчиняються в оливі і випадають з неї у вигляді осадів (шламу) при порівняно низьких температурах. Відкладення низькотемпературних осадів, мазеподібної липкої маси у трубопроводах оливної системи та теплообмінниках можуть призвести до часткового і повного припинення подачі оливи до підшипників колінчастих валів і поршнів, інших вузлів тертя, а також до зниження охолоджувальної здатності водооливних радіаторних секцій холодильників тепловозів і теплообмінників.

Експериментами встановлено, що при одноразовому потрапленні до моторної оливи М14Б 0,5 % і більше відсотків води помітно погіршуються значення диспергуючої здатності, водневого показника pH , лужного числа, корозійні властивості оливи, знижується вміст активного барію (тобто присадки). Визначення вмісту води в оливі за загальноприйнятим методом Дина й Старка (рис. 1.13) (ДСТУ 2477-2014) дозволяє тільки встановити, скільки води перебуває в оливі на момент аналізу (тобто на технічному обслуговуванні ТО-3 або поточному ремонті ПР-1), але зовсім не характеризує процес проникнення води до оливи й її випаровування.

На тепловозних дизелях вода проникає до картера переважно з системи охолодження. Це підтверджується тією обставиною, що при масових одноразових аналізах оливи з

тепловозів на обводненість у всіх випадках присутності хоча б слідів води в оливі не було, а виявлявся вміст нітриту натрію, тобто антикорозійної присадки, що вводиться до охолоджувальної води. Це підтверджується при застосуванні спектрального аналізу оливи.

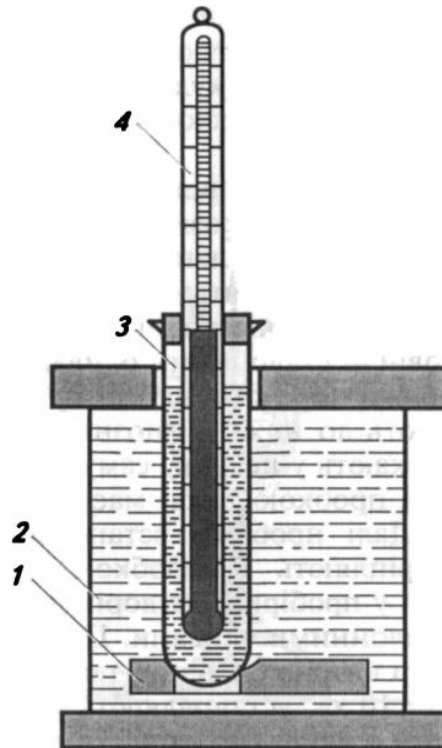


Рис. 1.13. Визначення вмісту води в моторній оливі:
1 – металевий диск; 2 – оливна баня;
3 – скляна пробірка; 4 – термометр

Для запобігання утворенню низькотемпературних осадів слід усунути причини потрапляння води до картерної оливи, уникати тривалої експлуатації тепловоза при низьких температурах охолоджувальної води й оливи в системах дизеля, особливо в сезонні періоди експлуатації. Треба запобігати прогріву тепловозних двигунів у режимі так званого «самопрогріву», застосовуючи прогрів при відстої тепловозів від стороннього джерела теплової енергії або мобільного (бортового) устаткування, що призведе до зниження опадоутворення в картері, підвищення до нормального рівня температури охолоджувальної води й оливи при роботі дизеля на малих і середніх навантаженнях, особливо взимку.

Лужність і кислотність моторної оливи. У період роботи дизеля в оливі відбуваються складні фізичні й хімічні процеси, що призводять до утворення кислот. Унаслідок своєї корозійної агресивності кислоти можуть вступати в реакцію з металом втулок циліндрів, поршнів, вкладишів підшипників колінчастого вала, викликаючи їхнє підвищене зношування.

Для зниження активності кислот й попередження виникнення таких реакцій до оливи вводять спеціальні присадки, у сполуках яких є метал (барій, цинк або кальцій). При цьому кислоти, що утворилися, взаємодіють в основному не з металом деталей дизеля, а металом присадки.

Істотно впливає на витрати присадки наявність води в оливі. Вона викликає розпад присадки, вимиваючи її з оливи й погіршуючи її ефективність. Під впливом води відбувається коагуляція диспергованих вуглеводневих часток, випадання їх в осад і відкладення на фільтрах очищення оливи. Наявність води в оливі різко збільшує витрати присадки й призводить до зниження лужності оливи. Присадки витрачаються також на диспергування нерозчинних і нейтралізацію розчинних домішок, при цьому також відбувається зниження лужності оливи.

Окиснення оливи. Олива при роботі двигуна під дією кисню повітря й високої температури піддається передусім окисненню. Накопичення в оливі продуктів окиснення, таких як окискислоти, смоли, асфальтени, карбіди, карбоїди, призводить, як відзначалося раніше, до утворення різних відкладень у двигуні. Поява в оливі в результаті окиснення оксидів і кислот обумовлює корозійну агресивність оливи. Таким чином, процес окиснення є одним з основних джерел, що впливають на утворення забруднень органічного походження (смол, асфальтенів тощо) і кислих продуктів.

За наявності в оливі присадок антиокиснювальний компонент уповільнює процес окиснення, а нейтралізуючий компонент (метал присадки) вступає в реакцію з органічними кислотами.

Міру окисненості оливи побічно можна охарактеризувати її кислотним числом. Закономірність зміни кислотного числа оливи така: у початковий період відбувається різке зростання його, потім швидкість наростань зменшується і стає практично постійною.

Стабільність олив оцінюють термостійкістю і термоокиснювальністю.

Термостійкість – це здатність нафтопродукту протидіяти хімічним перетворенням під впливом високої температури.

Термоокиснення – це термостійкість нафтопродукту до дії кисню.

Під *термоокисною стабільністю* олив розуміють їхню здатність протистояти старінню у процесі зберігання і використання.

Швидкість окиснення залежить від хімічного складу оливи, наявності в ній присадок, що сповільнюють цей процес, та умов, за яких відбувається окиснення (температури, стану поверхні взаємодії оливи з повітрям, наявності каталізаторів).

У керівництві з експлуатації двигунів вказані терміни служби олив до заміни в кілометрах пробігу (автівки, тепловози) або машино-годинах (двигуни рейкових автобусів, будівельних, дорожніх машин), або за терміном (часом) служби. Зазвичай для автомобільних двигунів термін служби олив знаходиться в межах 10-15 тис. км пробігу, дизелів тепловозів – 100 тис. км для магістральних тепловозів і 1,5 року для маневрових.

Нині, на жаль, нема стандартизованих значень показників граничного стану працюючих олив, за якими можливо визначити необхідність своєчасної їхньої заміни. Існують лише деякі усереднені показники граничного стану олив різного призначення, які можна використати в експлуатації як орієнтовні, оскільки ці показники якоюсь мірою узагальнюють досвід застосування олив у різних умовах.

У табл. 1.7 подано значення бракувальних показників якості моторних олив, застосовуваних у дизелях тепловозів. Якщо хоча б один з вказаних у табл. 1.7 показників досяг свого граничного значення (бракування), олива підлягає заміні на свіжу.

1.11. Поновлення властивостей відпрацьованої оливи

У процесі роботи якість моторних олив погіршується: змінюється в'язкість, збільшуються кислотність, коксівність, підвищується вміст механічних домішок, води та ін. Процес

зміни фізико-хімічних властивостей олив, що супроводжується зміною їхньої якості, називається старінням (підрозд. 1.9).

Олива, яка втратила в експлуатації необхідні властивості, називається такою, що відпрацювала. Така олива вимагає заміни, оскільки подальше її застосування порушує нормальну роботу двигуна, збільшує тертя, підвищує знос деталей, викликає корозію металу і нагароутворення, а також забруднення фільтрів і всієї мастильної системи. Термін служби оливи залежить як від її первинної якості, так і умов використання.

Поновлення первинних властивостей олив, що відпрацювали, з метою повторного їх використання називається *регенерацією*. Регенерація є одним зі шляхів економії оливи [5, 31].

Існуючі способи регенерації олив поділяють на фізичні, фізико-хімічні і хімічні. До найбільш поширених фізичних способів обробки олив належить відстоювання, центрифугування, фільтрація, промивання водою, відгін палива.

Відстоювання засноване на принципі осадження частинок, що знаходяться в оливі, під впливом їхньої власної маси. *Центрифугування* (аналогічно відстоюванню) сприяє розшаруванню оливи - під впливом відцентрових сил найбільш важкі забруднюючі її домішки відтісняються до стінок посудини. Для зменшення осаду в центрифугу з оливою, що відпрацювала, подають воду, яка промиває оливу і відносить з собою частину забруднюючих домішок.

Фільтрація є процесом відділення частинок, що знаходяться в оливі у зваженому стані, шляхом пропускання її через середовище (фільтрувальний папір, картон, повсть, сукно та ін.), що фільтрує.

Відгін палива від оливи заснований на різниці температур кипіння палива і оливи.

Під фізико-хімічними способами регенерації відпрацьованих олив розуміють таку обробку, при якій частково змінюється хімічний склад оливи.

Серед цієї групи способів найбільш поширені коагуляція і адсорбція.

Коагуляція – це процес зближення, злипання та укрупнення дрібних твердих частинок, рідких крапельок і газових бульбашок,

що знаходяться в дисперсних системах, особливо в області колоїдної дисперсності. У результаті цього зменшується кількість частинок дисперсної фази і збільшується їхня маса, що призводить до утворення пластівців, що випадають у вигляді осаду або спливають на поверхню дисперсного середовища. Речовини, що вводяться до оливи з вказаною метою, називаються коагуляторами. До найбільш поширених у практиці коагуляторів належать кальцинована сода, рідке скло і деякі інші речовини.

Сорбція – це фізико-хімічний процес, при якому відбувається поглинання будь-яким тілом з навколишнього середовища газів, парів або розчинених у ньому речовин. Розрізняють два види сорбції - абсорбцію і адсорбцію.

Абсорбція – це процес поглинання розчинених речовин усім обсягом поглинача.

Адсорбція – це згущення або ущільнення продуктів старіння тільки на поверхні твердого тіла, що називається адсорбентом. Ефективність дії адсорбенту тим вище, чим сильніше розвинена його поверхня контакту з відпрацьованою оливою. З цією метою придатні речовини з тонкою пористою структурою. Найбільш поширеними в техніці адсорбентами вважаються відбілюючі землі, активоване вугілля, силікагель (гідрат кремнієвої кислоти). У практиці регенерації використовується в основному спосіб адсорбції.

При хімічному способі олива обробляється кислотами і лугами, здатними входити в хімічний взаємозв'язок з продуктами старіння, що знаходяться у відпрацьованій оливі. Так, сірчана кислота вступає в хімічний зв'язок зі смолами і асфальтеном. У результаті утворюються очищена олива і осад, що називається кислим гудроном, який легко видаляється. Луг застосовують для видалення з оливи органічних кислот, сульфокислот, залишку вільної сірчаної кислоти і деяких інших сполук.

Для регенерації олив з присадками практично знаходять застосування комбіновані способи: фізичні, фізико-хімічні та хімічні, що забезпечують високоякісне очищення олив.

Регенерацію дизельних, авіаційних, автотракторних і компресорних олив, забруднених механічними домішками, водою, горючими і асфальтосмолистими речовинами, виконують на оливорегенераційних установках.

Регенерацію оливи, що відпрацювали, можна виконувати на установці, загальний вигляд якої наведено на рис. 1.14.

У сучасних трансформаторах електрорухомого складу змінного струму регенерація оливи здійснюється всередині самих трансформаторів безперервним пропусканням її через термосифонний фільтр, заповнений адсорбентом (силікагелем).

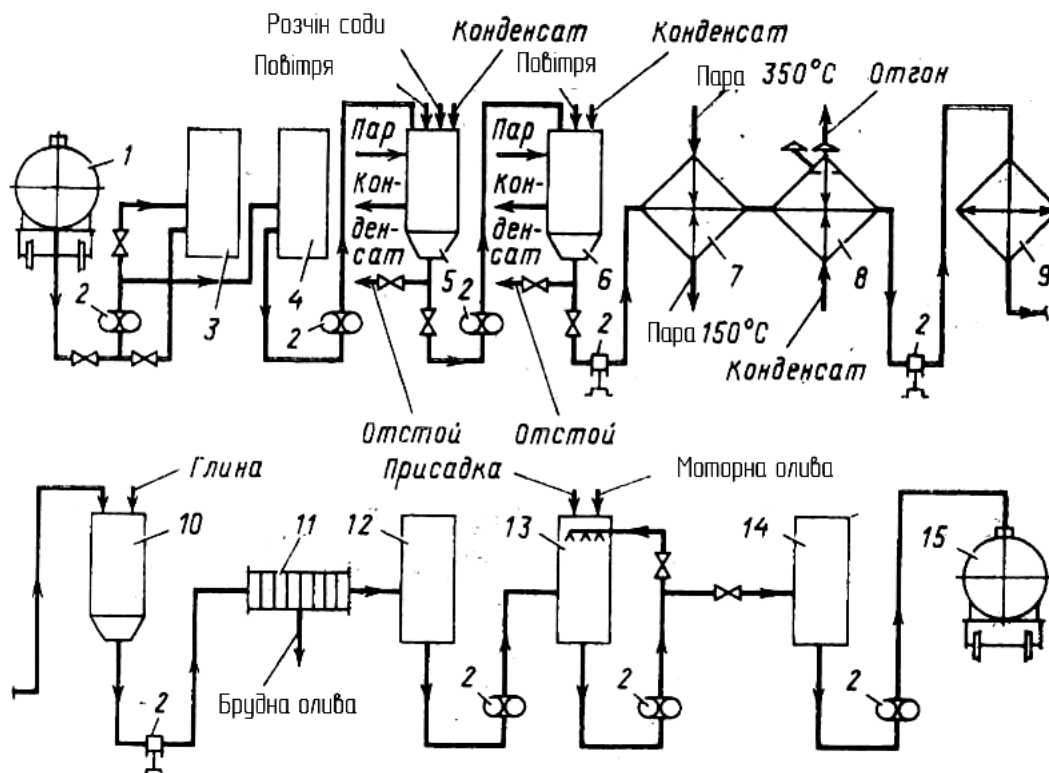


Рис. 1.14. Схема регенерації моторних оливи на заводі:
 1, 15 – цистерни; 2 – насоси; 3, 4 – резервуари для сировини;
 5 – мішалка 1-ї групи; 6 – мішалка 2-ї групи; 7 – теплообмінник;
 8 – колона випарна; 9 – апарат повітряного охолодження;
 10 – мішалка 3-ї групи; 11 – фільтр-прес; 12 – резервуар збору
 оливи; 13 – резервуар приготування оливи; 14 – резервуар готової
 продукції

1.11.1. Методи очищення моторних оливи

Для регенерації відпрацьованих оливи тепловозних дизелів доцільно використовувати поєднання фізичних, фізико-хімічних і комбінованих методів, що дає змогу регенерувати відпрацьовані оливи різних марок і з різним ступенем зниження показників якості [5].

У комплексі технологічних процесів необхідно дотримуватися такої послідовності методів: механічний – для видалення з оливи вільної води і твердих забруднень, теплофізичний – для випаровування палива та залишків води, а також фізично-хімічний – коагуляція, адсорбція. Застосовують одну з таких схем: відстоювання – обробка поверхнево-активними речовинами – відгін палива – обробка адсорбентом – фільтрація.

Якщо наведених вище методів недостатньо, можна використовувати хімічні методи регенерації олив (насичення присадками), що пов'язано з застосуванням більш складного, вартісного і дефіцитного обладнання та більшими енергозатратами, а це в умовах застосування регенераційних установок у локомотивному депо, як правило, економічно недоцільно.

Очищення оливи відстоюванням. Перед регенерацією олива повинна відстоятися. Для моторних олив достатньо 24-36 год. Хороший ефект дає відстоювання оливи у спеціальному баці, з прогріванням її до температури 80 °С (вище нагрівання не призводить до істотного зниження в'язкості). Виходячи з цього визначають найбільш корисне співвідношення між висотою H і поперечним перерізом (діаметром) D . Оптимальним є співвідношення $D/H=1,5-2,0$. При цьому переріз бака в робочому об'ємі повинен мати форму круга або піраміди (при квадратному перерізі робочої частини).

Очищення від механічних домішок. Очищення відпрацьованих олив має складатися з трьох основних етапів: коагуляція, грубе очищення, тонке очищення.

Коагуляція має бути здійснена за допомогою спеціальних речовин – коагулянтів, до яких належать електроліти неорганічного походження, поверхнево-активні речовини (ПАР), що не мають електролітичних властивостей, колоїдні розчини та гідрофільні високомолекулярні сполуки. Як неорганічні електроліти використовуються сполуки натрію (кальцинована сода, тринатрійфосфат, метилсилікат натрію та ін.), що вводяться до оливи в кількості до 10 % за масою, а також концентрована сірчиста кислота в кількості 0,25-0,5 % за масою. Можуть бути

також використані органічні електроліти: алкілбензол та алкілтолуолсульфонати.

Для грубого очищення оливи від коагулянтів доцільно використовувати блок фільтрів грубого очищення, які використовуються в тепловозних дизелях, наприклад Г41, мають пристрій для очищення фільтруючого елемента і використовуються для грубого очищення оливи, які мають унаслідок окиснення в'язкість більше 600 мм²/с. Фільтри забезпечують чистоту очищення 80 і 160 мкм (залежно від модифікації) при номінальних витратах оливи до 50 л/хв.

На третьому етапі можуть бути використані установки, робочим органом яких є насос-центрифуга. Ці установки дозволяють після центрифугування затримувати частинки забруднень з середнім розміром від 1 до 5 мкм.

Видалення води та палива. Вода та паливо, що залишилися в оливі після очищення, видаляються у два етапи: випаровуванням (вода та паливо) і адсорбуванням (вода).

На першому етапі доцільно використовувати випаровування відпрацьованих оливи за допомогою нагрівання без тиску або з використанням вакуумування. При зневодненні та видаленні палива методом випаровування в резервуарах без тиску відпрацьовані оливи нагрівають до температури 70-80 °С.

На другому етапі залишки зв'язаної води доцільно виділяти за допомогою спеціального контейнера з сорбентами типів СА-1 та СА-2. Ці сорбенти дозволяють протягом 1-1,5 год видалити з відпрацьованої оливи до 0,5 % зв'язаної води за масою. Кількість сорбентів для їх ефективного застосування має складати близько 1 % маси оливи.

Видалення продуктів старіння. Для видалення з відпрацьованих оливи продуктів старіння можливе застосування адсорбційного методу.

Як адсорбенти можуть бути використані речовини природного походження (відбілюючі глини, боксити, цеоліти) та одержані штучним шляхом (силікагель, окис алюмінію, алюмосилікатні сполуки). Широке застосування таких адсорбентів зумовлене їхньою дешевизною та великими запасами.

Адсорбційне очищення оливи від продуктів окиснення (старіння) може здійснюватися контактним методом, при якому

олива перемішується з адсорбентом. Найбільш перспективними засобами очищення оливи є перколяційний (олива протікає крізь адсорбент) і протитечії (олива і адсорбент рухаються назустріч одне одному). Основними чинниками, від яких залежить ефективність процесу, є температура і тривалість контактування. Звичайно температура підтримується в межах від 100 до 150 °С, що додатково сприяє видаленню з оливи залишків води та палива.

Можливе також використання селективного очищення відпрацьованої оливи за допомогою рідкого пропану, при якому вуглеводи оливи розчиняються у пропані, а асфальтосмолисті речовини, що знаходяться в оливі, випадають в осад.

Значний інтерес має застосування перегрітої пари з температурою від 250 до 350 °С, яка подається безпосередньо до зневодненої та розрідженої оливи. У результаті цього перегонка проходить при низькій температурі самої оливи та інтенсивному перемішуванні, що виключає місцеве перегрівання оливи та викид з місткостей.

Комбіновані методи регенерації. Вибір комбінованого методу регенерації оливи визначається характером і ступенем старіння оливи та вимогами до якості регенованої оливи. При виборі випереджальними чинниками є собівартість регенерації з урахуванням витрат енергоресурсів (електроенергії та теплоносіїв – пари) та охорона довкілля від забруднення як відпрацьованою оливою, так і відходами після регенерації.

Патентний пошук способів і приладів для регенерації олив показує, що в останні роки збільшився інтерес до вирішення цієї проблеми. Крім хімічного очищення пропонується застосування методів фізичної дії – застосування ультразвуку, магнітних полів, нових механічних приладів для відцентрового очищення з застосуванням саморозвантажувальних сепараторів та ін.

Процес регенерації відпрацьованих олив нагадує звичайні процеси отримання свіжих олив, але ускладнюється великою кількістю механічних домішок, води, палива, присадок і продуктів їх старіння або розпаду. Значна потрібність кислоти H_2SO_4 , адсорбентів і необхідність утилізації кислих гудронів, відпрацьованих адсорбентів вимагають розроблення нових технологій без застосування таких матеріалів.

Описані методи регенерації можна використати тільки на переробних або спеціальних заводах, проте складно застосовувати в експлуатуючих організаціях. Це обумовлено складністю процесів регенерації: застосуванням великої кількості агресивних хімікатів (зокрема кислот і лугів), вибухо- і вогнебезпечних установок тощо. Тому для регенерації олив безпосередньо в експлуатуючих підприємствах необхідно розробити екологічні, безпечні, малоенергоємні та ефективні установки, що забезпечують якісну регенерацію олив у межах норм споживання одного або декількох підприємств.

Гідродинамічне диспергування олив. Найбільш перспективним методом очищення відходів відпрацьованих олив є гідродинамічне диспергування, яке дозволяє продукти старіння модифікувати замість складного процесу коагуляції. Крім того, при диспергуванні в результаті нагрівання з оливи виводяться вода та паливо.

Цей метод може бути застосований у локомотивних депо при регенерації моторних (дизельних) олив, які мають бракувальні параметри за окремими показниками.

Продукти окиснення оливи – асфальтени, карбени і карбоїди, знаходячись у високодисперсному стані і потрапляючи між поверхнями тертя, мають буферний вплив. Висунута теорія знайшла останніми роками експериментальне підтвердження в роботах ряду вчених, які відзначають, що частинки домішок неорганічного походження розміром 5 мкм і менше є мовби природною присадкою протизносу в оливах. При цьому більшість досліджень позитивну дію дрібних частинок на властивості олив пояснюють тим, що такі частинки мають розвинену питому поверхню та здатні адсорбувати на себе полярно-активні продукти окиснення оливи, які ізолюють таким чином абразивні механічні домішки від поверхонь тертя і попереджають зношування. Результати досліджень методом ядерного магнітного резонансу підтвердили наявність у дрібних частинок (5 мкм і менше) покриття з продуктів окиснення.

Штучне диспергування зменшує розміри частинок і підвищує їхню кількість, що прискорює процес стабілізації (самоорганізації) вузла тертя і встановлення швидкості зношування на відносно нижчому рівні. У літературі з'явилися

відомості про дослідження щодо штучного диспергування крупних частинок забруднень в оливі безпосередньо в процесі експлуатації машин. З цією метою створені спеціальні пристрої – диспергатори, що конструктивно відрізняються один від одного залежно від механізму дії їх на частинки забруднень.

За механізмом дії на частинки диспергування може бути здійснено двома способами: за рахунок ударних хвиль, що виникають при закритті кавітаційних порожнин, і за рахунок удару об перешкоду частинок, що рухаються разом з потоком оливи (гідродинамічні диспергатори).

Диспергування частинок забруднень у гідродинамічному диспергаторі здійснюється за рахунок удару частинок об перешкоду при русі їх у потоці оливи [10, 12].

На рис. 1.15 подано принципову схему ГД. Олива з частинками під тиском надходить до конічного сопла 1, розганяється до великої швидкості і ударяється об перешкоду 2. У результаті удару частинки диспергуються, після чого олива через проріз 3 надходить до системи. Наявність ГД не виключає застосування традиційних оливоочисних пристроїв.

Олива при гідродинамічному диспергуванні нагрівається до досить значних температур: від 95 °С (при $P=0,3$ МПа) до 117 °С ($P=0,7$ МПа). У результаті такого нагрівання з оливи виводяться вода і паливо, які забруднили її під час експлуатації двигуна.

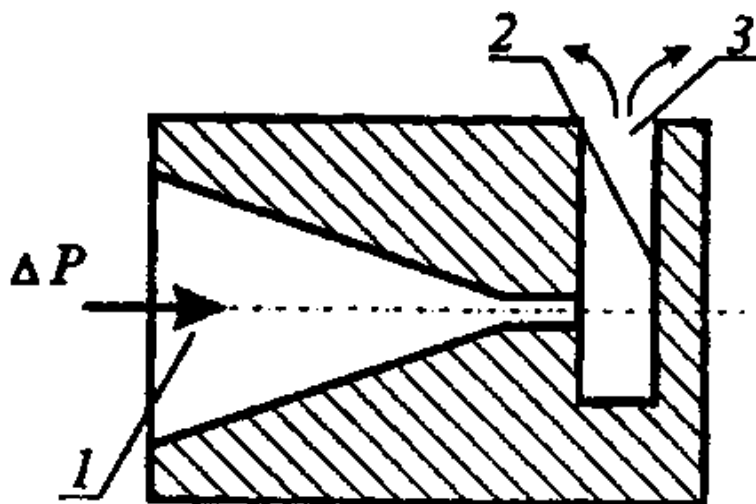


Рис. 1.15. Принципова схема ГД:
1 – сопло; 2 – перешкода; 3 – проріз

Огляд розроблених методів та устаткування для централізованої регенерації дизельних олив у системі залізничного транспорту показав, що регенерації приділяється увага, але на державному рівні рішень нема. На сьогодні фактично відсутні діючі установки, а залізничний транспорт застосовує нові (свіжі) оливи для тепловозних дизелів.

Для регенерації олив у локомотивних депо потрібно розробити екологічні, безпечні, малоенергоємні та ефективні установки (дод. 1). При цьому переробку (регенерацію) треба виконувати тільки тим оливам, які забраковані за окремими параметрами, не виробили свій ресурс (за кількістю присадок). Оливи, злиті за терміном роботи (100 тис. км пробігу вантажних тепловозів), треба збирати і відправляти на промислову переробку.

Інструкція з застосування мастильних матеріалів на локомотивах і моторвагонному рухомому складі рекомендує відновлювати властивості зливої на планових поточних ремонтах за терміном служби моторної оливи (фізико-хімічні параметри якої не досягли бракувальних значень) шляхом освітління й освіження, але такі установки відсутні в багатьох депо.

РОЗДІЛ 2

2.1. Склад і класифікація мастил

2.1.1. Призначення і склад пластичних мастил

Пластичні мастила є особливою групою мастильних матеріалів, застосовуваних для змазування, консервації та ущільнення тих вузлів тертя, у яких рідка олива не може бути використана через специфічні умови роботи і конструкції вузла.

Пластичні мастила займають проміжне положення між твердими мастильними матеріалами і оливами. При невеликих навантаженнях мастила поведуться як тверді тіла, а при критичних, таких, що перевищують міцність структурного каркаса (звичайні 50...2000 Па), вони течуть. Після зняття навантаження мастило знову набуває властивості твердого тіла. Завдяки цьому застосування мастил дозволяє спростити конструкцію вузла тертя. Поєднання властивостей твердого тіла і рідини дозволяє використати мастила для змазування негерметичних вузлів тертя і захисту від корозії відкритих металевих поверхонь.

Під пластичним мастилом розуміється нафтопродукт або синтетичний продукт, що відрізняється наявністю структурного каркаса, утвореного частинками загусника, в осередки якого поміщена олива, і призначений для зниження зносу поверхонь, що труться, консервації виробів, герметизації ущільнень і з'єднань [19].

При звичайних температурах пластичні мастила є колоїдними системами. Зовні – це мазеподібні речовини від світло-сірого (іноді білого) до темно-коричневого і чорного кольору.

Основна функція мастил – зменшення зносу деталей, що труться, з метою продовження терміну служби машин і механізмів.

Разом з тим мастила виконують і інші функції:

- захист від корозії металевих виробів при їх транспортуванні і тривалому зберіганні;

- герметизація проміжків у механізмах і устаткуванні, а також з'єднань трубопроводів і запірної арматури.

Сфера застосування мастил:

- відкриті і важкогерметизовані вузли тертя;
- вузли тертя з обмеженим доступом до них (важкодоступні);
- вузли тертя, де неможлива часта заміна мастильного матеріалу;
- змінний швидкісний режим експлуатації машин;
- вимушений контакт вузла тертя або поверхні, що захищається, з водою або агресивними середовищами;
- умови температурного режиму, що різко змінюється;
- герметизація рухливих ущільнень, сальників і нарізних з'єднань;
- тривала консервація машин, устаткування, приладів і металевих виробів;
- необхідність спростити конструкцію, зменшити масу і розмір змащуваних пристроїв.

Для забезпечення перерахованих умов тільки 14 % мастил витрачається для консервації і 2 % – для герметизації. Інші мастила використовують для зменшення тертя і зносу деталей, що труться, як антифрикційні мастильні матеріали.

Основні переваги мастил порівняно з оливами: здатність утримуватися в негерметизованих вузлах тертя, на похилих і вертикальних поверхнях; не витікати і не видавлюватися з вузлів тертя під дією високих температур, тисків, ударних навантажень і змінних режимів швидкостей; краща мастильна здатність (властивості протизносні і протизадирні); більш високі захисні властивості від корозії; підвищена водостійкість; здатність забезпечувати кращу герметизацію вузлів тертя і оберігати їх від забруднення; значно менша залежність в'язкості від температури, що дозволяє застосовувати їх у ширшому інтервалі температур; економічність за рахунок більшого ресурсу працездатності і менших витрат; здатність у деяких вузлах тертя знижувати шум і вібрацію. Крім того, витрати на виробництво значно менші порівняно з оливами, незважаючи на велику вартість мастил.

Пластичні мастила мають і ряд недоліків порівняно з оливами: утримують у зваженому стані частинки зносу деталей,

що труться, та інші механічні домішки, які викликають абразивне зношування; багато мастил при нагріванні швидко втрачають пластичні властивості і легко окиснюються; мають нижчу охолоджувальну здатність (погано відводять тепло від змащуваних деталей); ряд мастил сильно твердне при охолодженні; вартість мастил вище нафтових олив.

Будь-яка дисперсна система, незалежно від агрегатного стану речовин, складається з *дисперсної фази і дисперсійного середовища*.

Фазу, що складається з частинок роздробленої речовини, прийнято називати дисперсною фазою, а середовище, у якому поширені частинки, – дисперсійним середовищем.

Мастила складаються в основному з рідкої фази (дисперсійного середовища), на частку якої припадає від 75 до 90 %, і загусника (дисперсної фази), що становить 10...25 %. Як рідку фазу в більшості мастил використовують нафтові мінеральні і синтетичні оливи [16, 20].

Для виробництва мастил використовуються в основному індустриальні, трансформаторні оливи, веретенні АУ, олива вазелінова медична, приладове МВП та ін. Для приготування мастил, експлуатованих у широкому інтервалі температур і швидкостей, при високих питомих навантаженнях, у глибокому вакуумі, в агресивному середовищі і тому подібне як дисперсійне середовище використовуються різні синтетичні оливи. Синтетичні вуглеводні поєднують у собі кращі якості нафтових олив, складних ефірів і полісилоксанів і позбавлені їхніх недоліків. Мають хороші властивості протизносу, не діють на гуму. Частка мастил на синтетичних матеріалах не перевищує 5 % загального рівня виробництва мастил.

Багато властивостей мастил залежать від оливної основи. Природа, хімічний склад, груповий і фракційний склад дисперсійного середовища істотно впливають на структуроутворення і загущувальний ефект дисперсної фази, а отже, на експлуатаційні властивості мастил.

Від оливної основи залежать:

- працездатність мастил у певному інтервалі температур, силових і швидкісних навантажень;
- їхня окиснюваність;

- колоїдна стабільність мастил;
- захисні властивості мастил;
- стійкість до агресивних середовищ;
- набухання контактуючих виробів з гуми, полімерів і т. ін.

Низькотемпературні властивості мастил (в'язкість при негативних температурах, пусковий крутний момент) залежать від в'язкості оливної основи при низьких температурах, а випаровуваність – від молекулярної маси фракційного складу і температури спалаху дисперсійного середовища.

Більше, ніж дисперсійне середовище, на експлуатаційні властивості пластичних мастил, впливають загусники (дисперсна фаза).

Температурні межі застосування мастил багато в чому визначаються температурами плавлення і розкладання загусника, його розчинністю в оливі і концентрацією.

Від природи загусника залежать:

- антифрикційні і захисні властивості;
- водостійкість;
- колоїдна, механічна і антиокиснювальна стабільність мастил.

Мила, будучи ПАР, виконують у мастилах функцію загусника, а також компонентів протизносу і протизадирних. Тому, класифікуючи мастила за складом, передусім виділяють вид загусника. Так, за природою загусника всі мастила поділяються на чотири групи: *мильні, вуглеводневі, неорганічні та органічні*.

Мильні мастила є найбільш поширеними. Мила – це солі вищих жирних кислот, які отримують нейтралізацією вищих кислот гідрооксидами металів. На частку мильних мастил припадає близько 80 % обсягу випуску всіх мастил.

На практиці виробництва мастил для отримання мила використовують індивідуальні жирні кислоти, що отримуються з природних жирів, самі природні жири і синтетичні жирні кислоти, що утворюються при окисненні парафіну.

Із індивідуальних кислот для отримання мастил найширше використовується стеаринова, оксистеаринова, лауринова, пальметинова.

Для виробництва мастил використовуються луки багатьох металів – кальцію, натрію, калію, літію, магнію, цинку, барію, алюмінію, свинцю, стронцію, срібла. Найпоширеніші кальцієві, натрієві, літієві та алюмінієві мастила.

Кальцієві мастила – їх називають солідолами. Застосовуються у вузлах, де температура не вище 60...70 °С. Їхніми перевагами є висока водостійкість, хороші захисні і протизносні властивості.

Натрієві мастила мають кращу термостабільність, ніж кальцієві мастила. Застосовуються при температурі до 110...130 °С. Основний недолік – низька водостійкість.

Літієві мастила застосовуються при температурах від мінус 50 °С до плюс 120 °С і вище.

Алюмінієві мастила мають підвищену водостійкість, тому найширше застосовуються у вузлах і механізмах, що контактують з морською водою.

Мильні мастила поділяють на звичайні і комплексні (Са-Na і т. д.). Температура застосування звичайних мильних мастил нижча за комплексні.

Вуглеводневі мастила отримують плавленням нафтової оливи з вуглеводнями (парафінами, церезинами, озокеритом, петролеумом, віском). Вони є найдешевшими мастилами, мають підвищену водостійкість, захисні властивості. Працездатні до 50...65 °С.

З неорганічних мастил найбільш поширені силікагелеві мастила. Вони стійкі до окиснення і дії агресивного середовища. Мають недостатні захисні і протизносні властивості. Працездатні від мінус 60 до плюс 170 °С і вище. До них належать бентонітові, графітні, азбестові та інші мастила.

Мастила на органічних загусниках застосовують, як правило, як високотемпературні. Як загусники використовуються пігменти, похідні сечовини, полімери, сажа та ін.

Для надання мастилам особливих властивостей (механічної міцності, стійкості до високих температур і сильних окисників) до деяких мастил додають порошкоподібні неорганічні речовини, що називаються наповнювачами. Вони мають одночасно і загущувальну здатність. Поширення отримали наповнювачі, які характеризуються низькими коефіцієнтами тертя: графіт,

дисульфід молібдену, слюда, тальк, нітрит бору, сульфіді деяких металів, азбест тощо. Досить широко використовують як наповнювачі оксиди цинку, алюмінію, олова, бронзи і латуні, які зазвичай замішують у готове мастило в кількості від 1 до 30 %. Такі наповнювачі застосовують переважно для виробництва нарізних і ущільнювальних мастил, а також антифрикційних мастил, використовуваних у важконавантажених вузлах тертя.

Для поліпшення інших експлуатаційних властивостей до мастил додають присадки. Присадки – поверхнево-активні речовини, що зумовлюють активність як в об'ємі мастила, так і на межі розділу фаз загусник-дисперсійне середовище. Для поліпшення властивостей мастил застосовують *протизносні, протизадирні, антифрикційні, захисні, антикорозійні, антиокиснювальні* присадки. Багато присадок є поліфункціональними.

До мастил, окрім основних компонентів, вводять речовини, що стабілізують колоїдну систему, а також покращують окремі експлуатаційні властивості. Для запобігання розшаруванню мастил у них вводять стабілізатори. Як стабілізатори структурного каркаса застосовують такі ПАР, як гліцерин, вода, спирт, жирні кислоти, мила, луги, нафтові смоли.

Класифікація і маркування мастил. Велика різноманітність різних груп і марок мастил вимагає їхньої класифікації. Існує декілька видів класифікації, наприклад за типом загусника, структурою, призначенням та іншими ознаками. За консистенцією мастила класифікуються на напіврідкі, пластичні і тверді.

Пластичні і напіврідкі мастила є колоїдними системами, що складаються з оливної основи і загусника, а також присадок і добавок, що покращують різні властивості мастил. Тверді мастила до затвердіння є суспензіями, дисперсійним середовищем яких служить смола або інші єднальні речовини і розчинник, а загусником – дисульфід молібдену, графіт, технічний вуглець і т. п. Після затвердіння (випарювання розчинника) тверді мастила є золами, що мають усі властивості твердих тіл, і характеризуються низьким коефіцієнтом сухого тертя.

За призначенням усі пластичні мастила поділяються на чотири групи, що позначаються в маркуванні великими буквами українського алфавіту:

- *антифрикційні* – призначені для зниження зносу і тертя ковзання спряжених деталей. Складають приблизно 80 % усіх пластичних мастил і поділяються на 12 підгруп, кожна з яких має власне позначення (табл. 2.1);

- *консерваційні* – призначені для захисту металевих виробів і механізмів від корозії під час зберігання, транспортування та експлуатації. Позначаються буквою **З**. Застосовуються в металевих виробках і механізмах усіх видів, за винятком сталевих канатів і випадків, коли потрібно застосовувати консерваційні оливи і тверді покриття;

- *канатні* – оберігають сталеві канати від зносу, корозії і проникнення органічних речовин. Позначаються буквою **К**. Змащують ними сталеві канати і троси, а також осердя сталевих канатів;

- *ущільнювальні* – призначені для герметизації зазорів, полегшення збирання і розбирання арматури, сальникових пристроїв, нарізних, рознімних та інших рухомих з'єднань. Поділяються на три підгрупи, кожна з яких має власне позначення (табл. 2.2).

Мастило, яке одночасно може бути віднесено до декількох груп (підгруп) за призначенням, відносять до тієї групи (підгрупи), яка найбільш типова для його застосування. ДСТУ 4226:2003 виділяє 20 основних типів загусників, які поділені на чотири групи і позначаються великими буквами українського алфавіту так, як показано в табл. 2.3. При маркуванні мастила це позначення проставляється відразу після індексу пластичного мастила відповідно до сфери застосування. Позначення **М**, **О** і **Н** використовуються тільки в тих випадках, коли загусник, що входить до однієї із цих трьох груп, не передбачений переліком, наведеним у табл. 2.3. Комплексне мастило позначають буквою **к**, після якої записують позначення відповідного мила (**кКа**, **кЛи** тощо). При виготовленні пластичного мастила може використовуватися суміш з декількох загусників, тоді до маркування включається складний індекс з двох позначень, розташованих через дефіс, і на першому місці ставлять той загусник, концентрація якого в мастилі вище (**На-Ка**, **Ли-Бн** тощо).

Таблиця 2.1

Класифікація і позначення антифрикційних мастил

Група	Підгрупа	Сфера застосування
1	2	3
С	Загального призначення для звичайних температур	Вузли тертя з робочою температурою до 70 °С
О	Загального призначення для підвищених температур	Вузли тертя з робочою температурою до 110 °С
М	Багатоцільові	Вузли тертя з робочою температурою від -30 до +130 °С в умовах підвищеної вологості середовища. Зберігають працездатність при температурі до -40 °С
Ж	Термостійкі	Вузли тертя з робочою температурою більше 150 °С
Н	Морозостійкі	Вузли тертя з робочою температурою нижче -40 °С
И	Протизадирні та протизносні	Підшипники кочення при контактних напруженнях більше 2500 МПа і підшипники ковзання при питомих навантаженнях більше 150 МПа. Містять протизадирні присадки і тверді добавки
Х	Хімічно стійкі	Вузли тертя, що контактують з агресивними середовищами (кислотами, лугами тощо)
П	Приладові	Вузли тертя приладів і точних механізмів
Т	Редукторні (трансмісійні)	Зубчасті і гвинтові передачі всіх видів
Д	Припрацьовувальні (дисульфідномолібденові, графітні та інші пасти)	Спряження поверхонь з метою полегшення складання, запобігання задирів і прискорення припрацьовування

Продовження табл. 2.1

1	2	3
У	Вузькоспеціалізовані (галузеві)	Вузли тертя, мастила для яких мають задовольняти додаткові вимоги, не передбачені в перелічених вище групах (прокачуваність, емульгованість тощо). Для переважного застосування в окремих галузях техніки (залізничні, індустриальні тощо)
Б	Брикетні	Вузли і поверхні ковзання з пристроями для використання мастил у вигляді брикетів

Таблиця 2.2

Класифікація і позначення ущільнювальних мастил

Група	Підгрупа	Сфера застосування
А	Арматурні	Запірна арматура і сальникові пристрої
Р	Нарізні	Нарізні з'єднання
В	Вакуумні	Рухомі і рознімні з'єднання та ущільнення вакуумних насосів

Консерваційні й канатні мастила поділу на підгрупи не мають.

Таблиця 2.3

Типи загусників пластичних мастил

Загусник	Індекс	Загусник	Індекс
Мило	М	Тверді вуглеводні	Т
Алюмінієве	Ал	Органічні речовини	О
Барієве	Ба	Пігменти	Пг
Кальцієве	Ка	Полімери	Пм
Літієве	Ли	Уреати	Ур
Натрієве	На	Фторвуглеводні	Фу
Свинцеве	Св	Неорганічні речовини	Н
Цинкове	Цн	Глини	Бн
Калієве	К	Сажа	Сж
Комплексне	кМ	Силікагель	Си
Суміш мил	М ₁ -М ₂		

До маркування пластичних мастил записується рекомендований температурний інтервал застосування мастила, який записується у вигляді дробу одразу після позначення типу загусника. У чисельнику дробу (без знака «мінус») записується зменшена в 10 разів мінімальна робоча температура, а в знаменнику також зменшена в 10 разів максимальна температура (наприклад позначення 2/7 відповідає інтервалу температур від мінус 20 до +70 °С). Обидві температури округляються з точністю до 10 °С. Рекомендований температурний інтервал застосування має орієнтовний характер, оскільки допустимі температури застосування залежать не тільки від властивостей мастила, а й конструкції та умов роботи (швидкість, навантаження, термін заміни мастила) вузла тертя, що змащується.

За мінімальну температуру застосування мастила приймають температуру, при якій його в'язкість, визначена за ГОСТ 7163, складе 2000 Па·с. За максимальну температуру застосування приймають температуру, рекомендовану технічною документацією на мастило. Тип оливної основи і наявність твердих домішок в оливі позначають у маркуванні малими буквами українського алфавіту. Позначення типу оливної основи ставиться одразу після позначення температурних інтервалів роботи, а позначення твердих домішок (якщо вони є) – через дефіс від нього. Варіанти позначення цієї ознаки подані в табл. 2.4. Мастила, виготовлені на нафтовій основі, буквою **н** не позначаються, її вводять до позначення мастил, виготовлених на основі суміші нафтових та інших видів олив. Суміш двох і більше олив позначають складеним індексом (**нк**, **уэ** тощо). На перше місце ставлять індекс оливи, яка входить до складу дисперсного середовища в більшій кількості. Індекс **п** застосовують у випадках, коли синтетичні або інші оливи, що входять до складу дисперсного середовища, не передбачені переліком, наведеним у табл. 2.4.

До маркування мастила включається позначення класу консистенції. Позначаються ці класи арабськими цифрами. За класом консистенції всі пластичні мастила поділяються на 10 груп (табл. 2.5), які відповідають певному значенню пенетрації мастила [6] (рис. 2.1).

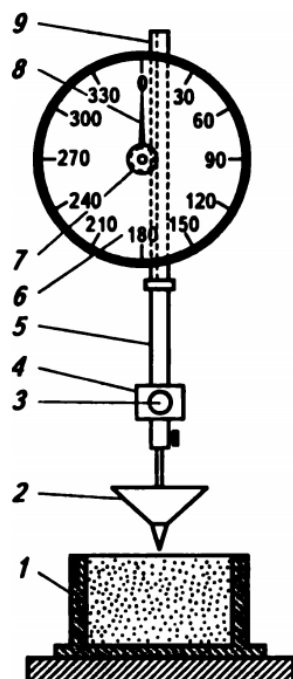


Рис. 2.1. Схема лабораторного пенетрометра:
 1 – стакан; 2 – конус; 3 – кнопка; 4 – штатив; 5 – плунжер;
 6 – циферблат; 7 – зубчасте колесо; 8 – стрілка; 9 – зубчаста рейка

Таблиця 2.4

Позначення дисперсійного середовища і твердих домішок у
 пластичних мастилах

Дисперсійне середовище	Індекс	Тверді домішки	Індекс
Нафтова олива	н	Графіт	г
Синтетичні вуглеводні	у	Дисульфід молібдену	д
Кремнійорганічні рідини	к	Порошок свинцю	с
Галагеновуглецеві рідини	ж	Порошок міді	м
Складні ефіри	э	Порошок цинку	ц
Фторсилоксани	ф	Інші тверді домішки	т
Перфторалкілоліефіри	а		
Інші оливи і рідини	п		

Клас консистенції записується або через дефіс від температурних меж роботи, або одразу за позначенням оливної

основи чи твердих домішок. Мастило з penetрацією, проміжною між класами консистенції, належить до найближчого класу консистенції. Більшість пластичних мастил, які широко застосовуються в техніці, мають клас консистенції від 0 до 3.

Таким чином, маркування пластичних мастил може мати такий вигляд:

СКа 2/7-2 (солідол) – це мастило загального призначення для звичайних температур, загущене кальцієвим милом, температурні межі його роботи від -20 до +70 °С, виготовлене на основі нафтової оливи і має penetрацію 265÷295 мм×10⁻¹.

УЛі 4/13з3 – мастило вузькоспеціалізоване, загущене літєвим милом, працездатне при температурах від -40 до +130 °С, виготовлене на основі складних ефірів і має penetрацію 220÷250 мм×10⁻¹.

КТ 6/5к-г4 – канатне мастило, загущене твердими вуглеводнями, температурні межі працездатності від -60 до +50 °С, виготовлене на основі кремнійорганічної рідини, містить тверду добавку графіт, має penetрацію 175÷205 мм×10⁻¹.

АЦн 0/4п7 – мастило арматурне, загущене цинковим милом, рекомендоване до застосування при температурах від 0 до 40 °С, виготовлене на оливі, тип якої не передбачений переліком табл. 2.5, має penetрацію менше 70 мм×10⁻¹.

Таблиця 2.5

Класи консистенції пластичних мастил

Індекс класу консистенції*	Пенетрація при 25 °С, за ГОСТ 5346	Візуальна оцінка консистенції мастила	Примітка
1	2	3	4
000	445-475	Дуже м'яка, аналогічна дуже в'язкій оливі	Напіврідкі мастила
00	400-430	Дуже м'яка, аналогічна дуже в'язкій оливі	Напіврідкі мастила
0	355-385	М'яка	
1	310-340	Те саме	

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4
2	265-295	Вазелиноподібна	
3	220-250	Майже тверда	
4	175-205	Тверда	
5	130-160	Дуже тверда, милоподібна	
6 7	85-115 нижче 70	Дуже тверда, милоподібна	

Примітка. * Якщо допустимі межі пенетрації мастила, за нормативами, знаходяться в проміжному положенні, то застосовують подвійний номер, наприклад 01.

Незважаючи на існуюче маркування пластичних мастил, передбачене ГОСТ 23258, виробники позначають свої продукти так званими товарними знаками, які набули широкого застосування і достатньо відомі споживачам, набагато краще, ніж «стандартні» позначення.

Консерваційні мастила за обсягом виробництва займають друге місце після антифрикційних (близько 15 % загального обсягу виробництва мастил). Основне призначення консерваційних мастил полягає в оберіганні металевих виробів, машин і устаткування від корозійної дії зовнішнього середовища, тобто атмосферної корозії. При зберіганні, транспортуванні та експлуатації металеві вироби під впливом вологи і кисню повітря, променистої енергії та інших компонентів довкілля зазнають корозії і руйнуються. Руйнується не просто поверхня металу, непридатними стають високоякісні металеві вироби, вартість яких часом у сотні і тисячі разів перевершує вартість самого металу.

Основний напрям поліпшення захисної здатності мастил, як і їхньої змащувальної здатності, – підбір оптимального складу компонентів і перш за все добавок.

Механізм захисної дії мастил полягає у створенні на металевій поверхні товстого непроникного для зовнішнього середовища шару. Найменшою водопроникністю характеризуються свинцево-алюмінієві мастила (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Склад та основні фізичні властивості консерваційних мастил

Марка мастила	Компонент	Температура, °С			
		крапле- діння	словзання	застигання	працездат- ності
1	2	3	4	5	6
Вуглеводневе ПВК (гарматне)	Петролатум, циліндрова олива, церезин, присадки	52	48	-10	-50...+45
Вазелін технічний ВТВ-1 (ЗТ-ПМ4/10-4)	Петролатум, індустріальна олива	54	30	-10	-40...+30
ДОІ-54п (НТ 4/5-3)	Приладова олива, загущена церези- ном, із присадками – інгібіторами корозії	60	50	-10	-20...+50
ПП-95/5	Петролатум, парафін, їдкий натр	42	40	-10	-50...+45
АМС-3	Олеостеарат алюмінію, олива ВАПОР	95	86	-	>0
ОКБ-122-7 (ПЛи-Т 3/10 _{нф1})	Етилполісиліконова рідина, олива МС- 14, церезин, стеарат літію	160	31	-	-70...+120
Вуглеводнево- мильна ЗЕС (ЗТ-Ал 4/10-4)	Петролатум, циліндрова олива, інгібітор корозії	105	80	-10	-50...+100
ЗЗК-3	Алюмінієве мило синтетичних жир- них кислот, церезин, петролатум, синте- тичний каучук СК- 45, олива ВАПОР	70	60... 70	-	-50...+60
МС-70	Стеарат алюмінію, стеарат барію, церезин-80, поліізобутилен, олива МВП	72	-	-	-40...+50

Введення інгібіторів корозії до мастил, крім гальмування електрохімічних процесів корозії на поверхні металу, може модифікувати структуру мастил, роблячи її більш дрібнозернистою. Зерна багаторазово перекривають одне одного, вільні простори між частинками зменшуються, що знижує вологопроникність мастила. Такі мастила отримали назву захисних (табл. 2.6). У технічній літературі нема даних, які прямо свідчили б про здатність мастил захищати метали від атмосферної корозії. Виняток становлять спеціальні консерваційні мастила.

Плівкотвірні універсальні складні сполуки являють собою композиції плівкотвірних компонентів, оливоорозчинних інгібіторів корозії та розчинників. Їх можна наносити на важкодоступні й внутрішні поверхні виробів у вигляді тонкої (20... 100 мкм) плівки. При цьому забезпечується надійний тривалий захист від корозії на рівні консерваційних мастил.

Як плівкотвірні компоненти можна використовувати тверді вуглеводні (парафін, церезин, петролатум, віск) або продукти їхнього окиснення, бітуми, поліізобутилен, смоли, каніфоль та інші загусники.

Плівкотвірні сполуки формують структуру плівки на поверхні металу й забезпечують її еластичність, гідрофобність і стійкість до атмосферної дії.

Полімерні загусники збільшують міцність плівки й адгезію до поверхні металу.

Мильні загусники надають продукту тискотропних властивостей (здатності відновлювати в ізотермічних умовах свою структуру, зруйновану механічною дією). Завдяки здатності тискотропних продуктів втрачати й відновлювати свою високов'язку структуру вони легко наносяться розпилюванням і не стікають із вертикальних поверхонь.

Оливоорозчинні інгібітори корозії, що входять до плівкотвірних нафтових сполук, мають добре суміщатися з їхніми компонентами, зберігаючи при цьому антикорозійну ефективність.

Як розчинники при виготовленні плівкотвірних сполук найчастіше застосовуються уайт-спірит, іноді трихлоретилен (він вогнебезпечніший).

Канатні мастила. До підгрупи канатних мастил входять пластичні мастила, які разом з протикорозійним захистом мають

знижувати тертя між окремими дротинками скрутня канатів. Канатне мастило має утримуватися як усередині, так і на зовнішній поверхні каната. Для цього необхідно, щоб воно мало високу адгезію і оптимальну в'язкість. Найбільшу функціональну ефективність мають канатні мастила, що отримуються сплавом бітуму, петролатуму, каніфолі і деяких інших компонентів з в'язкими нафтовими олівами.

Серед канатних мастил найбільшого поширення набули такі мастила: канатне 39 У і Торсиол-55.

Канатне 39У, за ТУ 38 УССР 201335-80. Широке застосування пояснюється його задовільними експлуатаційними властивостями, низькою вартістю і недефіцитністю. Склад мастила нескладний, що пояснює його масове виробництво (КТ6/5к-24; КТ-Н6/5-4).

На вигляд мастило 39У є щільною липкою маззю чорного кольору. Виготовляється сплавом нігролу, гудрону оливного, церезину, кубових залишків СЖК і триетаноламіну.

Мастило має добру водостійкість і адгезією до металу, добрі консерваційні властивості. Застосовується для мащення копальневих і бурових канатів, тросів підйомно-транспортних машин. Працездатне при температурі від мінус 25 до плюс 50 °С.

Торсиол-55, за ГОСТ 20458-89, – морозостійке мастило. Готують загущенням суміші нафтової оливи і кремнійорганічної рідини твердими вуглеводнями, містить антикорозійну присадку. Має високу водостійкість, адгезію до металу, антифрикційні і консерваційні властивості. Застосовується для мащення сталевих неоцинкованих і оцинкованих канатів при їх виготовленні, канатів, що експлуатуються при особливо низьких температурах, мащення канатів при експлуатації. Працездатне при температурі від мінус 50 °С до плюс 50 °С (КТ 5/5-00 або ТЛі 3/13-00).

Ущільнювальні та нарізні мастила призначені для надійної герметизації зазорів і щілин устаткування, ущільнення рухомих і нерухомих вузлів машин і механізмів. Вони знайшли широке застосування в різних сферах техніки – у вакуумному устаткуванні, запірній арматурі, для нарізних з'єднань і т. п. Основний споживач ущільнювачів – нафтова і газова промисловість. Тут їх застосовують для забезпечення нормальної роботи замкової арматури – засувок, пробкових кранів та ін., а

також полегшення розгвинчування і згвинчування труб при добуванні нафти і газу. Мають гарні антифрикційні властивості, запобігають задирам і схоплюванню деталей, що сполучаються, діапазон температур від мінус 40 до плюс 200 °С, тиск 10 МПа (100 кг/см²).

Як наповнювачі у виробництві ущільнювальних мастил застосовують різноманітні продукти: графіт, слюду, дисульфід молібдену та ін. Концентрація їх у мастилах коливається від 5 до 20 %. До нарізних ущільнювальних мастил додають в основному порошок м'яких металів – міді, цинку, свинцю, алюмінію або їхні суміші у високих концентраціях (50 % і більше).

Для ущільнювальних мастил ефективно сумісне використання наповнювачів різної природи і походження. Введення дисульфиду молібдену та слюди, яка має якнайкращі герметизувальні властивості серед інших наповнювачів, істотно покращує протизносні і протизадирні властивості мастил.

Особливо часто суміші наповнювачів застосовують у нарізних ущільнювальних мастилах. Металеві порошки в нарізних мастилах виконують роль герметизувального і антифрикційного матеріалу (що полегшує демонтаж труб). Герметизувальну здатність мастил значно підвищує порошок свинцю і цинку, а змащувальну здатність покращує суміш графіту і мідної пудри. Такі мастила застосовуються в гальмівних системах залізничного рухомого складу.

Тверді мастильні матеріали на основі молібдену, графіту, солей олова, кадмію, свинцю, а також полімерних матеріалів знаходять усе більше застосування під час роботи у важких експлуатаційних умовах (високі або криогенні температури, вакуум, високі навантаження тощо).

Застосування твердого мастильного покриття суттєво підвищує ефективність дії традиційних мастильних матеріалів (олив і мастил). Тертя і зношування деталей при цьому знижується, вірогідність адгезії зменшується, а ресурс важко-навантажених деталей в умовах оливного голодування зростає.

Високі антифрикційні властивості твердих мастильних матеріалів на основі MoS_2 зумовлені тим, що тертюві пари, покриті стійкою та надійною плівкою дисульфату молібдену, ізолюються одна від одної, як і при мащенні рідкою оливою. Ці плівки міцно зчеплюються з деталями, вони є стійкими до

контактних навантажень, мають великий опір розриву, легко деформуються, витримують навантаження до 30 МПа, а їхній коефіцієнт тертя з підвищенням навантаження і температури зменшується. Крім того, плівки мають високу термічну і хімічну стабільність, вони сполучаються з усіма видами мастил, є нетоксичними.

Тверді мастильні покриття на основі MoS_2 наносять на деталі механізму газорозподілу (розподільний вал, важелі), хрестовини та з'єднання карданів, шарніри рульового механізму, різні зубчасті зчеплення, вали коробок передач й останнім часом на юбки поршнів. При цьому досягається збільшення їхнього ресурсу до 30... 50 % і вище.

Тверді мастильні матеріали «Молікот» (Німеччина) на основі MoS_2 і органічної смоли зі спеціальним розчинником утворюють на поверхні суху плівку, що має добре зчеплення, протизадирні та антифрикційні властивості. Вони працюють в інтервалі температур від мінус 70 до плюс 380 °С. Покриття витримують високі навантаження.

Ці мастила не знайшли широкого застосування для мащення вузлів тертя внаслідок високої вартості та складності його заміни в умовах експлуатації.

На залізничному транспорті застосовують мастильні стрижні МЕ-22 на основі молібденового концентрату КМФ-1, епоксидної смоли ЕД-5 і отверджувача малеїнового ангідриду для мащення гребенів бандажів колісних пар локомотивів для зменшення їхнього зносу при проходженні ділянок колії, що мають велику кількість кривих. Для поліпшення струмознімання і зменшення зносу полозів струмоприймачів електрорухомого тягового складу і контактного дроту застосовують спеціальні графітові мастила СГС-О основного складу (у вигляді твердих шматків) і СГС-Д додаткового складу (у вигляді клейкої маси, яка загущена графітом) [13].

2.1.2. Закордонні стандарти на пластичні мастила

У світі існує декілька стандартів, які обумовлюють класифікацію і маркування пластичних мастил. Але найбільшого розповсюдження серед європейських виробників і споживачів набули такі стандарти і класифікатори:

- NLGI, розроблений Національним інститутом пластичних мастил США (National Lubricating Grease Institute);

- ISO 6743/9-87, розроблений Міжнародною організацією зі стандартизації (International Organization for Standardization);

- DIN 51 502, розроблений Німецьким інститутом зі стандартизації (Deutsches Institut für Normung).

Класифікатор NLGI встановлює шкалу консистенції (прухомості) мастила. За цією шкалою, всі мастила поділяються на дев'ять класів (табл. 2.7) залежно від їхньої пенетрації.

Таблиця 2.7

Класи консистенції пластичних мастил, за NLGI

Діапазон пенетрації перемішаного мастила, 10^{-4} м	Класифікаційний бал N1.01	Раніше застосовані позначення консистенції
445...475	000	рідка
400...430	00	напіврідка
355...385	0	дуже м'яка
310...340	1	м'яка
265...295	2	напівм'яка
220...250	3	середня
175...205	4	напівтверда
130...160	5	тверда
85...115	6	дуже тверда

Класифікаційні бали, за NLGI, майже повністю відповідають застосованим у ГОСТ 23258. Порядок визначення пенетрації викладений в ISO 2137:2020 (Petroleum products and lubricants - Determination of cone penetration of lubricating greases and petrolatum) і ГОСТ 5346.

Стандарт ISO 6743/9 (Смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты. (Класс L). Классификация. Группы X (пластичные смазки)) класифікує всі пластичні мастила за такими ознаками, які в маркуванні цих мастил позначають буквами латинського алфавіту і арабськими цифрами:

- мінімальна робоча температура;
 - максимальна робоча температура;
 - мастильні властивості за наявності води та антикорозійні властивості мастила;
 - мастильні властивості мастила при високих і малих навантаженнях;
 - клас консистенції, за NLGI (табл. 2.7).
- Повне позначення пластичних мастил, за ISO 6743/9-87, буде мати такий вигляд:

ISO-L-XBEGV 00,

де **ISO** – аббревіатура Міжнародної організації зі стандартизації;

L – клас матеріалу (відповідно до стандарту ISO 8681-86 (Нефтепродукты и смазочные материалы. Общая классификация. Обозначение классов) всі мастильні матеріали позначаються символом **L**);

X – група мастильного матеріалу (відповідно до ISO 6743/0-81 (Смазочные материалы, промышленные масла (Класс L). Классификация групп) всі пластичні мастила мають умовне позначення **X**);

V – мінімальна робоча температура (за табл. 2.7, це мінус 20 °С);

E – максимальна робоча температура (160 °С);

G – антикорозійні властивості (мастило може працювати при контакті з водою, але має в таких умовах погані захисні властивості);

B – характеристика працездатності при великих навантаженнях (мастило може працювати при значних навантаженнях);

00 – клас консистенції, за NLGI (мастило має пенетрацію $400...430 \times 10^{-4}$ м).

Відповідно до стандарту DIN 51 502 код пластичного мастила складається з набору букв і цифр, який записується як

KP SIF 3 G -20,

де **K** – призначення мастила (мастило призначене для підшипників кочення та ковзання й площин ковзання);

P – мастило містить присадку (у випадку, коли присадок у мастилі нема, будь-яке позначення відсутнє);

SI – мастило виготовлене на основі силіконової рідини (у разі виготовлення мастила на мінеральній оливі позначення не вноситься до маркування);

F – свідчення про наявність твердого наповнювача;

3 – індекс пластичності, за NLGI (мастило має penetрацію $220...250 \times 10^{-4}$ м);

G – верхня температура застосування і водостійкість (мастило працездатне при температурі до плюс 100 °C і має задовільну стійкість до вимивання водою при температурі плюс 90 °C);

-20 – найнижча температура застосування мастила.

2.2. Основні експлуатаційні властивості мастил

Дія пластичного мастила набагато складніша, ніж оливи, тому для ефективного виконання своїх функцій мастила повинні мати ряд експлуатаційних властивостей. ДСТУ 4310:2004 (Мастила. Номенклатура показників якості) передбачає оцінювання якості пластичних мастил за нижченаведеними показниками.

Пружно-пластичні властивості. Вони характеризують консистенцію (густину), в'язкісні характеристики і міцність структурного каркаса мастила. Пружно-пластичні властивості впливають на витрати енергії у вузлах тертя і здатність пластичних мастил утримуватися на змащених поверхнях під дією відцентрових сил. Пружно-пластичні властивості мастил оцінюються такими показниками якості, як межа міцності, penetрація, в'язкість динамічна.

Межа міцності на зсув – це мінімальна питома напруга, яку потрібно прикласти до мастила, щоб змінити його форму і зсунути один шар відносно одного, тобто поруїнувати його структурний каркас.

Межа міцності мастила залежить від температури (з її підвищенням вона найчастіше знижується) і швидкості прикладання сили. При невисокій межі міцності мастила погано утримуються у вузлах тертя, що не герметизуються, а при

високому – не надходять до поверхонь тертя навіть при достатній кількості мастильного матеріалу в механізмі.

При робочій температурі вузла межа міцності не має перевищувати 300...500 Па, а мінімальне її значення при найбільшій температурі в робочій зоні має бути не нижче 100...200 Па. При температурі 20 °С межа міцності має бути 300...1500 Па.

Визначається межа міцності за методами, описаними в ГОСТ 7143 (Смазки пластичные. Метод определения предела прочности и термоупрочнения) із застосуванням спеціальних пристроїв – міцностеміра СК, який працює на основі вимірювання максимального обертального моменту рухомої частини датчика приладу, заповненого досліджуваним мастилом; пластоміра К-2, який працює на основі вимірювання тиску, при якому відбувається зсув мастила в капілярі приладу при заданій температурі (спосіб визначення вказується в нормативно-технічній документації на мастило).

В'язкість (ефективна в'язкість) – це в'язкість пластичного мастила при певній температурі і швидкості переміщення шарів.

В'язкість мастила при одній і тій самій температурі може мати різні значення, які залежать від швидкості переміщення шарів один відносно одного. Із збільшенням швидкості переміщення в'язкість зменшується, а збільшення концентрації і ступеня дисперсності загусника призводить, навпаки, до збільшення в'язкості. Залежить в'язкість пластичного мастила від в'язкості базової оливи і технології приготування. В умовах мінімальної робочої температури і швидкості деформації 10 с^{-1} в'язкість пластичного мастила не має перевищувати 15...20 МПа·с. Велика величина в'язкості мастил може перешкоджати пуску малопотужних механізмів.

В'язкісні характеристики мастил визначаються властивостями рідкої фази і загусника. На малов'язких оливах можуть бути отримані мастила, що забезпечують працездатність машин і механізмів до дуже низьких температур. Загусники з високою загущувальною здатністю дозволяють отримати досить в'язкі мастила при малій концентрації дисперсної фази.

В'язкісні властивості мастила при температурах 70...100 °С визначають за методом, наведеним у ГОСТ 7163

(Нефтепродукты. Метод определения вязкости автоматическим капиллярным вискозиметром), на автоматичних капілярних вискозиметрах типу АКВ, у яких мастило за допомогою пружини продавлюється зі змінною швидкістю через капіляр.

Корозійна дія на метали (протикорозійні властивості) - це властивість, яка характеризує корозійний вплив пластичних мастил на металеві поверхні деталей вузла тертя. Якщо свіжі мастила мають стійкі протикорозійні властивості, то в процесі їх застосування або після тривалого зберігання їхні властивості погіршуються. Визначається названа властивість за методикою, наведеною в ГОСТ 9.080-77 (Единая система защиты от коррозии и старения. Смазки пластичные. Ускоренный метод определения коррозионного воздействия на металлы).

Для оцінювання протикорозійних властивостей металеві пластинки (марка металу визначається нормативно-технічною документацією на мастило) занурюють у мастило і витримують певний час при підвищеній температурі. Температура і час проведення досліду визначаються нормативно-технічною документацією на пластичне мастило, а якщо така інформація не наведена, то користуються рекомендаціями з ГОСТ 9.080. Після закінчення часу випробувань стан поверхонь металевих пластинок оцінюють візуально за допомогою лупи. Мастило вважається таким, що витримало випробування, якщо на поверхнях пластинок нема плям, цяток, нальотів або плівок.

Вміст води. Вода може міститися у пластичному мастилі як компонент у незначній кількості (до декількох відсотків) або проникати в нього в процесі зберігання та експлуатації. У нормативно-технічній документації на мастило, за ДСТУ 4310:2004, обов'язково зазначається допустима кількість вмісту води – відсоток вмісту або «сліди», або «відсутність». Надмірна кількість води призводить до підвищення корозійної агресивності мастил, вимивання присадок, розкладання тощо.

Для якісного визначення вмісту води в пробірку поміщають мастило на 40...60 мм її висоти, закривають пробкою, в отвір якої вставлений термометр. Спочатку пробірку нагрівають повільно зі швидкістю 10...20 °С/хв, а після того, як уся маса мастила розплавиться, швидкість нагрівання збільшують до 70 °С/хв і припиняють нагрівання при температурі 180 °С. Поява поштовхів

і потріскування при нагріванні мастила свідчить про наявність у ньому води.

Кількісно вміст води в мастилі, за ГОСТ 2477, визначають на апараті типу АКОВ шляхом прямого випаровування з наступною конденсацією і збиранням води. Кількість води в мастилах визначається у відсотках маси мастила або об'єму.

Водостійкість мастила визначається стійкістю до розчинення у воді, здатністю поглинати вологу, проникністю мастильного шару парами вологи, змиваністю водою зі змащуваних поверхонь тощо.

Висока здатність протистояти розчиненню водою і не змиватися з металів бажана для всіх мастил. Розчинність мастил водою визначається головним чином природою загусника. Абсолютна більшість загусників водою не розчиняються. Виняток становить деяке мило. У порядку зменшення розчинності у воді мила різних металів розташовуються в такій послідовності:

K - Na - Li - Mg - Ca - Hg - Pb - Al.

Здатність мастил не змиватися з металів і не вимиватися з вузлів тертя залежить не лише від їхньої розчинності у воді, але й інших властивостей, передусім пружно-пластичних і адгезійних. Мають вплив також властивості дисперсійного середовища, присутність деяких добавок і навіть текстура мастил.

Розчинність мастил визначають тільки якісно за зміною зовнішнього вигляду грудки мастила в холодній (при 20 °С протягом 24 год) і киплячій (протягом 1 год) воді. Якщо температура плавлення мастила нижче 100 °С, випробування в киплячій воді не проводяться.

Серед експлуатаційних властивостей пластичних мастил важливим показником якості є стабільність. Розрізняють колоїдну, механічну, хімічну і термічну стабільність.

Колоїдна стабільність – це здатність структурного каркаса мастила утримувати оливу, чинити опір її виділенню при зберіганні та експлуатації (розшаруванню). Мастила, що мають достатню колоїдну стабільність, не розшаровуються в умовах навантажень і температур, що виникають при експлуатації та зберіганні.

Колоїдну стабільність оцінюють на спеціальному приладі КСА. Для оцінювання цієї властивості використовують прилади, у яких мастило спресовується під дією постійного вантажу або стиснутого повітря. Числове значення колоїдної стабільності показує відношення маси відпресованої на стандартному приладі оливи до маси випробовуваного пластичного мастила, виражене у відсотках.

Механічна стабільність характеризує здатність мастил практично миттєво відновлювати свою структуру після виходу з зони безпосереднього контакту деталей тертя. Завдяки цій унікальній властивості мастило легко утримується у вузлах тертя, що не герметизуються. Здатність мастила до самовідновлення структурного каркаса після зняття механічних навантажень характеризує її тиксотропні властивості.

Механічну стабільність мастила визначають на таксометрі, вимірюючи межі його міцності до і після руйнування. Сутність методу полягає у визначенні межі міцності на розрив у результаті інтенсивної деформації пластичного мастила в зазорі між ротором і статором таксометра і при наступному тиксотропному відновленні. Вимірюється межа міцності на розрив у паскалях.

Хімічна стабільність – це стійкість мастил до окиснення їх киснем повітря в умовах експлуатації. Вона впливає на тривалість роботи мастил у вузлах тертя, оцінюється кислотним числом і стабільністю проти окиснення.

Хімічно стабільними вважаються такі мастила, у яких упродовж часу зберігання, що обчислюється зазвичай роками, а також за весь термін зберігання у вузлах тертя хімічні процеси, що перебігають, не викликають зміни експлуатаційних властивостей нижче допустимого рівня.

Хімічна стабільність мастил визначається властивостями їхніх складових. Значною мірою на хімічну стабільність мастил впливає протиокиснювальна стійкість олив. Тому для отримання мастил необхідно як основу використовувати хімічно стабільні оливи.

Термічна стабільність характеризує працездатність в умовах підвищених температур, стійкість мастил проти сповзання і стікання зі змащених поверхонь (у тому числі і з вузлів) через руйнування структурного каркаса під дією

температур, термічну стабільність побічно характеризує температура краплепадіння мастила.

Більшість мастил після нагрівання до температури на 50...60 °С нижче за температуру плавлення і подальшого охолодження не змінюють свої властивості, проте в деяких мастил після короточасного нагрівання і подальшого охолодження межа міцності підвищується в 10...100 разів. Такі мастила перестають надходити до робочих поверхонь.

Схильність мастила до термоущільнення визначають на міцностемірі шляхом вимірювання його межі міцності до і після витримки при підвищених температурах.

Протизносні властивості мастил проявляються в їхній здатності попереджати всі види зношування, запобігати заїданню деталей. Особливо велике значення властивості протизносу мастил мають у вузлах з важкими умовами тертя в механічних передачах, підшипниках ковзання тощо. Великою є роль протизносних властивостей мастил у важконавантажених підшипниках кочення і в ряді інших вузлів. Зазвичай мастила мають кращі властивості протизносу порівняно з оліями, на яких вони виготовлені.

Порядок оцінювання мастильних властивостей пластичних мастил полягає у визначенні чотирьох трибологічних показників: «індекс задиру», «критичне навантаження», «навантаження зварювання» (вимірюються у ньютонах) і «показник зносу» (вимірюється в міліметрах). Критерієм для визначення мастильних властивостей є діаметр плями зносу, яка утворюється на нерухомих кульках, і момент тертя між кульками машини тертя.

Випаровуваність – це умовна величина, яка показує кількість складових речовин пластичного мастила, що випаровуються з нього при заданій температурі за заданий проміжок часу. Випаровуваність мастила і втрати ним колоїдної стабільності спричиняють підвищення концентрації загусника, порушення їхньої однорідності та знижують пластичність.

Визначається ця властивість за методом, викладеним у ГОСТ 9566 (Смазки пластичные. Метод определения испаряемости). Для визначення цієї властивості пробу мастила поміщають у термостат, розігрітий до температури, вказаної в технічних умовах на мастило, і витримують протягом одної

години або протягом часу, зазначеного в технічних умовах. Визначається випаровуваність як відношення маси мастила, що випаровувалося, до загальної маси мастила, що застосовувалося в досліді, виражене у відсотках.

Вміст механічних домішок – це властивість, яка показує кількісний вміст механічних домішок у пластичному мастилі. Взагалі залежно від типу мастила в ньому може міститися певна кількість механічних домішок як складових (присадки, наповнювачі тощо) або домішки можуть бути абсолютно відсутні – це визначається нормативною документацією на продукт.

Визначатися вміст механічних домішок у пластичних мастилах може двома методами, які викладені в ГОСТ 1036 (Смазки пластичные. Метод определения механических примесей) і ГОСТ 6479 (Смазки пластичные. Метод определения содержания механических примесей разложения соляной кислотой).

Вміст вільних лугів і вільних органічних кислот. При виготовленні мастил, де загусником служить мило, важливо отримати мастила з нейтральною реакцією. У них наявний надлишок вільного лугу або кислоти. Великий надлишок як одних, так і інших, не тільки негативно позначається на реологічних (відновних) властивостях мастил, але і викликає корозію деталей тертя. Надлишок вільних лугів у пластичних мастилах викликає корозійне зношування кольорових металів, а підвищений вміст вільних органічних кислот – корозію чорних металів. Тому вміст названих хімічних сполук у пластичних мастилах, якщо і допускається, то в дуже обмеженій кількості.

За ГОСТ 6707, вміст у мастилі вільних лугів до 0,02 % оцінюється як їхня відсутність. Вважається, що вільні органічні кислоти відсутні в мастилі, якщо їхній вміст не перевищує 0,01 % або кислотне число не більше 0,01 мг КОН на 1 г мастила.

Температура краплепадіння характеризує температуру переходу мастила з пластичного стану в рідкий. Відповідає температурі, при якій падає перша крапля мастила, поміщеного в капсулу спеціального приладу, що нагрівається в стандартних умовах. Вона залежить в основному від типу загусника і меншою мірою від його концентрації.

За цим показником розрізняють мастила:

- тугоплавкі – температура краплепадіння вище 100 °С;

- середньоплавкі – температура краплепадіння 65...100 °С;
- низькоплавкі – температура краплепадіння до 65 °С.

Порядок визначення температури краплепадіння пластичного мастила наведено в ГОСТ 6793 (Нефтепродукты. Методы определения температуры каплепадения) рис. 2.2.

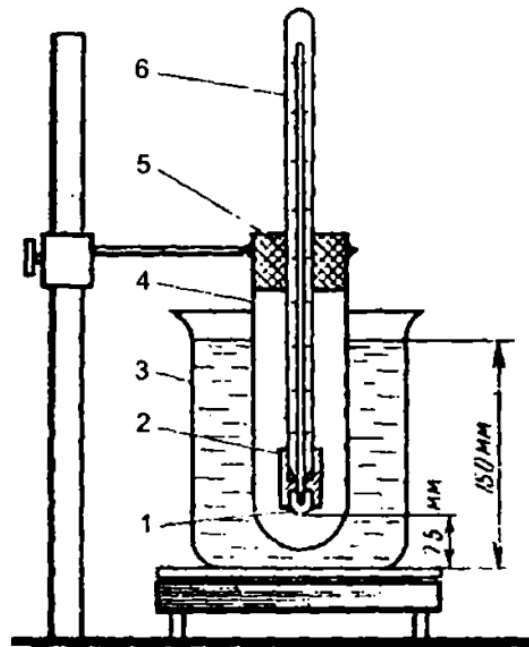


Рис. 2.2. Визначення температури краплепадіння:
 1 – чашечка; 2 – гільза; 3 – склянка з рідиною;
 4 – скляна муфта; 5 – пробка; 6 – термометр

Пенетрація (проникнення) характеризує консистенцію (густоту) мастила за глибиною занурення в нього конуса стандартних розмірів і маси протягом 5 с. Є непрямим показником здатності мастила витримувати навантаження і створювати опір витисненню його з підшипника. Пенетрація вимірюється при різних температурах і чисельно дорівнює кількості міліметрів занурення конуса, помноженій на 10. Цей показник умовний і ніяк не характеризує поведінку мастила в експлуатації, але, оскільки він легко визначається, його часто використовують для оцінювання ідентичності структури і дотримання технології виготовлення мастил. Зазвичай число пенетрації пластичних мастил перебуває в межах від 170 до 420.

Для визначення пенетрації пластичних мастил розроблено спеціальні прилади – пенетрометри (рис. 2.1), а порядок

визначення цієї властивості наведений у ГОСТ 5346 (Смазки пластичные. Методы определения пенетрации пенетрометром с конусом) [6].

Зовнішній вигляд пластичних мастил може бути додатковим критерієм їхнього оцінювання, про це вказується в усіх стандартах на мастила. У мастилах не має бути грудок загусника, будь-яких домішок, що розрізняються візуально, а також не має бути помітного виділення з мастила рідкої фази - оливи.

2.3. Застосування мастил на локомотивах і МВРС

Локомотивне господарство залізниць є головним споживачем пластичних мастил, що застосовуються для мащення вузлів ТРС – локомотивів, дизель-поїздів, МВРС. Більшу частину з переліку мастил використовують для мащення вузлів тертя тепловозів і дизель-поїздів.

Застосування мастил регламентовано Інструкціями з експлуатації відповідного виду ТРС, які розробляються заводами-виробниками й діють на час (пробіг) гарантійного терміну експлуатації, Правилами ремонту для кожного виду ТРС та Інструкцією з використання мастильних матеріалів на ТРС залізниць України, які розробляються Департаментом локомотивного господарства й затверджуються наказами АТ «Укрзалізниця» [14, 15, 28-30].

Усього для мащення поверхонь тертя деталей ТРС використовується більше 25 мастил різного призначення, які умовно можна віднести до мастил загального призначення, багатоцільових, термо-морозостійких, редукторних, канатних, консерваційних і спеціального призначення (вузькоспеціалізованих – так звані залізничні мастила).

До мастил загального призначення залізничної техніки відносять солідоли жировий (СКа-2/7-2) і синтетичний (Ска-2/8-3), які можна змішувати в будь-яких пропорціях. Як заміник можна застосовувати багатоцільові мастила Литол-24 (Мли 4/13-3), Литол-24РК, але застосування його обмежено, оскільки воно коштує дорого. Мастило ЛЗЦНІІ (Уна-ка 4/10-3)

застосовується для мащення роликів підшипників вагонів усіх типів, у тому числі спеціального рухомого складу.

Буксове мастило ЖРО (Ули-4/12-3), за ТУ 32-ЦТ-520 (або МЗТ), застосовується також для мащення підшипників ротора головного тепловозного генератора, якорів тягових електродвигунів і підшипників кочення допоміжних електричних машин. Мастило ЖРО призначене для мащення пар тертя буксових вузлів локомотивів, дизель-поїздів, МВРС і спеціального рухомого складу - воно є універсальним і може мати назву «Мастило залізничне ЖРО». На тепловозах 2ТЕ116 мастило залізничне ЖРО застосовується більш ніж у 50 вузлах тертя (триботехнічна карта мащення наведена у Правилах ремонту тепловозів).

До мастил загального призначення відносять графітне мастило (Ска 2/7-Г2), яке за складом близьке до синтетичного солідолу й застосовується для мащення валиків ресорного підвішування, ресорних листів, вузлів тертя бічних і верхніх жалюзі, механізму привода жалюзі холодильників тепловозів і дизель-поїздів, кругів кочення залізничних кранів та ін. Воно може застосовуватися як мастило (арматурне та нарізне) для поліпшення зберігання і розбирання арматури, нарізних (особливо застосовуваних у зоні високих температур), рознімних та інших рухомих з'єднань. Як заміник можна застосовувати масло графітне УССА (ГОСТ 3333) або солідол будь-якої марки (ГОСТ 33, ГОСТ 4366).

Для змащення важконавантажених шестерних тягових редукторів локомотивів застосовують мастило СТП-3 (ТУ 38-УСССР-201232) трьох марок, застосовуваних при різних температурах навколишнього середовища (від мінус 50 до 50 °С); осірковане «Л» (літнє – Осп-Л-74 ЦТ/13) та осірковане зимове – Осп 3 (ТУ 38.401-52, 71-ЦТ/13 від 20.06.1995 р.). На електровозах типу ЧС і дизель-поїздах зубчасті передачі протягом року змазують оливою ТСП-14 або ТАП 15 В (ГОСТ 23652). Для мащення опорних підшипників тягового редуктора і підшипників малого зубчастого колеса (шестерень) на електровозах типу ЧС, що мають роздільне змащення, і на електропоїздах ЕР застосовують пластичне мастило ЖРО. На електровозах ЧС2, ЧС2^т, ЧС4, ЧС4^т, ЧС6, ЧС7 у кожухи редукторів заливають

трансмійну оливу. Для мащення підшипників веденої шестерні тягового редуктора тепловоза ТЕП70 застосовують мастило ЖРО (ТУ 32-ЦТ-520).

Мастила ЦІАТІМ у локомотивному господарстві мають різне призначення. Мастило ЦІАТІМ-201 (Нли 6/9-1) застосовується в перемикачі ступенів тягових трансформаторів електрорухомого ТРС змінного струму. Як заміник можна застосовувати мастило ЖКТЗ-65 (ТУ 32-ЦТ-546).

Мастило типу ЦІАТІМ-202 (Нли 5/12-2) - одне з найкращих морозостійких мастил (робоча температура від мінус 60 до 150 °С) і може застосовуватися для підшипників кочення, ковзання, шарнірів при невеликих навантаженнях (у тому числі в гальмовій системі ТРС).

У локомотивному господарстві застосовується значна кількість вузькоспеціалізованих галузевих мастил. Застосування мастил у гальмових системах ТРС регламентується Інструкцією з технічного обслуговування, ремонту і випробування гальмового обладнання, Правилами ремонту та Інструкцією з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України № ЦТ-0060, які затверджено наказом ПАТ «Укрзалізниця» № 110-Ц від 24.01.2003 р. [13].

Основними мастилами гальмових систем ТРС є мастило ЖТ-79Л (Ули 6/12 ку 3), яке має добрі протизношувальні характеристики, морозо- та водостійкість, не викликає набухання гуми, і мастило ЖТ-72 (УкКа 6/12 к 3), яке також морозостійке, не викликає набухання гумових ущільнень гальмових приладів. Для змащення гумових і гумовотканих деталей автогальмових приладів застосовують мастило Castrol EB-1000. Допускається застосування мастил ЖТ-79-Л (ТУ 32-ЦТ-1176) і ЖТКЗ-65 (ТУ 32-ЦТ-546). Поверхні тертя «метал-метал» і «метал-гума» деталей і вузлів гальмових приладів змащують мастилом Castrol EB-1000 або ЖТ-79Л. У розрізювальних і перемикальних пробкових кранах застосовуються також мастило Castrol EB-1000 або ЖТ-79-Л та ЖТКЗ-65.

З метою утримання струмоприймачів електрорухомого складу залізниць у справжньому стані застосовують такі галузеві мастила: для заряджання нових і відремонтованих струмоприймачів із мідними і металокерамічними контактними

пластинами застосовують сухе графітне мастило основного складу марки СГС-О і рідке мастило додаткового складу марки СГС-Д, за ТУ 32-ЦТ-554. Сухим графітним мастилом СГС-О заправляють полоз у гарячому стані ($t = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$), а рідке мастило СГС-Д застосовують в умовах експлуатації при викришуванні мастила СГС-О і для підмащення полозів. Для захисту струмоприймачів ЕРС від зледеніння виконують покриття нижніх і верхніх рам, бічних частин, пружин полоза протиоблідним мастилом ЦНП-КЗ (ТУ 32-ЦТ-896) прошарком товщиною 1-2 мм. Як заміник дозволяється застосовувати трансформаторну оливу.

Задля лубрикації, тобто мащення пар тертя «колесо-рейка» рейкового транспорту з метою зменшення зносу бандажів колісних пар і бічних граней рейок у кривих ділянках колії застосовують мастила Рельсол М (Ука 315-00) і Рельсол ГС (Ука 4/5-000). Мастила подаються на гребені бандажів колісної пари ТРС спеціальним змащувальним пристроєм (мастило Рельсол М подається під тиском). Ефективним є мастило Пума-М – металоплакувальне напіврідке мастило, яке застосовується для підвищення зносостійкості при контакті гребенів колісних пар і рейок. Мастило наноситься за допомогою пересувних механізмів на бічну грань рейки або змащувальним пристроєм на гребені коліс локомотивів і закладним методом у вузли тертя. Залежно від умов експлуатації застосовується літнє Пума-Мл (Ули 4/11-1) або зимове Пума-Мз (Ули 5/8-0) мастила.

За відсутності названих мастил застосовують відпрацьовану моторну або осьову оливу, що значно погіршує екологію навколишнього середовища. Значно ефективніше й безпечніше, з екологічної точки зору, є застосування мастильних стрижнів типу МЕ-22 на основі молібденового концентрату КМФ-1, епоксидної смоли ЕД-5 і затверджувача малеїнового ангідриду. У такому разі ТРС обладнується спеціальним пристроєм, який притискає стрижні до гребенів бандажів колісних пар при вписуванні у криві ділянки колії.

Практично всі відділення, де виконується ТО та ПР, мають підйомні крани вантажопідйомністю 0,25...30 т, а відбудовні поїзди мають крани вантажопідйомністю 50...250 т. У локомотивному господарстві майже завжди використовуються крани на залізничному ході вантажопідйомністю 12...25 т. Задля

забезпечення роботи кранів застосовують канати і троси, а мастила, крім протикорозійного захисту, мають знижувати тертя між окремими дротами скрутня каната. Застосовують канатні мастила 39У (КТ-Н6/5к-г4, або КТ-Н6/5-4), Торсиол-35Б (КТЗ 3/5-0 або КТ 5/5-00; Тли 3/13-00) і Торсиол-35Е (КТ 6/5 нк 0).

Мастило 39У належить до захисних мастил і виготовляється сплавленням нігролу, гудрону оливного, церезину, кубових залишків СЖК і триетанолу, а застосовують його при температурі від мінус 25 до плюс 50 °С. Мастила типу Торсиол-35Б, Торсиол-35Е морозостійкі, водостійкі, мають антикорозійну присадку, добру адгезію до металу, добрі антифрикційні та консерваційні властивості. Призначені для мащення сталевих канатів різного призначення (окрім морських) у процесі їх виготовлення та експлуатації; працездатні в інтервалі температур від мінус 35 до плюс 50 °С. Для роботи при особливо низьких температурах від мінус 50 до плюс 50 °С застосовують мастило Торсиол-55 (КТ 5/5-00, або Тли 3/13-00), окрім морських умов.

З метою скорочення експлуатаційних витрат залізниць при зменшенні розмірів руху потягів зайві (які не експлуатуються) локомотиви відставляються в запас АТ «Укрзалізниця» і резерв залізниці (РЗ) відповідно до діючої «Інструкції з відставлення, консервації та утримання локомотивів і МВРС в запасі Укрзалізниці і резерві залізниці» № ЦТ-0100 [8], затвердженої № 489-ЦЗ від 23.06.2004 р.

При консервації локомотивів і їхніх деталей застосовують мастило гарматне (ЗТ 5/5-6) - вуглеводневе, у складі якого є петролатум, циліндрова олива, церезин, присадки. Це мастило забезпечує антикорозійний захист техніки (кольорових і чорних металів), практично нерозчинне у воді. При установленні техніки на зберігання цим мастилом консервують усі зовнішні нефарбовані поверхні, наконечники дротів акумуляторних батарей, ряд інших деталей. Допускається застосування для мащення контактної поверхні перемичок, наконечників дротів, клем акумуляторних батарей.

Другим мастилом за частотою застосування є ВТВ (ЗТ 4/4-7) – вазелін технічний волоконний, який запобігає окисненню клем акумуляторів, застосовується для консервації металевих виробів і

зовнішніх поверхонь механізмів при транспортуванні і тривалому зберіганні, має високу водостійкість і морозостійкість.

Консерваційну обробку виконують також деталям дизелів: колінчастим валам (шийки шатунних і корінних підшипників), валам роторів турбонагнітачів; осям і підматочинним частинам (буксовим) колісних пар та ін. Менше застосовуються мастила ДОІ-54п (НТ 4/5-3) для консервації приладів та електроапаратів тощо (табл. 2.6).

2.4. Правила поведіння з паливомастильними матеріалами

Токсичність паливомастильних матеріалів. Усі сорти палив і олив – це малотоксичні речовини четвертого класу небезпеки. Сила отруйної дії палива і олив на організм людини залежить від властивостей самого продукту, його концентрації, тривалості впливу, а також шляхів проникнення в організм, умов, у яких виконується робота, індивідуальних особливостей людини.

Розрізняють два види отруєння: *гостре*, коли воно розвивається протягом кількох хвилин або годин після початку отруєння, і *хронічне*, коли отруєння розвивається внаслідок тривалої систематичної дії на організм людини малих доз отруйних речовин.

Отруєння випарами бензину трапляється найчастіше. Повітря вважається безпечним для здоров'я при концентрації випарів бензину не більше 0,3 мг на 1 дм³ повітря. Більша концентрація при тривалому вдиханні може спричинити *хронічне отруєння*, ознаками якого є недокрів'я, головний біль, млявість, стомлюваність, сонливість або безсоння та виснаженість. Внаслідок подразнювальної дії випарів можуть з'явитися хронічне запалення слизових оболонок, слъзовиділення й захворювання дихальних шляхів.

При концентрації випарів бензину 5...10 мг/дм³ через декілька хвилин настає *гостре отруєння*: з'являється головний біль, неприємні відчуття в горлі, кашель, слъзовиділення, подразнення слизової оболонки та дихальних шляхів. Крім того, першими ознаками отруєння є зниження температури тіла та

артеріального тиску, вповільнення пульсу й інші зміни в організмі. Потерпілий, як правило, скаржитися на в'ялість, м'язову слабкість, мерзлякуватість. В атмосфері з великою концентрацією випарів бензину людина може втратити свідомість, з'являються судоми, ослаблення дихання й може настати смерть. Вважається, що дихати повітрям при концентрації випарів бензину 30...40 мг/дм³ протягом 5...10 хв небезпечно для життя. При більшій концентрації випарів бензину смерть може настати миттєво. З підвищенням температури повітря токсичність бензинових випарів різко збільшується. Слід зазначити, що бензин, потрапивши до шлунку, може зумовити смертельне отруєння.

Через шкіру потрапляє лише та отрута, що розчиняється в жирах і жироподібних речовинах організму. Проте при потраплянні отрути через шкіру вона надходить також у кров. Якщо опустити руку в бензин і потримати її там 5...7 хв, то після цього повітря, що видихається, міститиме випари бензину, оскільки при цьому в 1 дм³ крові буде знаходитись 0,5 мг бензину, а через 15 хв - близько 31 мг.

Найбільша небезпека гострого отруєння випарами бензину виникає під час виконання робіт у закритому приміщенні, очищенні резервуарів і тари від залишків бензину та в ремонтних відділеннях. При поганому провітрюванні таких приміщень повітря швидко насичується випарами бензину до небезпечних концентрацій, тому при виконанні робіт потрібно ретельно дотримуватись правил техніки безпеки. Серйозне отруєння може виникнути при потраплянні бензину всередину організму в разі його засмокування ротом через шланг або при продуванні ротом деталей паливної апаратури. У цьому випадку може статися тяжке запалення легенів. При частковому контакті з бензином можуть виникати як гострі запалення, так і хронічні екземи та інші захворювання шкіри.

Токсичність етилованих бензинів ще більша, тому що тетраетилсвинець має властивості отрути. Проте випари етилованих бензинів майже не відрізняються від звичайних випарів бензинів, оскільки випаровування тетраетилсвинцю спостерігається в дуже обмежених кількостях і лише після випаровування 30 % бензину.

Токсичність гасу та дизельного палива вища, ніж бензину, але через те, що гас і дизельне паливо випаровуються дуже слабо, випадки гострого отруєння їхніми випарами спостерігаються дуже рідко. Поводження з гасом і дизельним паливом на відкритому повітрі небезпеки не становить. Проте можливе хронічне отруєння під час роботи в закритих приміщеннях. При цьому ознаки отруєння гасом і дизельним паливом мало відрізняються від хронічного отруєння, зумовленого випарами бензину.

Велика концентрація випарів дизельного палива в повітрі для людини є смертельною. Гранично допустимою концентрацією випарів гасу та дизельного палива вважається $0,3 \text{ мг/дм}^3$ повітря.

Токсичність олив проявляється при частковому потраплянні оливи на відкриті ділянки тіла і тривалій роботі в промасленому одязі. Системний контакт з оливою може викликати гостре хронічне захворювання шкіри: захворювання сальних залоз, екземи, дерматити, бородавкові нарости, що переходять у рак. Токсичні властивості олив підсилюються з підвищенням температури. Дуже небезпечним для людини є дихання повітрям, насиченим оливним туманом, особливо за наявності в оливі сірководню (H_2S), що спричиняє отруєння з утратою свідомості.

До олив, які мають присадки, треба ставитися з більшою обережністю, ніж до олив без присадок, оскільки токсичність присадок, до складу яких входять сірка, фосфор, хлор, свинець, висока і ще мало вивчена.

Охорона праці і пожежна безпека при експлуатації паливно-складського господарства. Найбільш пожежо-небезпечними є об'єкти паливно-складського господарства. Пари рідкого палива і мастильних матеріалів за певних умов можуть вибухати. Дизельне паливо, застосовуване на тепловозах, відносять до пожежонебезпечних рідин груп А і Б та висувають спеціальні вимоги щодо забезпечення протипожежної безпеки. Температура прогрівання нафтопродуктів має бути не менш ніж на 15°C нижче точки займання пари. Категорично забороняється застосовувати відкритий вогонь. Штучне освітлення має бути у вибухобезпечному виконанні. Паління на паливно-складських господарствах строго заборонено. Не можна допускати зіткнення металевих частин устаткування з електропроводами або кабелем.

Роботи з очищення і ремонту ємностей для нафтопродуктів дуже небезпечні і повинні виконуватися в точній відповідності з діючими правилами та інструкціями і тільки після отримання спеціального дозволу керівництва депо або служби рухомого складу [33]. Ремонт починають після звільнення ємностей від нафтопродуктів, пропарювання і промивання їх, від'єднання трубопроводів, відкриття всіх люків і в ряді випадків після аналізу проби повітря.

Час перебування в цистерні або резервуарі не має перевищувати 15 хв при температурі не більше 35 °С з систематичним відпочинком на відкритому повітрі не менше 5 хв. Біля ковпака цистерни повинен знаходитися працівник для постійного зв'язку з тим, хто працює в цистерні. Працювати треба в спецодязі, мати респіратор і рятувальний пояс з мотузком.

Усі палива мають здатність не лише займатися від стороннього джерела, а й самозайматися. Так, температура самозаймання суміші дизельного палива з повітрям становить 480 °С, гасу 430 °С. Чим важча фракція нафтопродукту, тим при нижчій температурі нагрітого тіла вона здатна самозайматися. В'язкі оливи, наприклад, займаються вже при температурі 300 °С.

Випари палива при змішуванні з повітрям у певному співвідношенні можуть утворювати вибухові суміші, що самозаймаються від іскри чи іншого джерела вогню.

Бензинова суміш з повітрям небезпечна при концентрації бензину 1,1...5,4 %, гасу - 2...3 %. Якщо ж випари бензину чи гасу будуть більшими або меншими, то такі суміші самозайматися не будуть.

При зберіганні палива з температурою початку кипіння 70...135 °С виникнення вибухонебезпечних сумішей можна очікувати вже при температурі повітря 0...30 °С. Отже, бензин небезпечніший від гасу й дизельного палива в холодну погоду, а гас і дизельне паливо небезпечніші від бензину – у спекотну погоду.

В експлуатаційних умовах найбільшою небезпекою є порожня тара з-під бензину. Справа в тому, що достатньо з 200-літрової бочки випаритися 10...50 г бензину, щоб утворилася вибухонебезпечна суміш, а така кількість завжди може залишитися навіть при найретельнішому зливі з бочки бензину.

Щоб уникнути утворення такої суміші, пробку тари після зливу з неї бензину слід закручувати не щільно, аби з випаровуванням бензину випари виходили в повітря, а пробку можна було б відкрутити. Під час зберігання бензинів з температурою початку кипіння 60 °С у приміщенні з поганою вентиляцією вибухо-небезпечна суміш може утворюватися при температурі 0 °С і нижче.

Електризація палива в умовах його експлуатації може спостерігатись у різних випадках: при прокачуванні по рукавах і паливопроводах; розбризкуванні в повітрі; проходженні через пористі та сітчасті переборки (фільтри, трубки); змішуванні з водою; при підніманні домішок із днища цистерни.

Статична електрика, як відомо, накопичується на зовнішній поверхні ємності, і якщо її не заземлено, то на поверхні ємності може накопичуватися електрика напругою в кілька тисяч вольт. У пожежному відношенні напруга 300...500 В виявляється небезпечною, оскільки при розрядженні іскра може запалити суміш. Бензин електризується слабше, ніж дизельне паливо. Небезпека електризації ефективно усувається введенням до палива антистатичних присадок.

Для забезпечення протипожежної безпеки і захисту людей на екіпірувальних пунктах велике значення має попередження дій статичної електрики і ударів блискавки (блискавкозахист).

Для відведення електростатичного заряду заземлюють наливні стояки естакад, ємності та ін. Заземлювальні пристрої для захисту від статичної електрики доцільно об'єднувати з блискавкозахисним заземленням.

Блискавкозахист – комплекс захисних пристроїв, що попереджують дію блискавок. Струм блискавки при прямому ударі досягає $2 \cdot 10^5$ А, напруга $1,5 \cdot 10^8$ В, температура розжарення при проходженні блискавки $9 \cdot 10^3$ °С. Миттєве нагрівання конструкції і повітря викликає руйнівну повітряну хвилю. Дія блискавки може викликати електричну дугу, іскріння в повітряних проміжках між металевими конструкціями може призвести до пожежі або вибуху. Блискавкозахист складів палива передбачається в місцевостях з річною грозовою активністю 20 год і більше.

Металеві резервуари дизельного палива, естакади для зливу нафтопродуктів, приміщення з горючими матеріалами та інші споруди від прямих ударів блискавки захищаються громовідводами, захисна дія яких заснована на властивості блискавки вражати найбільш високі, добре заземлені металеві споруди (рис. 2.3).

Мастильні випари в суміші з повітрям за наявності іскри чи іншого відкритого джерела вогню також вибухонебезпечні. Відомі випадки, коли мастильні випари вибухали в картері двигуна. Ретельна небезпека утворення вибухонебезпечних концентрацій олив у закритій ємності виникає при температурі 100 °С. Проте за наявності в оливі палива критична температура може бути і нижче 100 °С, тому в картері двигуна, де завжди є паливо, вибухонебезпечна концентрація випарів може утворюватися практично за будь-якої температури.

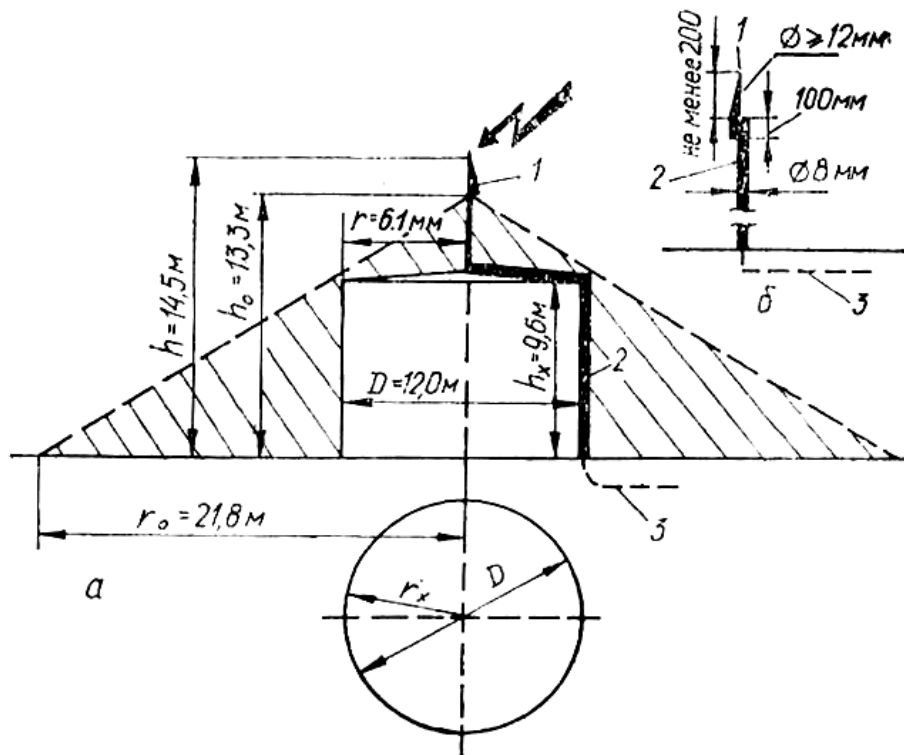


Рис. 2.3. Схема захисту від блискавки резервуара місткістю 1000 м³:

а – загальний вигляд захисту від блискавки;

б – деталі облаштувань захисту від блискавки;

1 – блискавкоприймач; 2 – струмовідвід; 3 – заземлення

При прийманні і зберіганні нафтопродуктів на складах залізниць слід керуватися інструкцією № 81/38/101235/122, а також ГОСТ 1510 і ГОСТ 26976; відбір проб нафтопродуктів здійснювати відповідно до вказівок ГОСТ 2517; контроль якості олив і мастил здійснювати в деповській лабораторії, а де нема такої – у лабораторії залізниці [13, 35].

Зливання нафтопродуктів із цистерн слід здійснювати по закритих чистих трубопроводах насосом або самопливом у ємності, призначені для окремих видів продуктів. З приймальної ємності оливу треба подавати в роздавальну ємність насосом або самопливом. Брати оливу відрами або іншим посудом шляхом опускання їх у сховище категорично забороняється.

Оливу і пластичні мастила, що надходять на склад у бочках, бідонах і дерев'яній тарі, слід зберігати в закритому приміщенні або під навісом; бочки з оливою розташовувати на підкладках у горизонтальному положенні пробкою вгору, щоб вилучення їх і огляд були легкодоступними. Оливи і пластичні мастила всередині складу повинні бути об'єднані групами за назвами олив, мастил і їхніх марок. Для кожної ємності заготовляють ярлики з зазначенням назви нафтопродукту. При зберіганні мастильних матеріалів щомісяця слід здійснювати контроль їхньої якості за показниками, зазначеними в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Контроль якості нафтопродуктів при зберіганні

Фізико-хімічна властивість	Олива*		Дизельне паливо
	дизельна	трансформа-торна	
Кислотне число	-	+	+
Масова частка механічних домішок	+	+	+
Масова частка води	+	+	+
Лужне число	+	-	-
Водневий показник	+	-	-
Електрична міцність	-	+	-

Примітка. * Інші оливи при зберіганні контролювати за такими показниками якості: кислотне число, частка механічних домішок, масова частка води.

На складах із оливопродуктами забороняється зберігання мотлоху, кінців, підбивки та інших матеріалів. Склади мастильних матеріалів мають бути забезпечені необхідним протипожежним інвентарем.

Для кожної з олив слід мати в роздавальному приміщенні самостійну ємність, обладнану підігрівом і самостійним роздавальним трубопроводом з краном.

Видачу оливи треба виконувати тільки через фільтр, з'єднаний із роздавальним бачком, у чистий і справний посуд. Видачу олив і пластичних мастил треба здійснювати в роздавальних приміщеннях, що мають гарне освітлення, обладнані протипожежними засобами, медичною аптечкою та оснащені необхідним інвентарем. Температура в роздавальній має бути на рівні житлового приміщення. Посипання підлоги піском не допускається.

При перевезенні і перекочуванні бочок отвори їхні мають бути закритими. Не допускається скидання бочок; їх слід спускати по накатах. На складах має бути місцева інструкція з порядку зливу, зберігання і видачі палива і мастильних матеріалів на локомотиви і МВРС.

Під час експлуатації тепловозів і дизель-поїздів хіміко-технічні лабораторії депо контролюють якість моторної оливи, дизельного палива та охолоджувальної води, що працюють у відповідних системах локомотивів. Для цього перед постановкою тепловозів і дизель-поїздів на технічне обслуговування ТО-3 і поточні ремонти всіх видів із відповідних систем відбирають проби моторної оливи і дизельного палива в кількості 0,5 кг.

Проби оливи відбирають на працюючих дизелях перед постановкою тепловозів або дизель-поїздів у ремонтне стійло. Температура оливи має бути в межах 50-60 °С. Проби оливи відбирають із спеціально призначених для цього кранів.

Проби дизельною палива для визначення присутності води відбирають із дна паливного бака за допомогою пробовідбірника через бічні отвори або з дизельного приміщення через отвір для мірної рейки.

При роботі з пластичними мастилами слід дотримуватись таких правил:

- не використовувати мастила з домішками води або ті, що мають механічні домішки та паливо;

- не заповнювати вузли тертя мастильним матеріалом повністю, оскільки під час роботи при нагріванні він збільшуватиметься в об'ємі і частина його може витікати;

- не використовувати мастильний матеріал при температурах, які перевищують температуру краплепадіння, і не нагрівати вище цієї температури, оскільки перегріте мастило, як правило, втрачає свої властивості;

- дотримуватися правил зберігання мастильних матеріалів, тому що під дією температури, вологи, пилу й сонячних променів їхні властивості можуть змінюватись. Мастильні матеріали слід зберігати в закритій (краще герметичній) тарі. Не допускати обводнення та забруднення їх механічними домішками. При правильному зберіганні мастильні матеріали не втрачають свої початкові властивості протягом кількох років.

При розконсервації локомотивів не видаляються інгібіторні оливи й склади з внутрішніх поверхонь дизеля, паливної і оливної систем, компресора, моторно-осьових і буксових підшипників, гідравлічних передач потужності, осьових редукторів, а також з усіх вузлів з підшипниками кочення. Ганчір'ям, замочуваним в уайт-спіриті, бензині, дизельному паливі, з зовнішніх поверхонь вузлів й агрегатів видаляється антикорозійне мастило, а поверхні протирають насухо.

Взаємозамінюваність і змішування олив і мастил, які використовуються на локомотивах і МВРС. Застосований асортимент олив і мастил на тепловозах та електрорухомому складі, як правило, передбачений Інструкцією з застосування олив і мастил, а також триботехнічними картами мащення. Для деяких вузлів тертя, окрім основних видів змащувальних матеріалів, допускається застосовувати дублюючі оливи і мастила. Проте в умовах експлуатації при різних несприятливих обставинах з забезпечення необхідним асортиментом олив і мастил доводиться вдаватися до замінників або змішування різних сортів змащувальних матеріалів. Якщо прийнято рішення про взаємозамінюваність олив, слід ураховувати в'язкість, лужність, температуру спалаху і застигання. Моторні оливи різних марок у межах однієї групи сумісні без погіршення їхніх експлуатаційних властивостей. Досвід експлуатації дизелів тепловозів показав, що моторні оливи М12Б₂ і М14Б₂ повністю сумісні і їх застосування в суміші не дає негативних наслідків у роботі дизелів тепловозів.

Мінеральні оливи без присадок можна змішувати між собою незалежно від способу очищення, наприклад компресорну оливу К19, що виробляється з малосірчистих нафт кислотноконтактного очищення, змішувати з компресорною оливою КС-19, що отримується з сірчистих нафт селективного очищення, враховуючи при цьому температуру застигання оливи.

Сумісність пластичних мастил в умовах експлуатації має велике практичне значення, оскільки часто доводиться вирішувати питання про можливість заміни одного мастила на інше, при цьому видалити перше з вузла тертя не завжди є можливим через повне розбирання вузла. Крім того, розбирання і збирання відповідального вузла (букса, тяговий електродвигун, генератор і т. д.) викликають, окрім трудових витрат, постановку локомотива в депо, а отже, і усунення його від поїзної роботи.

Залізничне мастило ЖРО на літієвій основі, призначене для підшипників кочення локомотивів і мотор-вагонного рухомого складу, не можна змішувати з натрієво-кальцієвими мастилами ЛЗ-ЦНИИ, солідолами, що виготовляються на кальцієвій основі. При змішуванні мастила ЖРО з іншими мастилами відбувається інтенсивне знеміцнення її і витікання з вузлів тертя. На нетривалий час до мастила ЖРО можна додавати мастило ЦІАТІМ 203 (ГОСТ 8773-73) без вилучення з вузлів тертя мастила ЖРО. Проте межа міцності, в'язкості і протизадірні властивості мастила ЦІАТІМ 203 гірші, ніж у мастила ЖРО.

Змішування літієвих мастил ЖТКЗ-65 і ЦІАТІМ-201 допустимо. За своїм складом і властивостями вони близькі між собою: у мастила ЖТКЗ-65 кращі низькотемпературні властивості, ніж у мастила ЦІАТІМ-201. Допускається змішування жирових солідолів з синтетичними, а також вуглеводневих мастил – технічного вазеліну і гарматного. Осірчене мастило можна змішувати з автотракторною трансмісійною оливою (нігрол), а при особливо низьких температурах до цього мастила можна додавати до 20 % осьової зимової оливи.

За відсутності мастила СТП для зубчастих передач тепловозів можна застосовувати осірчене мастило без вилучення його з кожуха. За відсутності осірченого мастила в електрорухомому складі можна також застосовувати мастило СТП. Приладову оливу МПВ можна замінити оливою – «пом'якшувальним засобом» для гумової промисловості.

Запитання для підготовки до модульного контролю

1. У чому полягає дія мийних присадок, що вводяться до моторних оливо?
2. У чому полягає призначення моторних оливо?
3. Для чого виконується захист громовідводами металевих резервуарів з нафтопродуктами?
4. Для чого призначений спектральний аналіз моторних оливо?
5. Для чого призначені антифрикційні мастила?
6. Для чого призначені канатні мастила? Як вони позначаються при маркуванні? Назвіть марки канатних мастил.
7. Для чого призначені консерваційні мастила? Як вони позначаються при маркуванні?
8. Для якої температури нормується в'язкість моторних оливо?
9. До чого призводить окиснення оливи в процесі експлуатації?
10. За якими ознаками класифікуються всі моторні оливи, за ГОСТ 17479.1?
11. За якими показниками бракуються моторні оливи тепловозів?
12. За якою ознакою класифікуються всі моторні оливи, за стандартом SAE?
13. За якою ознакою класифікуються всі моторні оливи, за стандартом API?
14. За якою ознакою класифікуються всі моторні оливи, за стандартом ACEA?
15. Зміна якого показника свідчить про потрапляння до моторної оливи палива?
16. На які групи за експлуатаційними властивостями поділяються моторні оливи, за ГОСТ 17479.1?
17. На які групи поділяють усі мастила за складом?
18. На які підгрупи поділяють усі антифрикційні мастила? Як вони позначаються при маркуванні?
19. Наведіть приклади моторних оливо, охарактеризуйте умови їхньої роботи і виконувани функції.

20. Надайте перелік основних експлуатаційних властивостей пластичних мастил.

21. Розкрийте суть поняття «пластичні мастила». Галузь застосування, склад, виконувані функції.

22. Назвіть відомі вам марки пластичних мастил для залізничної галузі.

23. Назвіть відомі вам марки пластичних мастил загального призначення.

24. Назвіть відомі вам марки універсальних, термостійких і морозостійких пластичних мастил.

25. Назвіть методи видалення з моторної оливи дизельного палива та води.

26. Назвіть методи видалення з моторної оливи механічних домішок.

27. Назвіть методи видалення з моторної оливи продуктів зносу.

28. Назвіть методи та засоби регенерації олив.

29. Назвіть основні види присадок до моторних олив, вкажіть їхнє призначення.

30. Назвіть основні етапи виробництва олив.

31. Назвіть основні причини зменшення концентрації присадок у моторних оливах.

32. Охарактеризуйте корозійну активність і мийні властивості моторних олив.

33. Розшифруйте позначення олив М14В2, М14Г2ЦС.

34. Технічний стан яких вузлів прогнозують за концентрацією заліза, свинцю, міді в моторній оливі?

35. Що називається температурою застигання оливи?

36. Що означає позначення оливи КС19?

37. Що означає позначення оливи ОС-Л (ОЛ)?

38. Що показує лужне число моторної оливи, яким методом воно визначається і в яких одиницях вимірюється?

39. Що таке динамічна й кінематична в'язкість моторної оливи?

40. Що таке дисперсне середовище та дисперсна фаза?

41. Що таке пенетрація пластичних мастил? Як вона вимірюється?

42. Що таке тертя? Його основні види.

43. Що характеризує зменшення лужного числа моторної оливи?
44. Що характеризують такі показники якості моторної оливи, як коксівність і зольність?
45. Як діє система контролю якості моторних олив під час експлуатації локомотивів?
46. Як отримують напівсинтетичні базові оливи?
47. Як оцінюються антикорозійні властивості пластичних мастил?
48. Яка допустима забрудненість моторної оливи дизелів тепловозів 2TE116?
49. Яка допустима забрудненість моторної оливи дизелів тепловозів М62?
50. Яка допустима максимальна в'язкість моторної оливи М14Г₂ЦС?
51. Яка допустима мінімальна в'язкість моторної оливи М14В₂?
52. Яка допустима температура спалаху моторної оливи М14Г₂?
53. Яка періодичність відбору проб моторної оливи для проведення аналізу?
54. Яке практичне значення має і як оцінюється температура краплепадіння мастил?
55. Який допустимий вміст води у моторній оливі М14В₂?
56. Який механізм дії в'язкісних присадок, що вводяться до моторних олив?
57. Який механізм дії депресорних присадок, що вводяться до моторних олив?
58. Який механізм дії припрацювальних присадок, що вводяться до моторних олив?
59. Який механізм дії протикорозійних присадок?
60. Як змінюється в'язкість моторної оливи в процесі експлуатації і які це має наслідки для двигуна?
61. Як отримують компаундовані нафтові базові оливи?
62. Які бракувальні показники моторних олив вам відомі?
63. Які бувають типи загусників пластичних мастил? Як вони позначаються при маркуванні?

64. Які вам відомі закордонні нормативи, що обумовлюють класифікацію і маркування пластичних мастил?

65. Які види базових олив вам відомі?

66. Які властивості моторних олив визначаються на чотирикульковій машині тертя?

67. Які групи моторних олив, за ГОСТ 17479.1, застосовуються зараз у двигунах локомотивів?

68. Які наслідки має накопичення в моторних оливах води?

69. Які переваги синтетичних олив перед мінеральними оливами?

70. Які показники якості моторних олив належать до високотемпературних?

71. Які присадки запобігають спінюванню олив?

Бібліографічний список

1. EMD 645E turbocharged engine. Fuels: руководство по техническому обслуживанию двигателя. *Electro-Motive Division Of General Motors*. La Grange : General Motors, 2000. 6 с.

2. Fuels, Lubricants and Coolants for MAN Industrial and Marine Diesel Engines: вантажні автомобілі, вбудовані агрегати і залізничний транспорт: 51.99589–8001. Мюнхен: MAN Nutzfahrzeuge Gruppe, 2005. 119 с.

3. Антіпенко А. М., Сорокін С. П., Поляков С. О. Властивості та якість паливно-мастильних матеріалів. Харків: ЧП Червяк, 2006. 213 с.

4. Бойченко С. В. Хімотологія: навч. посіб. Київ: Книжкове видавництво НАУ, 2006. 160 с.

5. Венцель Е. С., Жалкін С. Г., Данько М. І. Поліпшення якості та підвищення термінів служби нафтових олій. Харків: УкрДАЗТ, 2003. 168 с.

6. ГОСТ 5346-78. Змащення пластичні. Методи визначення penetрації пенетрометром із конусом. Київ: ДП «УкрНІУЦ, 2006. 52 с.

7. Дацюк Л. М. Паливно-мастильні матеріали: конспект лекцій. Луцьк: Луцький НТУ, 2014. 48 с.

8. ДСТУ ГОСТ 17479.1:2019. Оливи моторні. Класифікація та позначення. Київ: ДП «УкрНІУЦ, 2019. 12 с.

9. ДСТУ ГОСТ 610:2019. Олії осьові. Технічні умови. Київ: ДП «УкрНІУЦ, 2019. 4 с.

10. Жалкін Д. С., Циганок А. О. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Відновлення властивостей обводненого дизельного масла». Харків: ХарДАЗТ, 2002. 10 с.

11. Жалкін Д. С., Жалкін С. Г. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи «Властивості експлуатаційних матеріалів» з дисципліни «Експлуатаційні матеріали»: для студ. спец. 273 заоч. форми навч. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 26 с.

12. Жалкін С. Г., Корепанов С. Ю. Про причини локального нагріву масла при його гідродинамічному диспергуванні. *Зб. наук. праць*. Харків: ХарДАЗТ, 2000. Вип. 42. С. 40-43.

13. Інструкція з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України: № ЦТ-0060 від

24.01.2003 р.; затв. наказом Укрзалізниці № 110Ц від 24.01.2003 р. Київ: Укрзалізниця, 2003. 53 с.

14. Інструкція з відставлення, консервації та утримання локомотивів і МВРС в запасі Укрзалізниці і резерві залізниці: № ЦТ-0100; затв. наказом Укрзалізниці від 23.06.2004 р. № 489-ЦЗ. Київ: Укрзалізниця, 2004. 44 с.

15. Інструкція з технічного обслуговування та ремонту вузлів з підшипниками кочення локомотивів та моторвагонного рухомого складу: ЦТ-0165, затв. наказом Укрзалізниці № 096-Ц від 26.02.2008 р. Київ: Укрзалізниця, 2008. 160 с.

16. Інструкція по експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: № ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015-97; затв. наказом Укрзалізниці № 312-Ц від 07.06.2004 р. Київ: Укрзалізниця, 2004. 96 с.

17. Колосюк Д. С., Зеркалов Д. В. Експлуатаційні матеріали: підручник. Вид. 2-ге, доп. Київ: Арістей, 2005. 241 с.

18. Кравець А. М., Кравець В. Г. Дослідження трибологічних характеристик мастильних матеріалів на чотирикульковій машині тертя: метод. вказівки до лаб. робіт з дисц. «Засоби підвищення надійності машин та економії нафтопродуктів». Харків: УкрДАЗТ, 2011. 21 с.

19. Кравець А. М., Кравець В. Г. Пластичні мастила: конспект лекцій. Харків: УкрДАЗТ, 2011. 36 с.

20. Кравець А. М. Визначення якості олив: метод. вказівки до лаб. робіт з дисц. «Основи трибології і хімотології» для студ. спец. «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання» усіх форм навчання. Харків: УкрДАЗТ, 2009. 38 с.

21. Кравець А. М., Кравець В. Г. Моторні оливи: конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2012. 38 с.

22. Локомотив серії ЧМЕЗП: посіб. з техн. обслуговування / 4-8092-026-00. Чеська-Тршебова: CZ LOKO, 2004. 61 с.

23. Локомотивні двигуни серії 3500В: посіб. з експлуатації та технічного обслуговування / SRBU717904. Женева: Caterpillar, 2004. 147 с.

24. МПК F01M 1/00, F01M 9/00. Система змащення двигуна внутрішнього згоряння: пат. на корисну модель / С. Г. Жалкін, Д. С. Жалкін, С. О. Півень; заявник і патентовласник Український

державний університет залізничного транспорту. № u201611673. Заявл. 18.11.2016, опубл. 25.04.2017. Бюл. № 8. 4 с.

25. Олії, мастила: довідник / за заг. ред. В. І. Гуменного. Вид. 3-тє (доп. та перероб.). Бердянськ: «Агрінол», 2016. № 1. 210 с.

26. Паливо, оливи, консистентні мастила, охолоджуючі рідини CAT®: рекомендації щодо застосування / SEBU625015. Мюнхен: Caterpillar, 2016. 12 с.

27. Полянський С. К., Коваленко В. М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин: підручник. Київ: Либідь, 2005. 504 с.

28. Правила капітальних ремонтів КР-1, КР-2 тепловозів серії М62, 2М62, М62У: ЦТ/4682; затв. наказом Укрзалізниці № 690-ЦЗ від 13.12.2005 р. Київ: Укрзалізниця, 2005. 160 с.

29. Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів 2ТЕ116: № ЦТ-043; затв. наказом Укрзалізниці № 075-Ц/од від 20.03.2013 р. Київ: Укрзалізниця, 2013. 301 с.

30. Правила технічного обслуговування та поточного ремонту тепловозів ЧМЕЗ, ЧМЕЗТ, ЧМЕЗЕ: ЦТ-0187; затв. наказом Укрзалізниці № 367-Ц від 24.06.2009 р. Київ: Укрзалізниця, 2009. 160 с.

31. Розробка технологічних процесів та оснастки для регенерації дизельних мастил в умовах депо: звіт про НДР № ГР01930014274 / С. Г. Жалкін, Е. С. Венцель, Д. С. Жалкін. Харків: ХарДАЗТ, 1994. 108 с.

32. Технічні умови на експлуатаційні матеріали: ТУ на експлуатаційні матеріали фірми MTU // А001062/02R. Німеччина: MTU, 2015. 38 с.

33. Типове положення про навчання, інструктаж, перевірку знань працівників з питань охорони праці: НПАОП 0.00-4.12.05; затв. наказом Держнаглядохоронпраці № 15 від 26.01.2005 р. за № 231/1051. Київ: Міністерство праці та соціальної політики України, 2017. 53 с.

34. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кн. 1. Паливо-мастильні матеріали і технічні рідини. Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. 353 с.

35. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: Кн. 2. Системи забезпечення якості паливо-мастильних матеріалів. Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. 500 с.

Установки для регенерації дизельної оливи в умовах депо

У деяких локомотивних депо – Ташкент колишньої Середньоазіатської залізниці (Республіка Узбекистан), Гребінка (Південної залізниці) та ін. – були виготовлені установки для регенерації оливи власними силами. Усі вони мали ті чи інші недоліки й тому використання їх призупинилося.

На основі результатів лабораторних досліджень, патентних і літературних оглядів на кафедрі ЕРРС УкрДУЗТ [5, 31] розроблена схема установки УРМ-1 (рис. Д.1.1), призначеної для регенерації оливи, забрудненої продуктами термічного розкладу, що призводить до завищення в'язкості (загущення оливи) за схемою відстоювання - фільтрація. Однією з модифікацій цієї установки може бути така схема: відстоювання – обробка ПАР або адсорбентами - фільтрація.

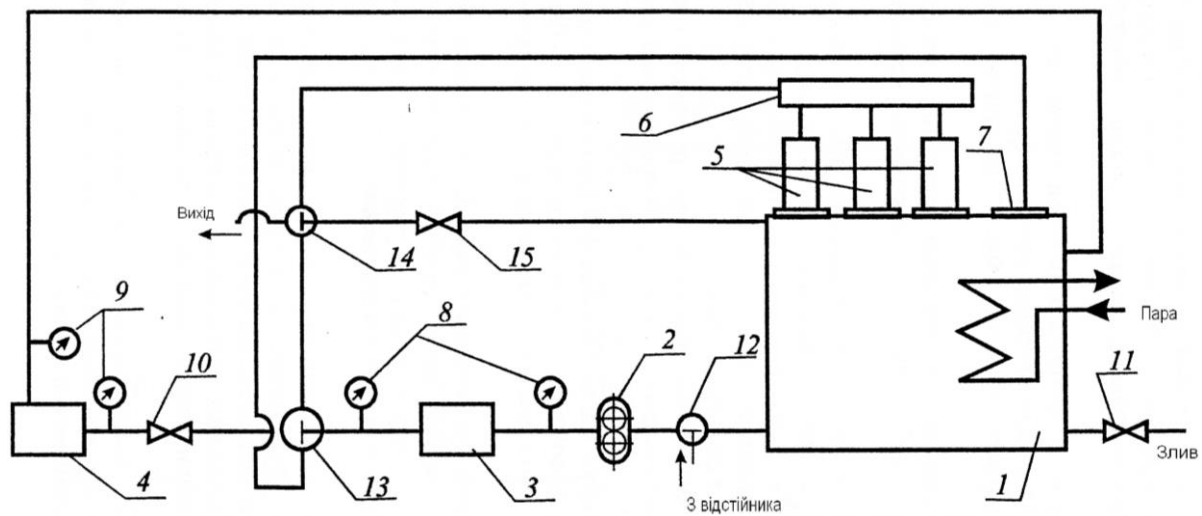


Рис. Д.1.1. Схема принципова установки для регенерації оливи УРМ-1:

- 1 – бак робочий; 2 – насос; 3 – фільтр грубого очищення оливи; 4 – фільтр тонкого очищення оливи (ФТО); 5 – фільтри відцентрові (ФВ); 6 – колектор (ВФ); 7 – колектор блока гідродинамічних диспергаторів; 8, 9 – манометри; 10, 11, 15 – вентилі; 12, 13, 14 – кран триходовий

Робочий об'єм бака – 1,75 м³ (одночасна регенерація приблизно 1,5 т оливи) з підігріванням оливи до 80 °С паром з магістралі депо через вбудований змійовик. Блок гідродинамічних диспергаторів 7 застосовується для обробки оливи після завершення операцій з очищення від механічних домішок і води та розташовується нижче верхнього рівня оливи в баці. Таким чином оливи підлягають механіко-хімічній модифікації.

Установка з регенерації розріджених та обводнених олив показана на рис. Д.1.2.

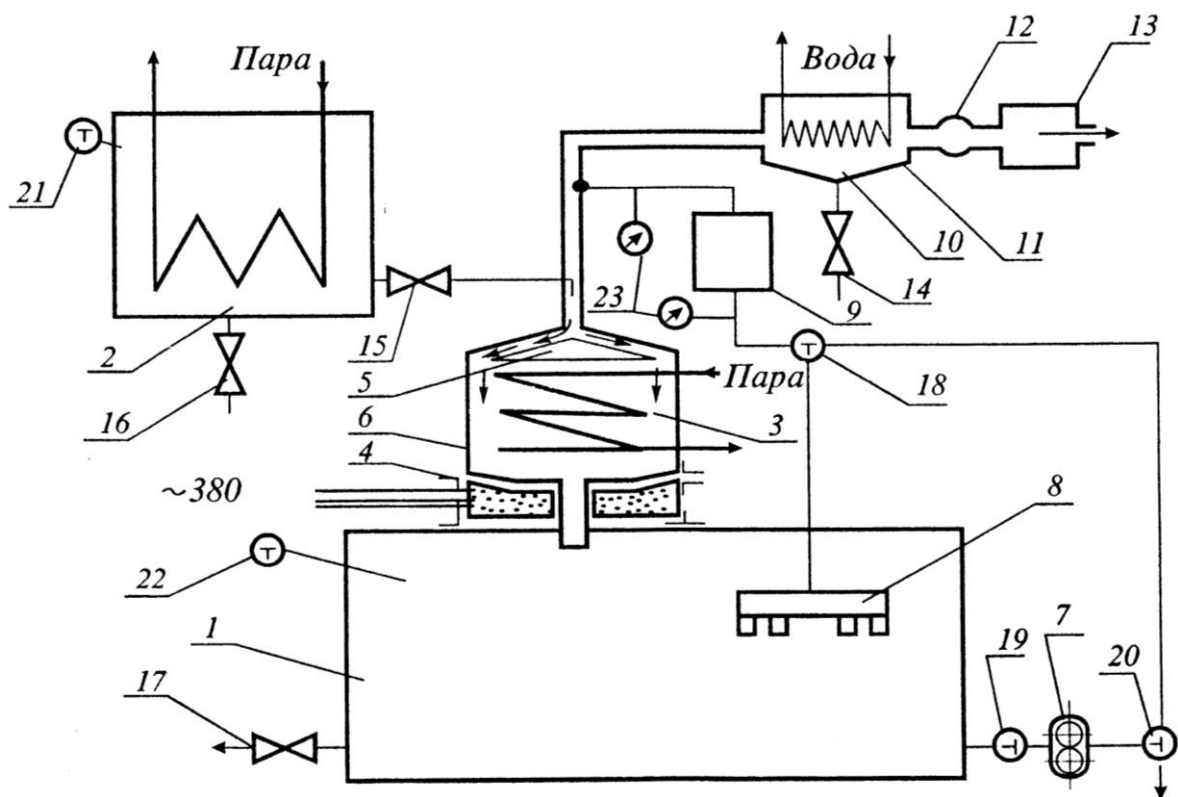


Рис. Д.1.2. Принципова схема установки УРМ-2:

- 1 – бак робочий; 2 – відстійник; 3 – парозмійовик; 4 – нагрівач-випарник; 5 – конус випарника; 6 – кожух випарника; 7 – насос; 8 – блок ГД; 9 – ФГО; 10 – холодильник; 11 – змійовик водяний; 12 – вентилятор; 13 – фільтр повітряний; 14, 15, 16, 17 – вентилі; 18, 19, 20 – крани триходові; 21, 22 – термометри; 23 – манометри

Була обрана комбінована система: 1-й ступінь нагрівання парою від деповської котельні (температура гострої пари 120...130 °С) у трубчастому нагрівнику (змійовику) при подачі оливи самопливом. При цьому має забезпечуватися температура оливи на виході 100...110 °С, що призведе до випаровування води та початку відгонки палива. На 2-му ступені нагрівання передбачена установка електронагрівника тарілчастого типу зі зливом у центральній частині. Температура оливи тут має піднятися до 130 °С і підтримуватися автоматично (залежно від витрат і температури оливи після трубчастого нагрівника).

При витратах оливи 1,5 м³/год з початковою температурою 105 °С для підвищення температури оливи до розрахункової ($t_p = 130-135$ °С) необхідно забезпечити потужність електронагрівника 2-го ступеня $P_n = 30$ кВт.

Одержані експериментальні дані лабораторних досліджень дозволили визначити найбільш ефективні режими регенерації забракованої моторної оливи тепловозних дизелів через підвищену в'язкість (оптичну густину), розробити принципову схему установки для регенерації оливи УРМ-3 (рис. Д.1.3).

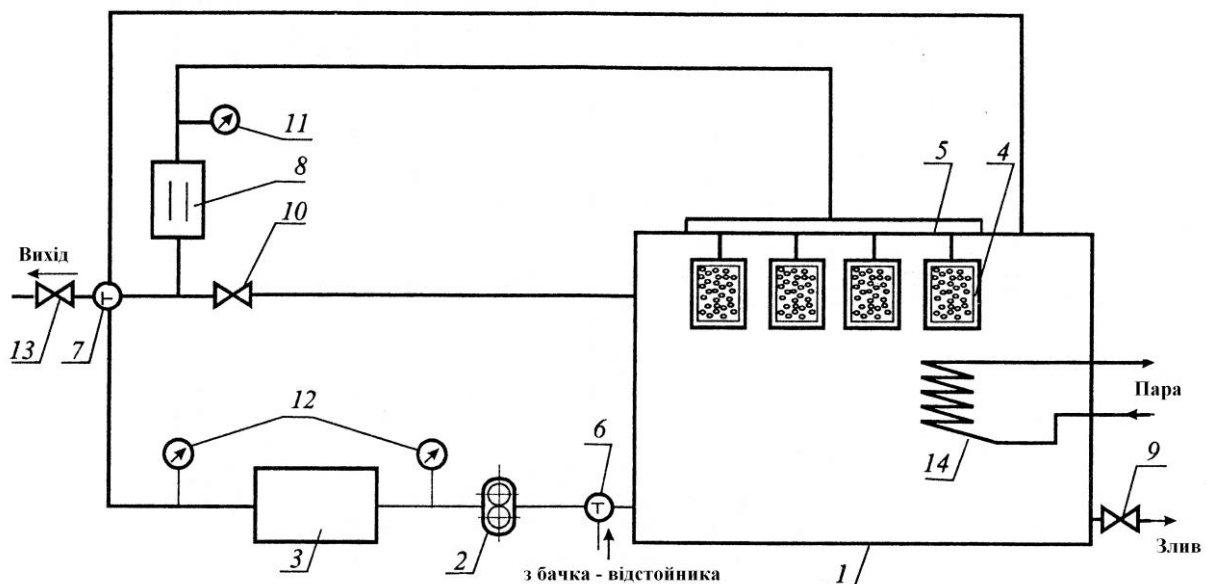


Рис. Д.1.3. Принципова схема оливорегенераційної установки УРМ-3:

- 1 – бак робочий; 2 – насос; 3 – ФГО; 4 – фільтр хімічний; 5 – колектор; 6, 7 – крани триходові; 8 – клапан перепускний; 9, 10, 13 – вентилі; 11, 12 – манометри; 14 – нагрівач

Установка УРМ-3 складається з робочого бака ємністю 1,75 м³ з вбудованим паровим нагрівником (змійовиком), оливного насоса з пультом управління, фільтра грубого очищення оливи, контрольно-вимірювальної апаратури, системи трубопроводів і арматури, хімічного фільтра. Хімічний фільтр повинен являти собою блок із чотирьох елементів з підведенням оливи від загального колектора і вільним зливом очищеної оливи в робочий бак. Кожний елемент повинен мати робочий барабан для сорбенту об'ємом 0,03 м³ при розмірі частинок сорбенту від 0,3 до 2,5 мм. Конструкція фільтра має забезпечувати захист оливи від можливого потрапляння частинок сорбенту.

Розроблені установки регенерації властивостей дизельних олив УРМ-1, УРМ-2, УРМ-3 передбачають повний цикл регенерації відстоювання – сепарація – видалення механічних домішок і продуктів окиснення – видалення води та дизельного палива – модифікація (активація) оливи диспергуванням. Але установки УРМ-1, УРМ-2 споживають значну кількість електроенергії – на електропривід насосів, підігрівання оливи електронагрівачем потужністю 30 кВт/год та ін. З метою зменшення енерговитрат пропонується комбінована установка регенерації УРМ-4, яка поєднує технології установок УРМ-1, УРМ-2, УРМ-3.

Принципову схему установки УРМ-4, призначеної для регенерації олив з метою видалення з них продуктів окиснення, механічних домішок, води і палива, подано на рис. Д.1.4.

Наведені установки (УРМ-3, УРМ-4) - менш енергоємні, але потребують застосування вартісних хімічних адсорбентів, відновлення їхніх властивостей та утилізації. Можна передбачити, що для регенерації олив у масштабах декількох депо або служби локомотивного господарства (при регенерації відпрацьованих олив, що будуть збиратися з усіх депо залізниці) застосування цих установок може бути економічно доцільним.

Для видалення з оливи води, частково дизельного палива, а також її модифікації ефективним буде обладнання тепловозних дизелів засобами регенерації олив. Взаємодія таких засобів зі штатними засобами очищення олив (фільтри грубого, тонкого очищення та центрифуги) значно підвищить якість олив, і безпосередньо на тепловозі почнеться регенерація без накопичення води та палива (рис. Д.1.4).

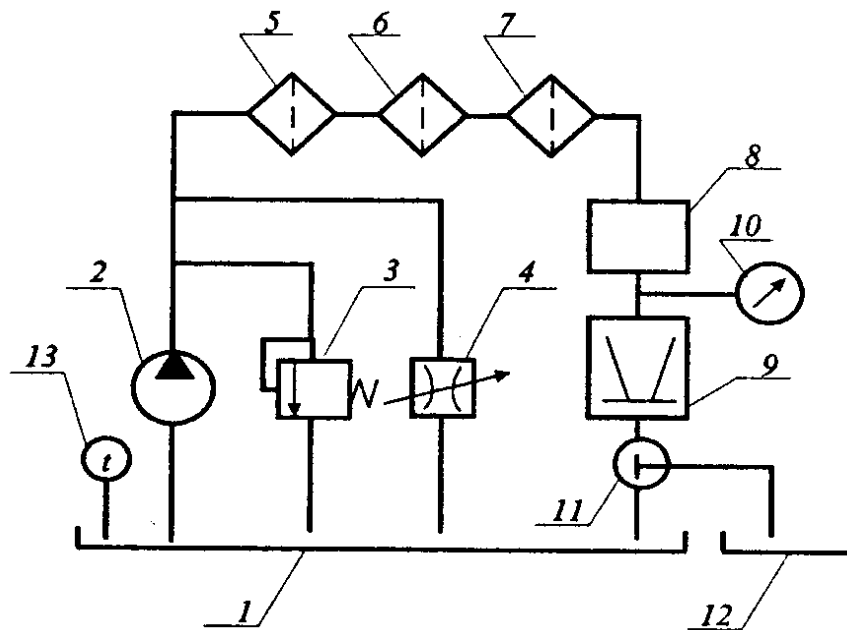


Рис. Д.1.4. Принципова гідравлічна схема оливорегенераційної установки УРМ-4:

1 – бак з відпрацьованою оливою; 2 – насос; 3 – запобіжний клапан; 4 – регульований дросель; 5 – фільтр грубого очищення; 6 – паперовий фільтр тонкого очищення; 7 – відцентровий фільтр; 8 – блок з адсорбентами; 9 – блок з ГД; 10 – манометр; 11 – двоходовий кран; 12 – ємність для регенованої оливи; 13 – термометр

Система змащення тепловозного дизеля з автономною гідростанцією [12, 24] дозволяє виконувати диспергування під час роботи дизеля (рис Д.1.5). Додатковий оливний насос 5 забезпечує тиск оливи 0,5...0,8 МПа і подає її до вбудованого гідродинамічного диспергатора 4. Після обробки в диспергаторі олива зливається до картера дизеля 1. Система має три датчики, які реагують на зміну ступеня насиченості моторної оливи водою - 10, зміну оптичної густини - 11 (тобто накопичення в оливі механічних домішок) і датчик температури оливи 12. Усі датчики вмонтовані в систему живлення додаткового насоса, паралельно один відносно одного, що забезпечує незалежний контроль одночасно двох показників якості (наявність води та забруднень) і температури оливи. За відсутності бракувальних параметрів система диспергування не працює, що дозволяє зменшити витрати енергії двигуном додаткового насоса.

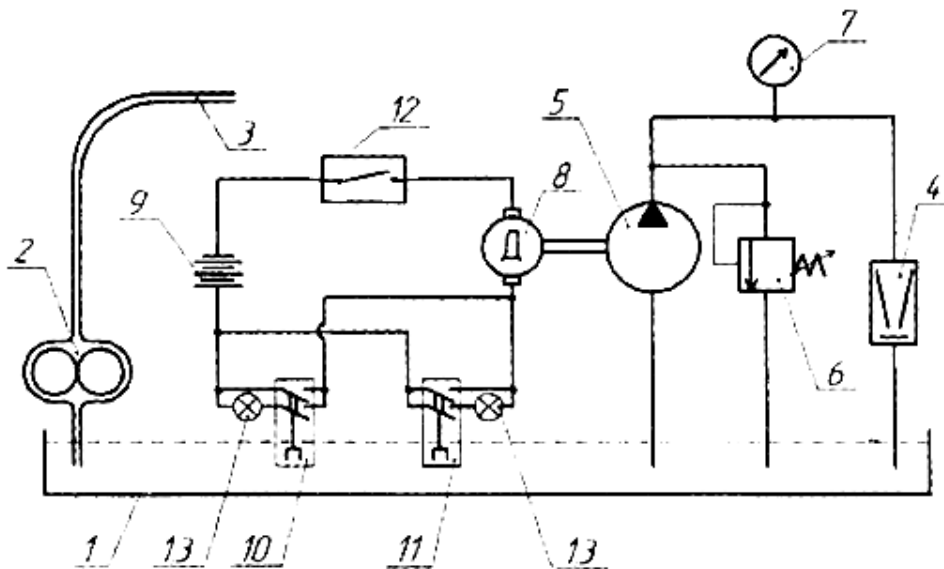


Рис. Д.1.5. Система змащення дизеля з ГД:

1 – картер дизеля; 2 – насос дизеля; 3 – оливна магістраль дизеля; 4 – ГД; 5 – додатковий оливний насос; 6 – запобіжний клапан; 7 – манометр; 8 – електродвигун додаткового оливного насоса; 9 – енергосистема тепловоза; 10, 11, 12 – датчики; 13 – сигнальні лампи

Якісне диспергування буде тоді, коли температура картерної оливи досягне 40-45 °С і датчик температури 12 підключить електродвигун додаткового насоса до бортового джерела енергії з подальшим контролем якості оливи датчиками 10 та 11. Це також дозволяє зменшити витрати енергії, а відповідно й палива дизелем шляхом виключення вірогідності диспергування оливи при низькій температурі, тобто при високій в'язкості оливи.

Система, яка працює подібним чином, може бути пересувною і підключатися до картера дизеля, наприклад під час виконання ТО-3, ПР-1, а електродвигун додаткового насоса буде підключено до деповської енергосистеми.

Навчальний посібник

Жалкін Денис Сергійович,
Жалкін Сергій Григорович,
Пузир Володимир Григорович
та ін.

ЛОКОМОТИВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Частина 2

ОЛИВИ ТА МАСТИЛА

Відповідальний за випуск О. О. Анацький

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 14.02.2022 р.

Умовн. друк. арк. 6,75. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.