

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ПЛАСТИЧНІ МАСТИЛА: ВЛАСТИВОСТІ ТА ЯКІСТЬ

*Рекомендовано до друку
Науково-методичною радою
Національного університету «Львівська Політехніка»*

Підручник

Київ 2021

DOI

УДК 665.765(075.8)

Автори: *Петро Топільницький* – к.т.н., доцент, професор кафедри хімічної технології нафти і газу НУ «Львівська політехніка», академік Української нафтогазової академії;

Сергій Бойченко – д.т.н., професор, науковий керівник Українського науково-дослідного та навчального центру хімотології та сертифікації НАУ, академік Української нафтогазової академії;

Андрій Пушак – академік Української нафтогазової академії;

Вікторія Романчук – к.т.н., старший науковий співробітник кафедри хімічної технології нафти і газу НУ «Львівська політехніка»;

Йосип Любінін – к.т.н., старший науковий співробітник;

Ігор Трофімов – к.т.н., доцент, доцент кафедри хімії і хімічної технології Національного авіаційного університету;

Оксана Мікосянчик – д.т.н., професор, професор кафедри машинознавства, стандартизації та сертифікації НАУ

Рецензенти:

Мирослав Кіндрачук – член-кореспондент НАН України, завідувач кафедри машинознавства, стандартизації та сертифікації НАУ

Олег Гринишин – доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної технології переробки нафти та газу, Національний університет «Львівська Політехніка»

Андрій Григоров – доктор технічних наук, старший науковий співробітник кафедри технології нафти, газу та твердого палива Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Рекомендовано Науково-методичною радою Національного університету «Львівська Політехніка» Міністерства освіти і науки України (протокол від 31 березня 2021 р. № 55), та науково-методично-редакційною радою Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій Національного авіаційного університету Міністерства освіти і науки України (протокол від 19.01.2021 р. № 5)

Пластичні мастила: властивості та якість. Підручник / Петро Топільницький, Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Вікторія Романчук, Йосип Любінін, Ігор Трофімов, Оксана Мікосянчик,; за редакцією проф. **С. Бойченка.** – К.: , 2021. – 274 с.

ISBN

Петро Топільницький, Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Вікторія Романчук, Йосип Любінін, Ігор Трофімов, Оксана Мікосянчик 2021

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
Вступ.....	7
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ	11
1.1. Загальна характеристика пластичних мастил	11
1.2. Обов'язкові показники якості мастил.....	20
1.3. Загальні технічні вимоги до пластичних мастил.....	22
Питання для самостійної роботи.....	26
Розділ 2. СКЛАД ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ.....	27
2.1. Дисперсійне середовище	27
2.1.1. Нафтові оливи	27
2.1.2. Синтетичні оливи.....	31
2.2. Дисперсна фаза.....	38
2.2.1. Мильні загусники.....	38
2.2.2. Тверді вуглеводні.....	53
2.2.3. Неорганічні загусники.....	61
2.2.4. Органічні загусники.....	64
2.3. Присадки і наповнювачі.....	70
2.3.1. Присадки.....	70
2.3.2. Наповнювачі.....	76
Питання для самостійної роботи.....	84
Розділ 3. ВЛАСТИВОСТІ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ І МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ.....	84
3.1. Об'ємно-механічні (реологічні) властивості пластичних мастил.....	87
3.2. Експлуатаційні та фізико-хімічні властивості.....	99
3.3. Трибологічні властивості.....	106
Питання для самостійної роботи.....	108
Розділ 4. КЛАСИФІКАЦІЯ І МАРКУВАННЯ МАСТИЛ.....	109
4.1. Система класифікації NLGI.....	109
4.2. Система класифікації ISO	116
4.3. Система класифікації DIN	123
4.4. Система класифікації ГОСТ.....	128
Питання для самостійної роботи.....	137

Розділ 5. АСОРТИМЕНТ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ	138
5.1. Мاستила загального призначення для звичайних температур....	138
5.2. Мастила загального призначення для підвищених температур.	142
5.3. Багатоцільові мاستила.....	144
5.4. Автомобільні закордонні мастила.....	157
5.5. Автомобільні мастила країн східної Європи.....	165
5.6. Авіаційні закордонні мастила.....	169
5.7. Авіаційні мастила країн східної Європи.....	178
5.8. Приладові та захисні мастила.....	180
5.9. Годинникові та телефонні мастила.....	185
5.10. Оптичні мастила.....	186
5.11. Консерваційні (захисні) мастила.....	188
Питання для самостійної роботи.....	190
Розділ 6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА	
ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ	190
6.1. Основи технологій виробництва пластичних мастил.....	191
6.2. Технологічна схема виробництва мильних мастил періодичним способом.....	194
6.3. Технологічна схема виробництва мильних мастил періодичним способом з використанням автоклав-контакторів ...	198
6.4. Технологічна схема виробництва мильних мастил напівбезперервним способом.....	202
6.5. Технологічна схема виробництва мастил на готових повітряно-сухих милах напівбезперервним способом.....	204
6.6. Технологічна схема виробництва мильних мастил безперервним способом.....	205
6.7. Технологічна схема виробництва мастил на неорганічних загусниках.....	208
6.8. Технологічна схема виробництва вуглеводневих мастил.....	209
6.9. Технологічні аспекти виробництва мастил для автомобільної техніки.....	210
6.10. Використання пластичних мастил для авіаційної техніки	213
6.11. Технологічні основи застосування жирів у виробництві мастильних матеріалів.....	222
Питання для самостійної роботи.....	227
Розділ 7. БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО	
СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА	
ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ.....	228
7.1. Токсичність пластичних мастил.....	229
7.2. Заходи безпеки під час використання мастил.....	230

7.3. Вплив мастил на довкілля та людину.....	237
7.4. Охорона довкілля під час використання та зберігання мастил..	240
7.5. Рециклінг і утилізація відпрацьованих пластичних мастил.....	242
Питання для самостійної роботи.....	246
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ	
ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	248
ДОДАТКИ.....	256
Додаток 1. KSM Lubricants Виробник мастильних матеріалів.....	256
Додаток 2. Azmol British Petrochemicals.....	265
Додаток 3. Завод технічних олів та мастил ТзОВ «СП Юкойл».....	273
Додаток 4. AGRINOL Мастильні матеріали та автохімія.....	275
Додаток 5. ТОВ «ПАЛТЕХ» - провідний дистрибутор присадок і додатків до моторних палив і інших продуктів нафтохімії.....	280

Перелік умовних скорочень

ВВП	– внутрішній валовий продукт
ПМ	– пластичне мастило
ММ	– мастильний матеріал
МОТЗ	– мастильно-охолоджуючий технологічний засіб
МОР	– мастильно-охолоджуюча рідина
АПК	– агропромисловий комплекс
ПАР	– поверхнево-активні речовини
СЖК	– синтетичні жирні кислоти
ВТХ	– в'язкісно-температурна характеристика
ВШХ	– в'язкісно-швидкісна характеристика
SAE	– Society of Automobile Engineers
NLGI	– National Lubricating Grease Institute NLGI (США)
ISO	– International organization for standardization
ASTM	– American Society for Testing and Materials
ПА	– ізопропілат алюмінію
ГДК	– гранично-допустима концентрація
ПМС	– поліметисилоксан
ПЕС	– поліетилсилоксан
ПМФС	– поліметилфенілсилоксани
ПК	– сірчаноокислотне очищення
ПС	– селективне очищення
ПСС	– селективне очищення з сірчистих нафт
ПТФЕ	– політетрафторетилен
ПТрФЕ	– політрифторетилен
ПТФХЕ	– політрифтор-хлоретилен
ТО	– Технічне огляд
МОВ	– моторні оливи відпрацьовані
ВММ	– відпрацьовані мастильні матеріали
ВІМ	– відпрацьовані пластичні мастила
ВІО	– відпрацьовані індустріальні оливи
МХТР	– мастильно-холодильно технологічна рідина
МОЕ	– мило-оливна емульсія
ПІНС	– плівково-інгібована нафтова суміш

ВСТУП

Однією з вимог сучасності є підвищення надійності та якості машин, механізмів, обладнання та приладів. Такі машини й механізми можуть бути створені та експлуатовані лише при вдалому розв'язанні теоретичних і прикладних завдань раціонального використання, тертя, зношування та змащування, тобто завдань хімотології, трибології та триботехніки. Витрати на тертя, зношування і корозію в промислово розвинутих країнах складають близько 4,5 % від внутрішнього валового продукту (ВВП).

Для зменшення тертя та зношування деталей, з метою продовження терміну експлуатації машин і механізмів, у техніці використовують мастильні матеріали (ММ). Окрім цього, ММ також виконують й інші функції. Вони не стільки зменшують зношування, скільки упорядковують його, тобто запобігають задиранню, заїданню та заклинюванню поверхонь, що піддаються тертю. Мастильні матеріали запобігають проникненню до поверхонь тертя агресивних рідин, газів, пари, а також абразивних матеріалів (пил, бруд тощо) та виконують захисні функції, запобігаючи корозії металевих поверхонь. Завдяки антифрикційним властивостям, мастила значно зменшують енергетичні затрати на тертя.

Пластичні ММ належать до особливої групи ММ. Вони являють собою мазеподібні матеріали складної дисперсної (колоїдної) системи, що є високоструктурованими тиксотропними дисперсіями твердих загусників у рідкому середовищі.

Як дисперсну фазу використовують оливи нафтового та синтетичного походження (70–80 %), а як загусники – натрієві, літєві, кальцієві, барієві, цинкові та алюмінієві мила або тверді вуглеводні (парафіни, церезини) – 10–15 %. Крім того, до складу пластичних ММ входять різні модифікатори структури, добавки та присадки (1–15 %).

Загусники створюють трьохмірний структурний каркас, де утримується олива. Завдяки такій структурі пластичні ММ поєднують у собі властивості твердого тіла та рідини. Тому, будучи нанесеними товстим шаром навіть на вертикальні поверхні, мастила здатні роками зберігати свою первинну форму.

Переваги мастил перед оливами полягають у здатності утримуватись в негерметизованих вузлах тертя, кращих мастильних якостях, більш високих захисних якостях, високій економічності використання. Мастила використовуються у тих вузлах тертя, де не має змоги використовувати рідкі ММ (оливи).

Недолік мастил – погана охолоджуюча здатність деталей тертя, відсутність виносу продуктів зносу із зони тертя, складність подачі до вузла тертя та деякі інші.

Загусник надає рішучого впливу на експлуатаційні властивості мастила. Менше значення має дисперсна фаза (олива). Присадки розчинюються в оливі та активно беруть участь у процесах структуроутворення мастила.

При прикладенні зсувного навантаження вище деякого критичного структурний каркас руйнується і мастило починає текти подібно рідині, причому його в'язкість дорівнює в'язкості оливи. Важливо відмітити ще одну властивість мастил – тиксотропію. Після зняття зсувного навантаження теча мастила зупиняється, структурний каркас швидко відновлюється, а мастило знову набуває властивість твердого тіла.

Тиксотропне перетворення мастила із пластичного стану у в'язкотекучий і зворотнє забезпечує перевагу застосування мастил перед рідкими й твердими ММ. Процес виробництва складний та складається із наступних стадій: підготовка сировини, підготовка загусника, термомеханічне диспергування загусника, охолодження розплаву та оздоблювальних процесів.

Сфери використання пластичних ММ:

- 1) відкриті та негерметичні вузли тертя;
- 2) важкодоступні вузли тертя;
- 3) вузли тертя, де неможлива часта зміна ММ;
- 4) змушений контакт вузла тертя або захищеної поверхні від води, чи агресивного середовища;

5) герметизація рухливих ущільнень, сальників і різьбових з'єднань;

6) тривала консервація машин, устаткування, приладів і металевих виробів.

Система класифікації пластичних ММ установлена міжнародним стандартом ISO 6743.9. В основу узагальненої класифікації мастил покладено три ознаки: 1) консистенція; 2) склад (природа загусника); 3) призначення.

За консистенцією мастила підрозділяють на напіввідки, пластичні та тверді.

За складом мастила підрозділяють на чотири групи:

- мастила, загусниками яких використовують солі вищих карбонових кислот (літієві, натрієві, калієві, кальцієві, барієві, алюмінієві, цинкові та свинцеві мила);

- мастила з неорганічними загусниками (силікагелеві, графітні, азбестові);

- мастила з органічними загусниками (полімерні, пігментні, полімочевинні, сажові);

- мастила на тугоплавких вуглеводневих загусниках (церезин, озокерит, природні та синтетичні воски).

За призначенням мастила підрозділяють на: антифрикційні, протизносні, консерваційні, захисні, ущільнюючі, канатні.

Сучасна класифікація мастил за класом в'язкості (VG), що пізніше стала міжнародною, була розроблена National Lubricating Grease Institute (NLGI). У відповідності з класифікацією мастил NLGI, їх консистенція вимірюється спеціальним лабораторним способом «робочої пенетрації».

В ASTM D 4950, створеному спільно ASTM, NLGI і SAE, класифікація автомобільних мастил передбачає дві основні експлуатаційні групи: сервісні мастила для ходової частини, позначення за NLGI «L»; сервісні мастила для підшипників коліс позначається за NLGI «G». Ці групи мастил поділяються на категорії якості автомобільних мастил у залежності від гарантованих показників якості й позначається відповідним знаком NLGI. Мастила категорії NLGI LA призначені для змащування елементів ходової частини

та шарнірних з'єднань автомобілів і інших транспортних засобів з легким режимом експлуатації.

Ці мастила повинні задовільно змащувати елементи ходової частини та шарнірні з'єднання при частій заміні мастила. Мастила повинні бути стійкими до окиснення і до зміни консистенції, а так само захищати шарніри та інші елементи ходової частини від корозії та зносу в умовах малого навантаження. Звичайно рекомендуються мастила консистенції NLGI 2.

До найбільш важливих властивостей пластичних ММ відносяться: в'язкість, механічна стабільність, що характеризується межею міцності та penetрацією, тиксотропні властивості, тобто властивості, що характеризують структурно-механічні (реологічні) властивості мастил; стабільність мастил (термічна, фізична (колоїдна), хімічна, радіаційна, випаровування); стійкість до зовнішніх впливів.

Колектив авторів систематизовано підготував матеріал про властивості та якість пластичних ММ, що на сьогодні є один із важливих видів експлуатаційних матеріалів під час експлуатації авіаційної та наземної техніки.

Підручник буде корисним для фахівців транспортної сфери, а також нафтопродукто- та авіапаливозабезпечення, студентів, аспірантів і здобувачів наукового ступеня відповідного профілю.

Вступ, розділи 2–4, 7 і додатки підготовлені Бойченком С. В. (Національний авіаційний університет) спільно з П. І. Топільницьким і Й. А. Любіним. Розділи 2, 3, 6 підготовлені Топільницьким П. І. (Національний університет «Львівська Політехніка»), розділи 1, 5 підготовлені – Пушаком А. П. (ТОВ «Паливно-альтернативні технології») спільно з О. О. Мікосянчик, розділ 2, 6 підготовлені старшим науковим співробітником Любіним Й. А. спільно з С. В. Бойченком, І. Трофімовим. Розділ 1, 2, 6 підготовлені Трофімовим І.Л. (Національний авіаційний університет) спільно з С. Бойченком, Й. Любіним. Розділ 4, 5 підготовлені Мікосянчик О.О. (Національний авіаційний університет). Розділ 3 підготовлений Романчук В. В. (Національний університет «Львівська Політехніка») спільно з П. І. Топільницьким.

Працю підготовлено за загальною редакцією професора С. В. Бойченка.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ

За обсягом виробництва пластичні мастила (ПМ) поступаються оливам, складаючи до 5 % від загального балансу виробництва ММ. Це пояснюється незначною їх витратою у вузлах тертя. Так, у багатьох механізмах кількість мастила, що вводиться в вузол тертя, обчислюється в грамах, а терміни заміни мастил складають у низки вузлів кілька тисяч годин роботи. Але у той же час ПМ характеризуються широким колом споживачів – від побутової до космічної техніки.

Пластичні мастила займають проміжне положення між твердими ММ і оливами. У найпростішому випадку їх можна розглядати як двокомпонентні системи, що складаються з оливи (дисперсійного середовища) і загущувача (дисперсійної фази).

У більшості випадків експлуатації техніки ПМ використовують для зменшення тертя та зношення деталей, що труться, тобто як антифрикційні ММ. Тільки 14 % мастил використовується для консервації та 2 % – для герметизації.

1.1. Загальна характеристика пластичних мастил

Пластичні мастила – один з найдавніших видів ММ. Загальна кількість вузлів тертя змащуваних ПМ значно перевищує кількість вузлів, змащуваних оливами (рідкими ММ). Антифрикційні ПМ знайшли практичне застосування в різних вузлах тертя: підшипниках кочення та ковзання, шестернях і гвинтових передачах, різьбових з'єднаннях і низці інших.

Визначення довговічності ПМ залежно від їх властивостей та умов застосування дозволяє істотно зменшити трудовитрати збільшенням терміну експлуатації тертьових пар без технічного обслуговування, зокрема, без заміни і поповнення в них самого мастила.

Мастильними матеріалами називають продукти обмеженого та необмеженого походження, що використовують між поверхнями дотичних деталей, що знаходяться у безпосередньому контакті,

з метою зменшення втрат на тертя в цьому з'єднанні, запобігання заїданню та зниженню зношування пар тертя. Це досягається тим, що внутрішнє тертя в ММ істотно менше, ніж зовнішнє тертя незмащених деталей, й усунення (або мінімізація) безпосереднього контакту пар тертя призводить до оптимізації фрикційно-зношувальних характеристик трибосполучення. Мاستильний матеріал, таким чином, завжди є найважливішим конструкційним елементом вузла тертя, багато в чому визначає його надійність, довговічність і втрати енергії під час функціонування цього вузла.

Класифікація та позначення пластичних мастил. Для змащення низки механізмів і деталей транспортних засобів використовують густі мазеподібні продукти – пластичні мастила. *Пластичним мастилом* називають систему, що за малих навантажень та за звичайних температур проявляє властивості твердого тіла; за деякого критичного навантаження мастило починає деформуватися (текти подібно до рідини) і після зняття навантаження знову набувати властивостей твердого тіла.

До вирішення питань, пов'язаних з підбором та застосуванням ПМ, необхідно підходити попередньо вивчивши класифікацію цих нафтопродуктів. По-перше, тому що, в різних країнах мастила систематизуються за різними класифікаційними ознаками, або паралельно діють декілька систем класифікації. По-друге, тому що корисну інформацію можна одержати навіть з індексного позначення мастил, знаючи систему класифікації, на якій базується певне позначення. У зв'язку з цим доцільно зупинитися на діючих у наш час основних системах класифікації: за складом, за консистенцією, за призначенням (або галуззю застосування).

Мастила за своїм складом є складними речовинами. У найпростішому випадку вони складаються з двох компонентів – оливої основи (дисперсійне середовище) і твердого загусника (дисперсна фаза).

Як оливої основу мастил використовують різні оливи нафтового й синтетичного походження. Загусниками, що утворюють тверді частинки дисперсної фази, можуть бути речовини органічного та неорганічного походження (мила жирних кислот, парафін, силікагель, бентоніт, сажа, органічні пігменти тощо).

Розміри частинок дисперсної фази дуже малі: 0,1–10 мкм. Найбільш характерна форма частинок загусників – дрібні кульки, стрічки, пластинки, голки, угруповання кристалів тощо.

Додатки необхідні для поліпшення експлуатаційних властивостей мастил. До них відносяться:

- присадки – малорозчинні поверхнево-активні речовини (ПАР) (ті самі, що і до моторних олив). Не більше 5 %;
- наповнювачі, що поліпшують антифрикційні та герметизуючі властивості (дисульфід молібдену, графіт, слюда тощо). Наповнювачі складають 1–20 % маси мастила;
- модифікатори структури, що сприяють формуванню більш міцної та еластичної структури мастила. Це ПАР (кислоти, спирти тощо) і становлять 0,1–1 % маси мастила.

Для більшості мастил частка дисперсійного середовища – рідкої оливи становить від 70 до 95 % складу мастил. Від в'язкості дисперсійного середовища багато в чому залежать працездатність мастила в різних інтервалах температур, захисні та окиснювальні властивості, випаровуваність, стійкість до агресивних середовищ тощо.

Для виробництва мастил застосовують мало- і середньов'язкісні нафтові оливи і рідше – синтетичні. Тепер до 80 % мастил готують на оливах в'язкістю не більше 50 мм²/с за температури 50 °С. Мастила, виготовлені на малов'язких оливах, можна застосовувати за температури мінус 60 °С. В'язкі оливи застосовують в основному для виробництва консерваційних, а також деяких сортів термостійких мастил.

Класифікація за складом. Оскільки саме дисперсна фаза (або загусник) визначає основні експлуатаційні характеристики мастил, то за типом цього компоненту мастила прийнято розділяти на чотири основні групи:

Мастила мильні – мастила, загусником в яких є солі вищих (жирних) кислот. Дана група мастил найбільша за асортиментом та за обсягом виробництва і застосування. Мастила в цій групі поділяються за катіоном мила на алюмінієві (Al), барієві (Ba), калієві (K), кальцієві (Ca), літієві (Li), натрієві (Na), свинцеві (Pb) і цинкові (Zn). Крім того, більшість мастил вказаних груп, діляться за аніоном

мила на звичайні та комплексні (к). В окрему групу мильних мастил виділяють мастила на змішаних милах, наприклад, натрієво-кальцієві (Na–Ca) тощо. При цьому, першим вказується катіон, частка мила якого в загальному обсязі загусника більша.

Мастила на неорганічних загусниках – мастила, загусником в яких є термічно стійкі з розвинутою питомою поверхнею високодисперсні неорганічні речовини. До даної групи відносяться мастила на високодисперсному діоксиді кремнію – силікагелеві (Si); на органозаміщених глинистих мінералах – бентонітові (Bn); на олеофільному графіті – графітові (C) та на інших неорганічних загусниках.

Мастила на органічних загусниках – мастила, загусником у яких є тверді, термічно- та гідролітично стійкі, з розвинутою питомою поверхнею високодисперсні органічні речовини. До даної групи відносяться пігментні, полімерні, полісечовинні, сажеві та інші органічні мастила.

Мастила вуглеводневі (Hc) – мастила, загусником у яких є високоплавкі (або тверді) вуглеводні. До цієї групи відносяться мастила на природних і синтетичних восках, озокериті, парафінах, петролатумах, церезинах. Необхідно зазначити, що в низці країн, як, наприклад, в США, ця група не відноситься до ПМ, а виділяється в окремий тип нафтопродуктів – компаундів.

Класифікація ПМ за складом дозволяє попередньо орієнтуватися не тільки під час підбирання мастил для конкретних машин і механізмів, але й під час визначення технології виробництва цих нафтопродуктів і необхідного для цього виробництва апаратурного оформлення.

Класифікація за консистенцією. Ця класифікація мастил є основною в Україні та промислово розвинених країнах далекого зарубіжжя, і, перш за все, в США. В її рамках мастила поділяються на від «рідкі» до «тверді». Напіврідкі та ПМ – колоїдні системи «оливна основа-загусник», останні до затвердіння – суспензії, а після затвердіння – золи, що мають усі властивості твердих тіл. Згідно з класифікацією Національного інституту з пластичних мастил (NLGI) усі мастила діляться на дев'ять класів за діапазоном їх пенетрації або глибини проникнення в мастило стандартного

конуса за температури 25 °С під дією ваги 150 г. В Україні загальну класифікацію ММ згідно з ДСТУ 4128. В основу даної класифікації покладено висновок про те, що пенетрація є своєрідним комплексним показником, що характеризує експлуатаційні властивості ПМ. У зв'язку з цим інструкція з експлуатації машин і механізмів виробництва США, Великобританії, Німеччини і більшості інших країн можливість світу відображають не конкретні марки ПМ, а застосування мастил з тим або іншим класом пенетрації. Разом з тим, необхідно відзначити, мастила, що мають один і той самий клас пенетрації, можуть суттєво відрізнятися за своїми фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями, навіть маючи однотипні загусники.

Класифікація за призначенням (або за областю застосування). Дані системи класифікації ПМ є найбільш зручними для розробників техніки. Зазвичай при класифікації ПМ за призначенням їх ділять на три основні групи.

Мастила антифрикційні, що зменшують зношування та тертя сполучених деталей.

Мастила консерваційні, що знижують корозійне руйнування металовиробів.

Мастила ущільнювальні, що герметизують щілини і нещільності вузлів та деталей.

З 2004 року на території України діє Національний стандарт України ДСТУ 4226 (див табл. 1.1), що встановлює класифікацію продуктів групи Х (мастила), що входять до складу класу L (мастильні матеріали та споріднені продукти).

Цю класифікацію застосовують для усіх категорій мастил, що використовуються для змащування обладнання, деталей машин, механізмів тощо.

Класифікацію не можна застосовувати для спеціалізованих (особливого призначення) мастил, тобто мастил, що можуть контактувати з харчовими продуктами, працювати в умовах радіації, глибокого вакууму тощо. Ці умови вказано в технічних вимогах на конкретне мастило.

Класифікація групи Х (мастила) базується на експлуатаційних характеристиках мастил.

Таблиця 1.1

Класифікація мастил згідно з ДСТУ 4226

Кодова літера	Загальне застосування	Вимоги до застосування										
		Діапазон робочих температур				Стойкість у присутності води та захисні властивості	Символ 3	Протизношувальні та протизадірні властивості (EP)	Символ 4	Клас консистенції з NLGI	Позначення коду для ISO-L-X	Примітка
		Найнижча, °C	Символ 1	Найвища, °C	Символ 2							
X	Умови експлуатації вимагають змащування мастилом	0	A	60	A	Здатність мастила забезпечувати задовільне змащування у присутності води та захисні властивості визначають згідно з таблицею	A	Змащувальна здатність мастила за високих і низьких навантажень. Символ А – для застосування, що не вимагає мастила з EP властивостями	A B	Записують відповідний клас згідно з NLGI, як вказано в таблиці	Мастило позначають, розміщуючи після символу X інші символи	Мастила, що підлягають цій класифікації не є сумісними. Їх недостатня сумісність може привести до значного зниження експлуатаційних характеристик мастил.
				90	B		B					
				120	C		C					
				140	D		D					
				160	E		E					
				180	F		F					
				>180	G		G					
							H					
							I					
		мінус 20	B	60	A							
				90	B							
				120	C							
				140	D							
				160	E							
				180	F							
				>180	G							

Закінчення таблиці 1.1

Кодова літера	Загальне застосування	Вимоги до застосування										
		Діапазон робочих температур				Стійкість у присутності води та захисні властивості	Символ 3	Протизношувальні та протизадирні властивості (EP)	Символ 4	Клас консис-тенції згідно з NLGI	Позна-чення коду для ISO-L-X	Примітка
		Найнижча, °C	Символ 1	Найвища, °C	Символ 2							
	Умови експлуатації вимагають змащування мастилом	мінус 30	C	60	A	Здатність мастила забезпечувати задовільне змащування в присутності води та захисні властивості визначають згідно з таблицею	A	Символ В – для застосування, що вимагає мастила з EP властивостями	A B	Записують відповідний клас згідно з NLGI, як вказано в таблиці	Мастило позначають, розмі-шуючи після символу X інші символи	Питання можливості змішування мастил в умовах експлуатації вимагає додаткових консуль-тацій
				90	B	B						
				120	C	C						
				140	D	D						
				160	E	E						
				180	F	F						
				>180	G	G						
						H						
						I						

Відповідно до ДСТУ ISO 8681 класифікаційний код мастила містить:

- позначку ISO;
- літеру L, якою позначають клас мастил, індустриальних олив і споріднених продуктів;
- категорію мастила, що позначають п'ятьма літерами, де мають значення як кожна літера, так і послідовність в якій вони записані, а також клас консистенції:
- літеру X – група мастил;
- найнижчу температуру застосування (символ 1);
- найвищу температуру застосування (символ 2);
- змащувальну здатність у присутності води та захисні властивості, як описано в таблиці 1.2 (символ 3);
- змащувальну здатність за низьких чи високих (EP властивостей) навантажень (символ 4).

Таблиця 1.2

Порядок літер для позначення мастил за ДСТУ 4226

ISO	Позначення ISO
L	Клас мастильних матеріалів
X	Група мастила
Символ 1	Найнижча температура застосування
Символ 2	Найвища температура застосування
Символ 3	Стійкість у присутності води та захисні властивості
Символ 4	EP властивості
Клас консистенції за NLGI	Консистенція

У цій системі класифікації продукти позначають уніфікованим способом, у якому кожна літера має своє власне значення, тому літери повинні бути написані у порядку, вказаному у таблиці 1.2.

Приклад:

Мастило, що використовується за таких умов експлуатації:

- найнижча температура застосування: мінус 20 °C;
- найвища температура застосування: 160 °C;
- мастило не забезпечує захисту в присутності води;
- високе навантаження, мастило з EP властивостями;

- клас консистенції відповідно до NLGI – 00, буде мати класифікаційний код за ISO: ISO-L-XBEGB 00.

Більш детально класифікація і маркування ПМ буде описана у 3 розділі цієї роботи.

1.2. Обов'язкові показники якості мастил

Мастила характеризуються реологічними, фізико-хімічними, трибологічними, експлуатаційними та екологічними властивостями. Відповідно до вимог ДСТУ 4310 показники якості, що характеризують мастила, поділяють на:

- показники якості, що визначають для мастил у разі їх постановки на виробництво, а також у разі заміни сировини; сюди входять показники відповідності мастил вимогам безпеки та охорони довкілля (табл. 1.3);

- показники якості мастил, що заносять до таблиці технічних вимог нормативних документів на мастило.

Таблиця 1.3

Номенклатура показників безпеки та охорони довкілля

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Позначення показника
Гарантійний строк зберігання мастил	Рік	–
Гранично допустима концентрація пари шкідливих речовин у повітрі робочої зони	мг/м ³	ГДК
Показник біорозщеплюваності	%	Б
Температура спалаху у відкритому тиглі	°С	Тсв
Температура спалаху у закритому тиглі	°С	Тсз
Температура займання	°С	Тзм
Клас небезпеки	Клас	–

Показники якості мастил, що заносять до таблиці технічних вимог, поділяють на:

- обов'язкові (табл. 1.4), що встановлюють відповідно до класифікаційного коду, визначеного згідно з ДСТУ 4226; обов'язкові показники визначають тільки для антифрикційних мастил;

- спеціалізовані (табл. 1.5), що встановлюють з урахуванням особливостей складу і призначення мастил згідно з ДСТУ 4310.

Таблиця 1.4

**Номенклатура обов'язкових показників якості
антифрикційних мастил**

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Позначення показника
Зовнішній вигляд	—	—
Температура крапання	°C	T_k
Пенетрація	$\text{м} \cdot 10^{-4}$ ($\text{мм} \cdot 10^{-1}$)	П
В'язкість	Па·с	η
Межа міцності на зсув	Па	τ_m
Колоїдна стабільність	%	М
Випаровуваність	%	Vt
Захисні властивості	—	—
Змашувальні властивості	—	—
Водостійкість	%	—
Стабільність проти окиснення	—	—
Механічна стабільність	—	—

Таблиця 1.5

Номенклатура спеціалізованих показників якості мастил

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Позначення показника
Масова частка води	%	—
Масова частка механічних домішок	%	—
Масова частка вільного лугу і вільних органічних кислот: — масова частка вільного лугу — масова частка вільних органічних кислот	% у перерахунку на NaOH мг KOH/1г або % у перерахунку на олеїнову кислоту	—
Вміст водорозчинних кислот і лугів	—	pH
Корозійна дія на метали	—	—
Схильність до сповзання	—	—
Низькотемпературні властивості	—	—
Термічна стабільність	—	—
Термозміцнення	%	T
Вологозміцнення	%	V

Специфічність роботи вузлів тертя зумовлює різні вимоги до застосовуваних у них ПМ. Відповідність цим вимогам досягається як за допомогою спеціалізованих мастил, що максимально забезпечують специфічні умови роботи даного вузла, так і за допомогою багатоцільових мастил, здатних забезпечити роботу більшості автомобільних вузлів. Ці дві тенденції у розробленні та використанні ПМ для автомобільної техніки існували на всіх етапах її розвитку.

1.3. Загальні технічні вимоги до пластичних мастил

З удосконаленням конструкції вузлів і агрегатів техніки та відповідною зростаючою жорсткістю вимог до ПМ, з розробленням теорії змащування, а також з розвитком нафтопереробної промисловості універсальні та спеціалізовані мастила також удосконалювалися.

На ранніх етапах розвитку техніки універсальність і взаємозамінність мастил зумовлювалися недосконалістю негерметизованих вузлів тертя, оскільки рівень якості мастил практично не впливав ні на періодичність обслуговування, ні на зношування вузлів. Це пояснюється тим, що мастило будь-якої якості забруднювалось і вилучалось з вузла перш, ніж воно встигало проявити свої властивості. Такий стан гальмував розвиток виробництва високоякісних мастил. Проте і тоді для деяких вузлів, наприклад для ресор, використовувалися спеціалізовані мастила.

Прикладом універсального мастила, що розроблене багато років тому, а використовується і тепер, може слугувати солідол. Його сорти різняться тільки консистенцією, причому більш м'які сорти рекомендувалися для вузлів, змащуваних через прес-маслянки, а більш густі – для підшипників.

На сьогодні універсальним або багатоцільовим ПМ вважається антифрикційне ПМ такого складу, структури й властивостей, що відповідають вимогам для вузлів шасі, підшипників машин і інших вузлів техніки.

Принципово можливо розробити ПМ, працездатне в широкому інтервалі температур у більшості вузлів і агрегатів

техніки без заміни й поповнення його під час тривалої експлуатації. Однак економічна доцільність застосування такого мастила у всіх вузлах автомобілів за їх масової експлуатації за звичайних умов лімітується вартістю і дефіцитністю компонентів, що забезпечують таку універсальність.

Багатоцільове мастило повинно відповідати багатьом і часто суперечливим вимогам, що висуваються для різних вузлів. В ідеалі таке мастило, замінюючи низку спеціалізованих і універсальних мастил більш низької якості, повинно мати всі кращі властивості замінних мастил або перевершувати їх. Бути оптимальним для всіх вузлів, в яких застосовувалися ці мастила. На практиці досягти цього доволі важко. Заради універсальності іноді доводиться нехтувати деякими другорядними властивостями мастил.

Очевидно також, що спеціалізоване мастило, розроблене для конкретного вузла, що повинно відповідати специфічним вимогам, здатне найбільш повно забезпечити їх. Використання високоякісних спеціалізованих мастил виправдано вповні тільки в герметичних вузлах, в які мастило закладається під час їх виготовлення і не замінюється, і не поповнюється в процесі експлуатації вузла. Саме в таких вузлах мастило поводить як рівноправний конструктивний елемент, рівень якості якого може і повинен забезпечувати його працездатність протягом усього терміну експлуатації вузла.

Багатоцільові та спеціалізовані мастила повинні не конкурувати, а доповнювати одне одного. Конструктори машин при створенні вузла повинні розглядати мастило як його конструктивний елемент і підбирати мастило оптимального складу з таким розрахунком, щоб усі вузли транспортного засобу, що вимагають поповнення мастилом в процесі експлуатації, змащувалися одним, максимально двома сортами мастила. Такий підхід спрощує обслуговування та знижує витрати на нього, а також на перевезення й зберігання мастил. Крім того, такий підхід дозволяє скоротити витрати і знизити можливість нераціонального використання мастил та їх можна сплутати. Кількість сортів спеціалізованих мастил, що закладаються в герметизовані вузли під час їх виготовлення на весь ресурс, не впливає на витрати при експлуатації і зазвичай зумовлено

особливостями виробництва, зокрема, постачанням комплектуючих вузлів суміжниками.

Розглядаючи вимоги, висунуті до якості ПМ, необхідно мати на увазі, що більшу частину цих вимог диктують кліматичні умови, в яких працюватиме транспортний засіб. Одна з вимог пов'язана з мобільністю транспортного засобу, що під час експлуатації може переміщатися з однієї кліматичної зони в іншу. Експлуатація, наприклад, автомобіля в гористій місцевості також пов'язана з постійним його переміщенням з однієї кліматичної зони в іншу.

Різноманітність умов роботи мастил у вузлах тертя транспортного засобу визначається як непостійним режимом тертя під час його руху залежно від профілю полотна дороги та швидкісного режиму, так і доволі істотними відмінностями в розмірах і типах тертьових поверхонь. Нижче розглянуті загальні вимоги до мастил, що потрібні для основних вузлів тертя транспортних засобів.

Підшипники кочення, що працюють за підвищених температур (маточини коліс, муфти виключення зчеплення, водяного насоса тощо). Мастила для цих вузлів повинні мати високу термостійкість і малу випаровуваність, добре утримуватися в підшипниках і підживлювати зону тертя, мати високу механічну і хімічну стабільність, бути стійкими до вимивання водою, запобігати пінтингу робочих поверхонь. Крім того, бажано, щоб мастила для цих вузлів мали достатні консерваційні, протизношувальні та протизадирні властивості. Незважаючи на близькість умов експлуатації, ці вузли все ж потребують виконання низки специфічних вимог. Так, мастило для підшипника муфти виключення зчеплення повинно характеризуватися поліпшеними мастильними властивостями, але може бути менш стійким до вимивання водою порівняно з мастилами для зубчастих коліс, що, у свою чергу повинні запобігати корозії посадкових місць підшипників.

Кульові шарніри. Для негерметизованих вузлів, як вказувалося раніше, якість мастила не відіграє суттєвої ролі через витікання та забруднення. Мастило для герметизованих конструкцій повинно мати високу механічну й хімічну стабільність, а також високі протизадирні та протизношувальні властивості. Вимоги до інших властивостей менш жорсткі.

Гальмівні механізми. Для забезпечення надійної роботи цих вузлів мастила для них повинні мати малу консистенцію та високу працездатність в інтервалі температур від мінус 40—мінус 60 до 150 °С, високу хімічну і механічну стабільність, задовільні протизношувальні, протизадирні та захисні властивості, а також водостійкість.

Голчасті підшипники карданних шарнірів. Мастило для цих вузлів повинно мати поліпшені мастильні властивості в умовах підвищеної вібрації та циклічних навантажень. Мастило не повинно змиватися водою з робочих поверхонь, повинно забезпечувати задовільний режим змащування в присутності абразивних забруднень і захист від корозії в присутності вологи. Особливо жорсткі вимоги висуваються до запобігання утворенню піттингу і фретінг-корозії на робочих поверхнях. Крім того, мастило повинно мати задовільні низькотемпературні й антиокиснювальні властивості.

Конструктивні особливості карданних шарнірів рівних кутових швидкостей різного типу зумовлюють відмінності в умовах роботи і надходження мастил в зону тертя, у зв'язку з чим, в цих вузлах використовуються мастила різної консистенції. Мастила для всіх типів шарнірів повинні характеризуватися високими або дуже високими протизадирними та протизношувальними властивостями, повинні бути водостійкими з досить високими захисними властивостями. До решти властивостей вимоги менш жорсткі. Ресори є відкритим вузлом, що працюють в умовах сильного забруднення абразивом і водою, тому інші властивості, крім протизадирних і водостійкості, практично істотно не впливають на роботу даного вузла і повинні дещо перевищувати мінімально допустимий рівень.

Вузли кузова і кабіни змащуються ПМ загального призначення, оскільки не висуваються жорсткі вимоги до більшості властивостей мастил. Для цих вузлів бажані м'які мастила з покращеними морозостійкими і захисними властивостями.

У закритих підшипниках мастила працюють в умовах, захищених від шкідливого впливу забруднень. Окрім того, мастило утримується у вузлі захисними шайбами. За цих умов доцільно застосовувати якісні мастила, що мають високу термостійкість

і хімічну стабільність, протистоять пінтингу. Вимоги до решти властивостей менш жорсткі. Консистенція мастил вибирається залежно від умов роботи і типорозміру конкретного підшипника.

Виходячи з розглянутих умов роботи ПМ у вузлах і агрегатах транспортних засобів, основними технічними вимогами до *універсальних мастил* є такі:

- забезпечувати мінімальне тертя та зношування;
- добре утримуватися у вузлі тертя;
- мати необхідну механічну стабільність;
- бути стійким до впливу підвищених температур, навантажень, кисню, повітря, вологи, пилу й агресивних компонентів атмосфери;
- забезпечувати надійну експлуатацію за низьких температур;
- забезпечувати ефективний захист від корозії;
- поєднуватися з конструктивними матеріалами вузлів тертя;
- мати необхідні герметизуючі властивості.

Питання для самостійної роботи

1. У чому полягає особливість антифрикційних пластичних мастил? Переваги та недоліки у порівнянні з характеристиками олив.
2. Які добавки використовують для поліпшення експлуатаційних властивостей мастил?
3. Що використовують як дисперсійне середовища для мастил?
4. Які види загусників використовують під час одержання мастил?
5. У чому полягає особливість класифікації мастил згідно з ДСТУ 4226?
6. Які Ви знаєте обов'язкові показники якості мастил?
7. Опишіть загальні технічні вимоги до багатоцільових (універсальних) мастил.
8. Опишіть загальні технічні вимоги до спеціальних мастил.
9. Охарактеризуйте терміни «синерезис», «тиксотропія».

РОЗДІЛ 2

СКЛАД ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ

Пластичні ММ належать до особливої групи ММ. Вони являють собою мазеподібні матеріали складної дисперсної (колоїдної) системи, що є високоструктурованими тиксотропними дисперсіями твердих загусників у рідкому середовищі.

2.1. Дисперсійне середовище

Як дисперсійне середовище мастил використовують нафтові і синтетичні оливи. У переважній більшості застосовуються нафтові оливи (приблизно 95 %), що обумовлено їх доступністю, відносно низькою вартістю, сумісністю з загусниками, оптимальними в'язкісно-температурними властивостями. Багато важливих властивостей ПМ визначаються природою, хімічним, груповим і фракційним складом дисперсійного середовища. В'язкість дисперсійного середовища визначає в'язкісні характеристики мастила, її прокачуваність за низьких температур і опір обертанню в підшипниках кочення. Від природи і складу дисперсійного середовища залежать працездатність мастил в певному температурному інтервалі, їх окиснюваність, захисні властивості та стійкість в агресивних середовищах.

2.1.1. Нафтові оливи

Основна маса мастил готується на дистилятних оливах або їх сумішах з залишковими оливами, в'язкість яких за температури 50 °C становить від 4,5–5,0 до 65–120 мм²/с. Майже всі багатоцільові мастила одержують на нафтових оливах. Нафтові оливи використовують під час виробництва низькотемпературних, приладових, захисних та інших мастил.

Дистилятні оливні фракції після атмосферно-вакуумної перегонки нафти надходять на селективне очищення фенолом або фурфуролом. Основними показниками, що впливають на процес

селективного очищення олив, є кратність фенолу або фурфуролу до взятої сировини та температура екстракції. Вихід рафінату збільшується зі зниженням температури очищення, зменшенням кратності розчинника до сировини, а його якість поліпшується при підвищенні температури до значення на 8–10 °С нижче критичної температури розчинення сировини у розчиннику та збільшенні співвідношення розчинника до сировини.

Під час очищення олив з високосірчистих високосмолистих парафінистих нафт, краще використовувати як розчинник фенол, оскільки при цьому вміст сірки в готовому продукті знижується на 50 % і виходять оливні компоненти з високим індексом в'язкості.

Після відгону з рафінату розчинника отримують оливні рафіновані фракції того самого фракційного складу: 300–400, 350–420, 420–500 °С. Вони, як вказувалося, містять розчинені тверді парафінові вуглеводні, які значно підвищують температуру застигання олив і погіршують їх індекс в'язкості.

Для вилучення парафіну з отриманих після селективного очищення рафінатів їх піддають депарафінізації. Одержані після депарафінізації деполиви додатково облагороджуються методом гідроочищення або за допомогою контактного очищення відбілюючими глинами. Гідроочищення знижує в оливах вміст сірки, коксу, покращує їх колір і прийомистість до присадок, підвищує антиокиснювальну і антикорозійну стабільність, збільшує індекс в'язкості олив і незначно зменшує їх в'язкість. Гідроочищення олив здійснюють воденьвмісним газом за тиску близько 4 МПа, температури 320–330 °С, у присутності каталізатора. Доочищення деполиви глинами відбувається завдяки адсорбційним властивостям відповідно підготовлених для цих цілей відбілюючих глин, що характеризуються високою питомою поверхнею. У результаті адсорбційного очищення олив глинами в них поліпшуються колір і запах, термічна та антиокиснювальна стабільність, зменшується здатність до нагароутворення, підвищується індекс в'язкості та поліпшуються інші характеристики олив.

Для одержання високов'язких (залишкових) олив з гудронів, що містять велику кількість асфальто-смолистих сполук, як головний процес, застосовують деасфальтизацію гудрону пропаном.

Деасфальтизацію здійснюють в апаратах колонного типу, подаючи гудрон у верхню, а пропан в нижню частину колони. При двоступеневій деасфальтизації процес на першому ступені здійснюють за більш високої температури, знижуючи тим самим відбір деасфальтізату на ній, але сумарний відбір оливних компонентів за першим і другим ступенем істотно збільшується (до 60 %) порівняно з одноступінчастою деасфальтизацією. Одночасно покращується якість одержуваних оливних компонентів.

Деасфальтізати першого і другого ступенів є вихідними компонентами для одержання моторних, авіаційних, циліндрових олив, олив для прокатних станів і дисперсійних середовищ для мастил, що працюють у важких експлуатаційних умовах.

Подальше облагородження деасфальтизатів першого і другого ступенів здійснюють за схемою, описаною вище для дистилятних олив: селективне очищення, депарафінізація і т. д.

Після гідроочищення й контактного доочищення відбілюючими глинами дистиляти та залишкові оливні компоненти надходять на вакуумне розділення або, мінаючи його, на компаундування, в результаті чого одержують товарні оливи.

Деякі оливи з високоякісних оливних нафт (анастасієвської, сураханської, бакинської та ін.) одержують, облагороджуючи дистилятні і залишкові компоненти за допомогою кислотнолужного очищення і доочищення відбілюючими глинами. Для цієї мети використовують концентровану сірчану кислоту, за допомогою якої видаляють ненасичені, сірко- та азотовмісні і смолистоасфальтенові сполуки. Водним розчином лугу видаляють кисень і сірковмісні сполуки, також нейтралізують і потім видаляють залишки сірчаної кислоти і продукти її взаємодії з вуглеводнями.

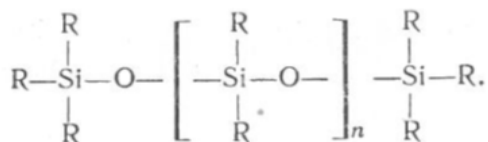
Кисотно-лужне очищення менш глибоке, ніж селективне. Груповий склад олив одного рівня в'язкості, але очищених за допомогою селективних розчинників та із застосуванням сірчаної кислоти і лугу, помітно відрізняється. Особливості в груповому та хімічному складах таких олив під час їх використання як дисперсійних середовищ мастил не можуть не позначитися на властивостях останніх. У деяких випадках оливи селективного очищення зовсім не придатні для одержання мастил.

2.1.2. Синтетичні оливи

Для приготування мастил, експлуатованих в широкому інтервалі температур і швидкостей, за високих питомих навантажень, в глибокому вакуумі, в агресивному навколишньому середовищі і т. п., як дисперсійне середовище використовують різні синтетичні оливи. Асортимент їх різноманітний. Найчастіше для цих цілей використовують такі класи синтетичних змащувальних рідин: полісилоксани, складні ефіри насичених жирних і двоосновних кислот, синтетичні вуглеводневі оливи, поліалкіленгліколі, галоїдпохідні вуглеводнів, поліфенілові ефіри і ін. Синтетичні оливи застосовують для виробництва мастил тільки в тих випадках, коли мастила на нафтових оливах не забезпечують експлуатаційні вимоги.

Полісилоксани (поліорганосилоксани) є полімерними сполуками, що складаються з молекул, що містять в основному ланцюгу атоми кремнію і кисню, що чергуються, а решта валентностей кремнію заміщені різноманітними органічними радикалами.

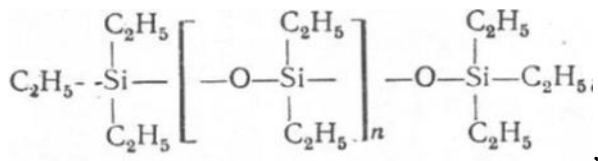
За будовою молекули полісилоксани розділяються на полімери циклічної і лінійної структури. Як дисперсійне середовище ПМ використовуються полісилоксани лінійної структури



Лінійні полімерні органосилоксани – безбарвні рідини, характеризуються високою гідрофобністю, стискуваністю, хімічною та фізіологічною інертністю, нетоксичні і стійкі до агресивних середовищ навіть за високих температур, мають відносно малу змїну в'язкості в широкому інтервалі температур, низькі випаровуваність та температуру застигання, малий поверхневий натяг і високі діелектричні властивості, а також інертність до звичайної гуми.

Найбільш широко в промисловій практиці, у тому числі й під час виробництва спеціальних мастил, використовуються поліетил-, поліметил-і поліметилфенілсилоксани.

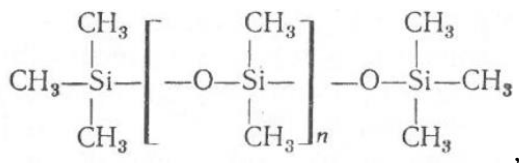
Поліетилсилоксани (ПЕС) є переважно лінійні полімери загальної формули



де $n = 3-12$.

Відмінною особливістю поліетилсилоксанів є те, що вони у будь-яких співвідношеннях змішуються з нафтовими оливами, при цьому істотно поліпшуються змащувальні властивості поліетилсилоксанів, а за певних співвідношень з нафтовими оливами проявляється їх синергетична дія – протизадирні і протизношувальні характеристики у цих сумішей вище, ніж в їх складових. Тому поліетилсилоксани використовують як дисперсійні середовища не тільки в чистому вигляді, але й в суміші з нафтовими оливами.

Поліметилсилоксани (ПМС) являють собою лінійні полімери загальної формули

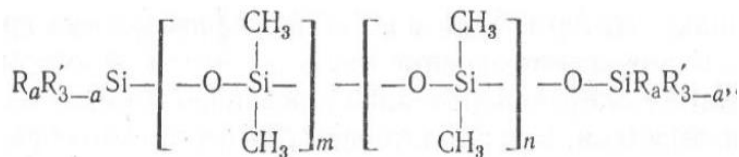


де $n = 3-700$.

ПМС досить рідко використовуються як дисперсійне середовище мастил. Від поліетилсилоксанів і інших полімерів вони відрізняються пологішою кривою залежності в'язкості від температури і більш низькими мастильними характеристиками. Не

можуть бути рекомендовані для змащування пар тертя ковзання сталь-сталь, сталь-чавун і т. п.

Поліметилфенілсилоксани (ПМФС) являють собою лінійні полімери загальної формули



де $R = \text{CH}_3$; $R' = \text{C}_6\text{H}_5$; $a = 0-3$; $m = 1-15$; $n = 0-20$.

ПМФС використовують для приготування спеціальних високотемпературних мастил. Залежно від кількості фенільних радикалів в молекулі полімеру та їх співвідношення з метильними радикалами змінюються температура застигання та температура спалаху цих рідин, термоокиснювальна стабільність, випаровуваність, їх розчинність і змішуваність з іншими полісилоксанами. Змащувальні характеристики у ПМФС вищі, ніж у ПМС і ПЕС.

Крім перелічених поліалкіл- і поліалкілфенілсилоксанів як дисперсійне середовище мастил можуть бути використані поліорганосилоксани з галоїдом в органічному радикалі. Вони є олігомерами, що містять хлор в ароматичному радикалі або фтор в аліфатичному радикалі. Полігалоїдорганосилоксани – безбарвні рідини, не розчинні у воді, але розчинні в ароматичних і хлорованих вуглеводнях. Ті полігалоїдорганосилоксани, що можуть бути використані як дисперсійні середовища мастил, характеризуються такими властивостями: в'язкість за температури 20 °С коливається в межах від 38 до 120 мм²/с, температура спалаху – від 250 до 270 °С, температура застигання – від мінус 70 до мінус 90 °С, густина – від 1070 до 1110 кг/м³. Вони мають кращі протизадирні та протизношувальні характеристики порівняно з іншими полісилоксановими рідинами.

Складні ефіри, що можуть бути використані як дисперсійне середовище ПМ, є в основному продуктами етерифікації

багатоатомних спиртів одноосновними насиченими карбоновими кислотами або продуктами, що одержують внаслідок взаємодії одноатомних високомолекулярних спиртів і двоосновних карбонових кислот. До першої групи належить олива Б-3В і ефір № 2, що представляють пентаерітритові ефіри суміші жирних кислот C_7-C_9 , а до другої – діізооктилсебацінати (ДОС). Використання складних ефірів в якості дисперсійних середовищ дозволяє отримати мастила, наприклад літєві, працездатні в широкому інтервалі температур (від мінус 60 до 120–130 °C). Вони також характеризуються хорошою змащувальною здатністю, проте не працюють в контакті з водою, оскільки відбувається гідроліз ефірів і суміш, яка утворилась, має високу корозійну активність. Окрім того, мастила на складних ефірах викликають набухання гумових ущільнень.

Складні ефіри поступаються полісилоксанам за в'язкісно-температурними характеристиками (ВТХ), термоокиснювальною стабільністю, випаровуваністю, стійкістю до агресивних середовищ, температурними межами застосування – особливо верхньою, але перевершують їх по мастильній здатності. Вони добре поєднуються з нафтовими оливами, що дозволяє використовувати ці суміші як дисперсійні середовища мастил.

Синтетичні вуглеводневі оливи в основному одержують полімеризацією олефінів або алкілюванням ароматичних вуглеводнів олефінами, в результаті чого відповідно утворюються поліолефіни і алкільовані ароматичні вуглеводні. Сировиною для одержання поліолефінів є етилен, пропілен, бутилен, що утворюються при піролізі етану, крекінгу парафінів і гачей, гідруванні ацетилену та іншими методами.

Оливи на основі алкільованої ароматики представляють алкіл-, діалкіл-, поліалкілпохідні бензолу, нафталіну, дифенілу та інших ароматичних вуглеводнів. Ці оливи мають хороші ВТХ, низьку температуру застигання та інші цінні властивості. Прямоланцюгові алкілбензоли характеризуються більш низькими температурами застигання, найкращим індексом в'язкості та більш термостійкі, ніж розгалужені. Використовуючи як дисперсійне середовище алкілбензоли, можна отримати мастила, наприклад бентонітові, сажеві або на інших термостійких загусниках, придатні

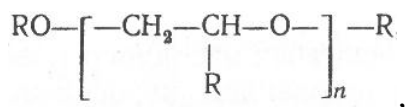
для застосування в інтервалі температур від мінус 60 до 200 °С. Ці мастила також мають хороші протизношувальні властивості і слабо діють на ущільнення зі звичайної гуми і пластмас.

Асортимент і обсяг випуску мастил на синтетичних вуглеводневих оливах типу алкілбензолів дуже обмежені. Це пояснюється високою вартістю і дефіцитністю цих олиव. Розвиток і розширення виробництва синтетичних вуглеводневих олив відкривають перспективи створення високоефективних і низькотемпературних мастил, працездатних в широкому інтервалі температур, швидкостей та навантажень.

Для виробництва мастил можуть бути використані також суміші синтетичних вуглеводневих олив з нафтовими. Слід зазначити, що дослідження з використання синтетичних вуглеводневих олив та їх сумішей з нафтовими оливами для приготування мастил обмежені, а науково обґрунтовані вимоги до структури вуглеводнів і властивостей цих олив як дисперсійних середовищ поки відсутні.

До синтетичних дисперсійних середовищ ПМ спеціального призначення можна також віднести поліалкіленгліколі, поліфенілові ефіри, фтор- і фторхлорвуглеводні, перфторалкіламіни та інші подібні мастильні рідини.

Поліалкіленгліколі, відомі також під назвою полігліколів, поліефірів, поліоксіалкіленгліколів, або полігліколевих олив, представляють лінійні полімери загальної формули



де R – однакові або різні органічні радикали або водень.

Одержують полігліколеві оливи алкілуванням багато-атомних спиртів. Залежно від будови радикала R вони або добре, або слабо, або взагалі не розчинні у воді. Якщо R- водень, метиловий або етиловий радикали, то такі полігліколеві оливи розчинні в воді, їх частіше використовують як мастильно-охолоджуючі технологічні засоби (МОТЗ). Якщо ж R – пропіловий, бутиловий і більш

високомолекулярний радикал, то такі поліалкіленгліколи слабо або практично не розчиняються у воді. Ці полігліколеві оливи представляють інтерес як дисперсійні середовища мастил.

Полігліколеві оливи відрізняються від нафтових меншими випаровуваністю, смолоутворенням і вогненебезпечністю, вищим індексом в'язкості, теплопровідністю і протизношувальними властивостями, більш низькою температурою застигання і відносною інертністю до гуми. Це оптимальні дисперсійні середовища для напіврідких мастил, призначених для змащування різних редукторних передач.

Полігліколеві оливи можуть бути одержані різної в'язкості. Оливи з в'язкістю за температури 100 °C від 2,5 до 70 мм²/с мають індекс в'язкості від 135 до 180, температуру застигання від мінус 29 до мінус 70 °C. Вони характеризуються також більш високими температурами спалаху (200–260 °C) і самозаймання (340–400 °C), ніж рівнов'язкі нафтові оливи. Температура займання поліалкіленгліколів знаходиться на 10–40 °C вище їх температури спалаху. Ці властивості можуть бути істотно поліпшені при додаванні до полігліколю антиокиснювальних присадок. Густина полігліколевих олив за температури 25 °C знаходиться в межах 950–1220 кг/м³.

Поліфенілові ефіри (поліфенілові оливи) синтезують з галоїдпохідних ароматичних вуглеводнів і фенольних сполук; містять в молекулі від чотирьох до шести бензольних кілець, а ефірні зв'язки знаходяться в м-положенні. Цінними властивостями поліфенілових олив є їх висока (виняткова) стабільність при впливі високих температур, кисню та радіоактивних випромінювань. Саме для таких екстремальних умов доцільно їх використовувати як дисперсійні середовища мастил. При цьому необхідно застосувати відповідний загусник. Для одержання мильних мастил такі оливи використовувати недоцільно.

Крім зазначених унікальних характеристик, притаманних поліфеніловим ефірам, останні відрізняються від нафтових олив меншою вогненебезпечкою, кращими змащувальними властивостями, більш високими індексом в'язкості та температурою застигання. Їх в'язкість за температури 100 °C знаходиться в межах від 3 до 69 мм²/с.

Поліфенілові оливи, що містять алкільні групи, починають термічно розкладатися за температури 350–380 °С, а ті, що не містять їх – тільки за температури 440–465 °С. Вони в присутності таких металів, як мідь, залізо, алюміній, магній, титан і ін., не окиснюються киснем повітря за температури 300–320 °С. Їх температура самозаймання знаходиться в межах 550–590 °С. У промислових масштабах оливи на основі фтор- і фторхлорвуглецю одержують галоїдуванням газових і інших нафтових фракцій.

Властивості фтор- і фторхлорвуглецю олив залежать від вибору не тільки цільової нафтової фракції, а й фторуючого агента – трифтористого марганцю або кобальту та ін. За зовнішнім виглядом фторвуглецеві оливи нагадують нафтові оливи. Це в основному рідини світло-жовтого кольору. Проте, за іншими фізико-хімічними характеристиками фторвуглецеві оливи істотно відрізняються від нафтових. Їх густина становить 1900–2000 кг/м³. Вони термічно стабільні до 400–500 °С, не спалахують, не горять, стійкі до впливу сильних кислот, лугів і інших агресивних середовищ, що не окиснюються, не викликають корозії різних металів, мають високі змащуючі властивості, високу випаровуваність, незадовільну ВТХ, низьку температуру застигання (нижче мінус 40 °С) і низький індекс в'язкості.

На їх основі одержують спеціальні мастила, найчастіше загущені твердими полімерами, наприклад політетрафторетиленом, політетрафторхлоретиленом і ін. Ці мастила використовують при контакті з рідким і газоподібним киснем, пероксидом водню, азотною кислотою, галоїдами і іншими агресивними середовищами.

Широке використання фторвуглецевих олив у рецептурі мастил обмежена як незадовільними ВТХ і високою випаровуваністю, так і високою їх вартістю. Вони у сотні разів дорожче нафтових олив.

2.2. Загусники

Як відомо, мастила за своїм складом є складними речовинами. У найпростішому випадку вони складаються з *двох компонентів* –

оливної основи (дисперсійне середовище) і твердого загусника. Поєднуючи в собі властивості твердого тіла й рідини, ПМ як грубі моделі можуть бути представлені, наприклад, як шматок вати, просоченої олією. Волокна вати відповідають часткам загусника, а олія, що утримується у ваті, – дисперсійному середовищу мастила.

Дисперсна фаза, незважаючи на відносно низьку концентрацію (5–25 %) у складі мастила, визначає основні експлуатаційні характеристики мастил. Як дисперсну фазу мастил частіше використовують солі вищих жирних кислот – мила, тверді вуглеводні, рідше – загусники неорганічного походження і в невеликих кількостях – органічні загусники.

За природою, взаємодії з дисперсійним середовищем і механізмом згущення загусники можна розділити на три основні групи:

- поліморфні загусники, взаємодія яких з дисперсійним середовищем посилюється в міру їх переходу в високотемпературні мезоморфні фази, тобто загусники, що не взаємодіють з дисперсійним середовищем за звичайних температур і колоїдно диспергують за підвищених. До таких загусників відносяться мила;

- загусники, що не характеризуються поліморфізмом, тобто з підвищенням температури не зазнають фазових перетворень, але плавляться за відносно невисоких температур і утворюють гомогенні розчини з дисперсійним середовищем за температури вище температури їх плавлення. Це тверді вуглеводні;

- загусники органічного та неорганічного походження, не розчиняються в дисперсійному середовищі і не зазнають з підвищенням температури фазових перетворень, що сприяють їх взаємодії з дисперсійним середовищем. До них відносяться силікагелі, бентоніти, сажі, розширений графіт, пігменти тощо.

2.2.1. Мильні загусники

Солі вищих жирних кислот, що використовуються у виробництві мастил, називають мильними загусниками. Відомі мастила, загусниками яких є літієві, натрієві, кальцієві, магнієві, калієві, цинкові, стронцієві, барієві, алюмінієві, свинцеві та інші мила.

Однак широке практичне застосування знайшли літієві, натрієві, кальцієві, барієві та алюмінієві мастила. У набагато рідше для приготування мастил використовують калієві, свинцеві та цинкові мила. Нерідко застосовуються також мастила на змішаних милах, наприклад кальцієво-натрієві, літієво-кальцієві, літієво-калієві, кальцієво-свинцеві тощо.

У США 50–60 % мильних мастил виробляються на милах індивідуальних жирних кислот: стеаринової та 12-оксистеаринової. У багатьох випадках, особливо під час виробництва літієвих мастил, використовують гідроване рицинову олію що на 80–82 % складається з гліцеридів 12-оксистеаринової кислоти. Решта мильні мастила готують на милах природних жирів. Від загальної витрати природних жирів до 60 % припадає на жири наземних тварин, 25–30 % – на жири морських тварин і риб та 10–15 % – на рослинні олії. Для виробництва мильних мастил використовуються синтетичні жирні кислоти (близько 65 %), рослинні олії (близько 20 %), жири наземних і морських тварин, а також саломаси (близько 5 %) та індивідуальні технічні природні кислоти (стеаринова, 12-оксистеаринова і олеїнова) (до 10 %). Склад і властивості мил, що залежать від катіона і жирнокислотного радикала (аніона) мила, значною мірою визначають експлуатаційні характеристики мастил. У зв'язку з цим важливо знати основні властивості як катіонів, так і аніонів мил, а також самих мил і методи їх отримання.

Катіон мила

Катіон мила визначає загущуючу здатність, стійкість до води, температуру плавлення та температуру краплепадіння. Чим більше вміст мила, тим вище консистенція ПМ.

Як дисперсну фазу для мастил широко використовують мила, катіоном яких є лужні метали першої групи періодичної системи (Li, Na, K), лужноземельні метали другої групи (Ca і Ba), метал третьої групи (Al) і метал четвертої групи (Рb). Для одержання готових мил або мил, що утворюються під час приготування мастил, використовують гідроксиди або інші сполуки цих металів.

Під час виробництва Li-, Na- і K-мастил застосовують водні розчини гідроксидів відповідних лужних металів, що є сильними лугами. Реакцію проводять прямим омиленням жирів або нейтралізацією кислот. Для приготування літєвих мастил використовують технічний гідроксид літію $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, що виробляється трьох марок: ЛГО-1, ЛГО-2, ЛГО-3, в яких вміст LiOH становить 53–54 %. Відмінною особливістю цих марок є вміст в них карбонатів різних металів, а також хлоридів і сульфатів.

Технічний гідроксид натрію виробляється промисловістю декількох марок: ТР – твердий ртутний, ТХ – твердий хімічний, ТД – твердий діафрагмовий, РР – розчин ртутний, РХ – розчин хімічний, РД – розчин діафрагмовий. Слова «ртутний», «хімічний», «мембранний» вказують на метод їх одержання. Кожна з цих марок ділиться на сорти, наприклад РД – вищий і перший сорт. Марки відрізняються вмістом гідроксиду натрію і різних домішок, наприклад вуглекислого натрію, кремнієвої кислоти тощо. У твердих марках масова частка NaOH знаходиться в межах 94–98,5 %, в рідких – 44–46 %. У виробництві мастил в основному використовують NaOH марок ТД і РД.

Технічний гідроксид калію одержують діафрагментним електролізом розчину хлориду калію. Виробляються дві основні марки: тверда (вищий, перший, другий сорт) у вигляді сплаву або лусочок, і рідка (вищий, перший сорт). Відрізняються вони масовою часткою їдких лугів ($\text{KOH} + \text{NaOH}$), що для твердих марок знаходиться в межах 93–95 %, а для рідких – 52–54 % і вмістом різних домішок: вуглекислого калію і натрію в перерахунку на NaOH , кальцію, алюмінію, хлоридів, сульфатів і інших компонентів, частка яких повинна бути доволі незначною.

Під час виробництва мастил найчастіше доводиться мати справу з міцними водними розчинами NaOH , іноді й KOH , концентрацію яких представляють зазвичай в масових відсотках або характеризують їх густиною.

Гідроксид кальцію («гашене вапно») одержують з оксиду кальцію при взаємодії з водою. Гашення вапна відбувається з великим виділенням тепла – 66,9 кДж/моль (16 ккал /моль), що слід враховувати при одержанні гідроксиду кальцію безпосередньо на

заводах з виробництва мастил. Зі зниженням температури розчинність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у воді підвищується, а $\text{Ba}(\text{OH})_2$ – зменшується. Слід мати на увазі, що $\text{Ba}(\text{OH})_2$ токсичний, пожежо- та вибухонебезпечний. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у цьому відношенні практичної небезпеки не представляє. Технічний гідроксид кальцію виробляють у вигляді тонкого пухкого порошку білого кольору і певного фракційного складу трьох сортів (перший, другий і третій). Масова частка CaO в перерахунку на гідроксид знаходиться в межах 91,5–96 %. Нормується незначний вміст інших домішок, наприклад вуглекислого кальцію, солей магнію, речовин, нерозчинних в соляній кислоті. Для виробництва мастил необхідно застосовувати перший сорт вапна. Його використовують в звичайному вигляді, тобто порошку, або на його основі готують вапняне молоко. Часто застосовують вапняно-оливну суспензію, що готують на основі нафтових олив і вапна-гідратного.

Технічний гідроксид барію $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ в промислових масштабах виготовляють двох сортів: гідроксид барію (перший і другий), масова частка $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ у яких становить 97 і 95 % відповідно. Вміст оцтово-кислого барію у обох сортів не повинен перевищувати 1 %, решта складають домішки, що являють речовини, нерозчинні в соляній кислоті, хлориди, інші солі барію, кальцію тощо. Для виробництва мастил слід використовувати $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ першого сорту.

Під час виробництва алюмінієвих мастил частіше використовують алюмінієво-калієві галуни $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2[(\text{SO}_4)_3\text{K}_2\text{SO}_4] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, що є комплексними сполуками, що добре дисоціюють у воді. Вони нетоксичні, пожежо- і вибухобезпечні. Технічні алюмінієво-калієві галуни виробляють двох сортів (вищий і перший), масова частка Al_2O_3 , у яких повинна перевищувати 10,7 і 10,4 % відповідно. Різняться ці сорти також масовою часткою заліза, миш'яку та нерозчинного у воді залишку. Для виробництва мастил використовують перший сорт.

Ізопропілат алюмінію (ІПА) одержують розчиненням металічного алюмінію в розчині ізопропілового спирту в присутності таких каталізаторів, як хлорна ртуть, водень хлористий або

безводний хлорид алюмінію. Щоб уникнути реакції з вологою повітря його зберігають в органічних розчинниках: спирті, бензині, а також в оливах – дисперсійному середовищі мастил.

Для виробництва свинцевих мил за реакцією подвійного обміну з метою подальшого одержання мастил використовують сірчаноокислий свинець $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$. Його одержують взаємодією PbO з оцтовою кислотою, оцтовоокислий свинець – це безбарвні кристали, солодкуваті на смак, добре розчинні в воді й гліцерині, за температури $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище перетворюється у безводний, тобто втрачає три молекули води, а на повітрі вивітрюється з утворенням карбонату свинцю, отруйний, клас небезпеки 1, ГДК = $0,01\text{ мг/м}^3$.

Аніон (жирнокислотний радикал) мила.

Для одержання мил – дисперсної фази мастил – застосовується широкий асортимент жирових матеріалів: жири наземних тварин, рослинні олії, жири риб і морських тварин, технічні жирні кислоти, природні воски, нафтові кислоти та інші технічні жирові матеріали. Крім того, використовуються різні фракції синтетичних жирних кислот (СЖК), одержувані внаслідок окиснення парафіну, а також окиснений петролатум. Цю жирову сировину називають компонентами мастил, що омилюються.

До складу природних жирів (тваринних і рослинних) входять гліцериди або високомолекулярні ефіри (воски) одноосновних прямоланцюгових жирних кислот або, як їх називають, нормальних жирних кислот від C_4 до C_{30} .

Насичені жирні кислоти описуються загальною формулою $C_nH_{2n+1}-COOH$ або $C_nH_{2n}O_2$. У природних жирах з насичених жирних кислот більше міститься C_{16} і C_{18} . Нормальні насичені жирні кислоти переважно входять до складу тваринних жирів, у невеликих кількостях містяться у складі рослинних олій.

У всіх рослинних оліях містяться гліцериди ненасичених жирних кислот, що мають два подвійні зв'язки. У цих кислотах число ізомерів більше, ніж в мононенасичених. Найбільш поширена

з двома ізольованими подвійними зв'язками цис-9-, цис-12-октадекадієнова (лінолева) кислота.

Крім гліцеридів насичених і ненасичених жирних кислот у природних жирах містяться гліцериди кислот з функціональними групами в радикалі: гідроксильної (ОН) – оксикислоти, карбонільної (СО) – кетокислоти. Вельми цінною кислотою під час виробництва мастил є 12-оксиоктадеканова (12-оксистеаринова) кислота, що одержується під час гідрування рицинової олії, до складу якої входять гліцериди 12-окси-цис-9-октадеценкової (рицинолевої) кислоти.

Під час виробництва мастил важливе значення має реакція за участю карбоксильної групи, тобто утворення солей (мил).

Мила лужних металів жирних кислот в присутності води гідролізуються. Тому для них ця реакція є оборотною. Реагуючи з гідроксидами лужноземельних металів, жирні кислоти можуть утворювати середні та основні солі. Це необхідно враховувати під час виробництва Са- і Ва- мастил. Крім середніх і основних солей жирні кислоти утворюють і кислі солі.

Складовою частиною всіх жирів є складні ефіри жирних кислот і трьохатомного спирту – гліцерину. Їх називають гліцеридами. У жирах в основному містяться тригліцериди, тобто утворені гліцерином і трьома молекулами кислоти. Тригліцериди можуть містити радикали однієї жирної кислоти (однокислотні), а також радикали різних кислот (різнокислотні). У природних жирах зазвичай містяться різнокислотні гліцериди. Залежно від складу гліцеридів, будови кристалічної структури змінюються і їх фізичні властивості. Важлива реакція гліцеридів – гідроліз, внаслідок якого одержують гліцерин і вільні жирні кислоти. Розщеплення гліцеридів також здійснюють дією на них їдких лугів.

Ця реакція має місце під час виробництва мастил з використанням природних жирів. У цьому випадку в мастилі залишається гліцерин. Маючи сильно виражені властивості ПАР, гліцерин має суттєвий вплив на формування структурного каркасу мастил та їх властивості.

З рослинних олій використовуються бавовняна і рицинова олія, рідше застосовуються соняшникова і рапсова олії. За кордоном

крім зазначених олій також використовують пальмову, кокосову та деякі інші олії. Рослинні олії виділяють з плодів і насіння олійних культур (соняшник, ріцина, ріпак, плоди пальм тощо) пресуванням, екстракцією розчинником або комбінованим методом, тобто пресуванням та екстракцією. Залежно від ступеня очищення олив їх поділяють на рафіновані й нерафіновані.

Бавовняну, соняшникову і рапсову олії в основному використовують під час виробництва гідратованих Са-мастил – жирових солідолів і кальцієво-натрієвих мастил, наприклад мастила ИП-1. Рицинова олія використовується для приготування натрієвих, натрієво-кальцієвих і літєвих мастил. Крім того, ця олія є вихідною сировиною для одержання дуже цінної у виробництві мастил 12-оксистеаринової кислоти.

3 жирів морських тварин у виробництві мастил найбільш широко застосовують кашалотовий і спермацетовий. Одержують їх переробкою кашалотів: кашалотовий жир виділяють з туші тварини, а спермацетовий – з кісткових черепних заглиблень його голови. Застосовують їх в основному в осірченому вигляді під час виробництва літєвих та інших мастил.

Жирні кислоти. У виробництві мастил широко застосовуються технічні нормальні насичені (стеаринова) і ненасичені (олеїнова) кислоти. Їх виділяють з рослинних олій, тваринних жирів і саломасів шляхом розщеплення водою за температури 220–250 °С і тиску 25–60·10⁵ Па. Одержану суміш дистилують – очищують від супутніх речовин і методом кристалізації або пресування поділяють жирні кислоти на тверді та рідкі. У результаті одержують два продукти: твердий пресовий стеарин з титром 40–50 °С і суміш рідких кислот (олеомаргарин) з титром 12–25 °С. Склад і властивості цих продуктів залежать від складу вихідної сировини. Твердий пресовий стеарин використовують для одержання технічних стеаринів і стеаринової кислоти різної чистоти. Для виробництва мастил в основному застосовують стеарин технічний першого та другого сортів. У деяких випадках використовують стеарин технічний особливий. Стеарин технічний служить сировиною, що омилюється під час виробництва літєвих і рідше алюмінієвих, барієвих і натрієвих мастил.

12-оксистеаринова кислота. Джерелом одержання кислоти є рицинова олія, що містить до 85 % рицинолевої (12-оксиолеїнової) кислоти у вигляді тригліцеридів.

Синтетичні жирні кислоти (СЖК). Сировиною для одержання СЖК є парафін. Його окиснюють киснем повітря у присутності каталізаторів. У результаті одержують окиснений парафін, що піддають омиленню розчином їдкого лугу. Неокиснений парафін і нейтральні до лугів кисневмісні сполуки (що не омилюються) відокремлюють від мил методом відстоювання у водних розчинах і термічною обробкою, повертаючи їх на повторне окиснення. Мила розкладають кислотами (H_2SO_4 або HNO_3) і виділяють широку фракцію СЖК, що складається з кислот від C_5 до C_{20} і вище. Дистиляцією під вакуумом широку фракцію СЖК поділяють на вузькі: $\text{C}_5\text{--C}_6$, $\text{C}_7\text{--C}_9$, $\text{C}_{10}\text{--C}_{11}$, $\text{C}_{17}\text{--C}_{20}$ і C_{20} і вище фракції кислот. Ці кислоти використовують для різних технічних цілей, в тому числі для виробництва мастил. Такі кислоти, як C_{20} і вище (кубові залишки), у суміші з кислотами $\text{C}_5\text{--C}_6$ ($\text{C}_7\text{--C}_9$) застосовуються під час виробництва гідратованих кальцевих мастил – синтетичних солідолів. Синтетичні жирні кислоти $\text{C}_{10}\text{--C}_{20}$ ($\text{C}_{10}\text{--C}_{16}$ + $\text{C}_{17}\text{--C}_{20}$) широко застосовують під час виробництва kCa -і kAl -мастил. Були спроби використовувати СЖК $\text{C}_{10}\text{--C}_{16}$ для приготування літєвих мастил, але позитивних результатів не одержано.

Каніфоль – крихка склоподібна напівпрозора з раковинним заломом маса від світло-жовтого до темно-коричневого кольору. Складається з суміші смоляних (абіетинових) ненасичених кислот загальної формули $\text{C}_{19}\text{H}_{29}\text{COOH}$, жирних кислот (5–10 %), речовин, що не омилюються (5–12 %), характеризується наступними фізико-хімічними властивостями: густина за температури 20 °С – 1000–1085 кг/м³, кислотне число – 150–175 мг КОН/г, температура розм'якшення – 52–70 °С, температура кипіння (за 665 Па) – 250 °С, добре розчиняється в ефірі, ацетоні, бензолі, скипидарі, бензині.

Талова олія – рідка смолоподібна маса темного кольору, одержувана з побічного продукту виробництва сульфатної целюлози (сульфатного мила) розкладанням його сірчаною кислотою. У таловій олії міститься приблизно рівна кількість

жирних (пальмітинова, стеаринова, олеїнова, лінолева тощо) і смоляних (суміш абієтинових і окиснених смоляних) кислот. Крім того, в його склад входить до 12 % неомилених речовин, зокрема, до 3 % фітостерину. Неочищена талова олія має різкий запах і темний колір, дистильована – більш світла і не має різкого запаху. У виробництві мастил використовують дистильовану талову олію, кислоти жирні талові марки Б (ГОСТ 14845).

Мила

Літієві мила. Їх одержують в результаті реакції гідроксиду літію з жирними кислотами або жирами в нафтових або синтетичних оливах. Загусники в комплексі з дисперсійним середовищем визначають основні властивості ПМ: ВТХ, стабільність структури, антикорозійні властивості, трибологічні характеристики, стійкість до окиснення, придатність до застосування у вузлах тертя механізмах різного призначення тощо. Від загусника залежать: температура краплепадіння, водостійкість, ущільнююча здатність, а від базових олив – низькотемпературні властивості, втрати на випаровування, сумісність з еластомерами.

Температура краплепадіння мастила класу NLGI 2 на нафтовій оливі знаходиться в інтервалі 180–190 °С. Вміст мила в мастилі такого класу становить близько 6 % мас. У разі використання нафтової оливи, близько 9 % мас. – для парафінових олив і близько 12 % мас. – у разі використання поліальфаолефінів. В'язкість застосовуваних олив складає 50–140 мм²/с за температури 40 °С. Загущуючий ефект мил залежить від в'язкості базових олив, а також від їх вуглеводневого складу.

Пластичні мастила, загущені 12-LiOSt, широко використовуються як багатофункціональні. Вони характеризуються хорошими стійкістю до окиснення, антикорозійними та трибологічними характеристиками, водостійкістю і механічною стабільністю.

Кальцієві мила. Їх одержують в результаті реакції гідроксиду кальцію з жирними кислотами або жирами в нафтовій оливі. Стабільна структура мастила досягається тільки в присутності води (близько 10 % мас. від вмісту мила). З видаленням гідратованої води

структура руйнується і відбувається поділ мастила на оливну та мильну фази. У виробництві кальцієвих мастил найкраще використовувати нафтові й ароматичні нафтові олії.

Для одержання мастила 2 класу NLGI потрібно 10–17 % мас. мила. Мастила мають хороші низькотемпературні властивості, стійкість до води та адгезію. Їх застосування обмежене невисокими робочими температурами (до 80 °C).

Загущуючий ефект алюмінієвих мил в парафінових оливах вищий, ніж в нафтових. Алюмінієві мастила мають хорошу водостійкість і адгезію, але низьку межу міцності й температуру краплепадіння (не вище 120 °C). Робочі температури застосування алюмінієвих мастил знаходяться в діапазоні 70–90 °C.

Натрієві мила. Натрієві мастила одержують реакцією жирних кислот або жирів з гідроксидом натрію в оливі. Для натрієвих мастил характерна висока температура краплепадіння (≈ 165 °C). Ці мастила мають хороші мастильні та антикорозійні властивості. До недоліків натрієвих мастил слід віднести низьку водостійкість і схильність до гелеутворення. Верхня температурна межа застосування натрієвих мастил складає 110–120 °C.

Барієві мила. Їх одержують реакцією гідроксиду барію з різними жирними кислотами або жирами в нафтовій оливі. Температура краплепадіння барієвих мастил становить близько 150 °C. Вони характеризуються хорошою стійкістю до води й підвищеною напругою зсуву. До недоліків барієвих мастил слід віднести високий вміст мила, погані низькотемпературні властивості та токсичність сполук барію.

Пластичні мастила на змішаних милах. Мастила на змішаних милах одержують загущенням дисперсійного середовища милом з різними катіонами: літієм-кальцієм, натрієм-кальцієм або натрієм-літієм-кальцієм. Їх властивості залежать від кількісного співвідношення мил, що входять в їх склад.

Так, кальцієво-натрієві мастила характеризуються кращою водостійкістю, ніж натрієві і можуть застосовуватися за більш високих температурах, ніж кальцієві. Літієво-кальцієві мастила характеризуються підвищеною водостійкістю і більш високою температурою краплепадіння, ніж кальцієві мастила. Під час

одержання кальцієвих мил не більше 20 % мас. температура краплепадіння літієво-кальцієвого мастила становить 170–180 °С, що характерно для літієвого мастила, а трибологічні характеристики вищі у порівнянні з літієвим мастилом. Літієво-кальцієві мастила широко використовуються у сучасному промисловому обладнанні як спеціалізованих ММ.

Комплексні мила. Мила на основі вищих жирних кислот можуть утворювати комплексні мила з солями металів коротко ланцюгових органічних кислот (наприклад, оцтовою кислотою) або з неорганічними солями (наприклад, боратами). Комплексні мастила мають більш високі функціональні характеристики та краще, ніж звичайні мильні мастила, відповідають жорстким вимогам експлуатації в умовах підвищених навантажень і температур.

Літієві комплексні мила. Комплекс на основі 12-гідроксистеаринової кислоти і оцтової кислоти було одержано ще в 40-х роках минулого століття. З багатьох пропонованих складів широке розповсюдження набули комплекси на основі 12-гідроксистеаринової кислоти і азелаїнової кислоти. Літієві комплексні мастила порівняно з літієвими мастилами мають кращі температури краплепадіння, механічну стабільність і трибологічні характеристики.

Кальцієві комплексні мила. Комплексні кальцієві мастила одержують внаслідок реакції вищих жирних кислот і низькомолекулярної жирної кислоти (в основному оцтової кислоти) з надлишковою кількістю гідроксиду кальцію в нафтовій оливі. Ці мастила характеризуються високою температурою краплепадіння (близько 250 °С), стійкістю до напруги зсуву, водостійкістю і меншим потягом до синерезису, хорошими трибологічними характеристиками. Верхня температурна межа застосування 160 °С (короткочасно 200 °С).

Алюмінієві комплексні мила. Їх одержують в результаті реакції суміші водорозчинних солей низько- і високомолекулярних аліфатичних карбонових кислот з солями алюмінію з наступним виділенням водорозчинних алюмінієвих комплексних мил і їх дисперсами в оливі. З відомих комплексів найбільш широко використовують комплекси, що включають стеарат і бензоат алюмінію. Мастила на алюмінієвому комплексному милі характе-

ризуються високою температурою краплепадіння (230 °C і вище), хорошою термічною і механічною стабільністю і водостійкістю, а також меншим потягом до синерезису. Алюмінієві комплексні мастила широко використовуються для харчового обладнання.

Неорганічні загусники. При виробництві мастил використовують неорганічні матеріали, що мають високу дисперсність, гідрофобність, здатність до утворення структурного каркасу мастила й швидкому відновленню зв'язків між частинками після їх руйнування. Використовують як загусники високодисперсні діоксин кремнію, глинисті мінерали, розширений і Ліюфільні графіт, азбест тощо.

Фізико-хімічні характеристики мил. Будова кристалічної решітки, температура плавлення, поліморфізм і етапне плавлення, тобто фазові переходи, розчинність і набухання в полярних і неполярних розчинниках, критичні концентрації асоціації і міцелоутворення у вуглеводнях, здатність до гелеутворення в різних дисперсійних середовищах, зокрема, в нафтових оливах, окиснюваність і термічний розклад, полярність та інші властивості мил істотно позначаються на будові структурного каркасу мастил і їх характеристиках. Ці властивості мил залежать від катіонної та аніонної частин їх молекули, способів одержання, присутності сторонніх домішок, води, а якщо їх отримують *in situ*, то і від складу дисперсійного середовища та інших факторів. Слід зазначити, що багато з перерахованих властивостей для різних мил вивчені у більшості випадків недостатньо. Наведені в літературі відомості нерідко суперечливі.

Залежно від аніону і катіону, що застосовуються для виготовлення мила, а також від вмісту кислих або основних солей, води та інших домішок в ньому, мила можуть бути твердими, м'якими або мазеподібними, що утворюють або не утворюють структуру мастила. Тверді жирні кислоти утворюють тверді, а рідкі – м'які мазеподібні мила. Твердість мил також залежить від катіону. Наприклад, калієві мила м'якіші, ніж натрієві. Усі мила гігроскопічні. Найбільш гігроскопічними є мила лужних, найменш – полівалентних металів. Гігроскопічність мила також визначається його аніоном. Мила ненасичених кислот більш гігроскопічні, ніж

мила насичених кислот. Повністю зневоднені мила практично одержати досить важко. При поглинанні вологи мила набухають, збільшуючись в об'ємі. Набухання супроводжується виділенням тепла, що під час зберігання сухих порошкоподібних мил іноді призводить до обвуглювання і навіть загоряння. Здатність мил поглинати воду називають желатинування. Ця здатність для стеаратів різних металів зменшується в ряду $\text{Na} > \text{K} > \text{Li} > \text{Ca} > \text{Рb}$.

Розчинність мил у воді і різних вуглеводнях також зумовлені їх складом. Мила низькомолекулярних кислот розчиняються у воді краще, ніж високомолекулярні кислоти. У присутності мил низькомолекулярних кислот підвищується розчинність мил високомолекулярних кислот. Мила ненасичених кислот розчиняються краще, ніж мила насичених кислот. Розчинність мил також залежить від їх катіона. Краще за інших розчинні у воді натрієві мила. За підвищення температури розчинність мил поліпшується. Водні розчини мил електропровідні. Певну електропровідність мають вуглеводневі системи мил.

Рентгеноструктурним аналізом мил різних металів встановлено, що вони мають в основному подібну будову кристалічної ґратки. Катіони (полярні групи) розташовані в паралельних площинах, відстані між якими дорівнюють подвоєній довжині аніонів мила, помноженої на синус кута нахилу щодо цих площин. Сили зв'язку між полярними групами мил значно вищі взаємодій між кінцевими метильними групами вуглеводневого радикалу. Так, наприклад, для стеарату літію перші рівні 125,4 (30), а другі 1,25 кДж/моль (0,3 ккал/моль).

Мила жирних кислот утворюють ромбічні та моноклінні кристали. Під час нагрівання мил до утворення ними ізотропного розплаву відбувається етапне руйнування їх кристалічної ґратки і за певних температур мило переходить з однієї мезоморфної фази в іншу. Ці температури називають фазовими переходами мил. Для кожного мила характерні як кількості, так і абсолютне значення температур фазових переходів. Однак однозначне трактування фазових переходів для мил поки відсутнє.

Найбільш досліджені за фазовим переходом натрієві мила. Для безводних натрієвих мил розрізняють такі фази, перелічені у порядку зростання температур їх сталого існування: кристалічна,

суперкристалічна, передвоскова, воскова, супервоскова, передпросвітлювальна, просвітлювальна, ізотропний розплав. Однак детально структура окремих фаз з'ясована недостатньо. Вивчення постадійного плавлення мил і структури окремих фаз утруднено та викликає необхідність застосування різних методів для визначення окремих фазових переходів. Складність оцінки цих перетворень пов'язана також з повільним перебігом деяких з них не тільки при охолодженні розплаву, але і при нагріванні систем. Так, перехід з кристалічної у передвоскову фазу в пальмітат натрію триває більше 2 год. Значного впливу на фазові переходи мил надають їх вологість, наявність ПАР та інші фактори. У більшості випадків криві нагрівання та охолодження у мил лужних і лужноземельних металів не ідентичні, причому число фазових переходів під час нагрівання більше, ніж під час охолодження. Деякі з фазових переходів мил мають особливо важливе значення при формуванні структури мастил. Так, наприклад, фазовий перехід у $\text{Ca}(\text{St})_2$ за температури 123–127 °С пов'язаний з найбільшим тепловим ефектом і складає близько 70 % сумарного теплового ефекту всіх переходів. Йому відповідає набуття здатності $\text{Ca}(\text{St})_2$ набухати в багатьох вуглеводнях і витягуватися в тонкі довгі нитки. Фазовим переходам 12- $\text{Ca}(\text{oSt})_2$ за температури 105–110 і 125–127 °С відповідає область температур структуроутворення безводних Са-мастил.

Важливим є поведінка мил в різних розчинниках, а в даному випадку – у вуглеводневих оливах. Стан і властивості систем, що складаються з мила і розчинника, залежать від температури, концентрації компонентів, їх природи, наявності в цих системах ПАР та інших факторів. Розчинність мил в оливі з підвищенням температури збільшується, причому за деякої певної для кожного мила температури розчинність стає безмежною з утворенням ізотропного розплаву.

Розчинність мил в оливах підвищується зі збільшенням валентності та атомної маси катіона. Присутність в системі ПАР посилює набухання мил та їх розчинність. Набухання мила в олії супроводжується його диспергуванням, що за деяких температур випереджає процес набухання. Важливою властивістю мил є їхня здатність до міцелоутворення в вуглеводневих (нафтових) оливах,

тобто утворення центрів кристалізації. Мило залежно від катіона й аніона та властивостей дисперсійного середовища характеризується певним значенням критичної концентрації міцелоутворення (ККМ). Наприклад, ККМ для LiSt, NaSt і Pb(St)₂ в оливі АУ становить відповідно 0,1; 0,2; 0,3 % мас. Утворення міцел і агрегатів ПАР (мил) в вуглеводневих середовищах пояснюється взаємодією полярних груп молекул, а також дипольною взаємодією через водневі зв'язки з виникненням специфічних координаційних зв'язків, супроводжуються збільшенням ентропії та зменшенням вільної енергії системи.

Набухання, розчинність, поліморфізм, величина енергії зв'язку між полярними і метильними групами молекул, олефільно-гідрофобний баланс, ККМ, енергія зв'язку молекул в міцели, агрегація міцел, адсорбційна здатність та інші характеристики мила істотно впливають на процеси структуроутворення. Це визначає вибір оптимальної технології і впливає на формування властивостей мастил. Однак властивості мил, що широко використовуються у виробництві мастил (особливо мил, одержуваних *in situ*), вивчені недостатньо.

У таблиці 2.6 наведено деякі типи загусників і мастила на їх основі.

Таблиця 2.6

Марки мастил і види загусники

Мастила	Вид загусника
Літол-24	12-гідроксистеарат літію
Фіол-1, Фіол-3	12-гідроксистеарат літію
ЛСЦ-15	12-гідроксистеарат літію
ШРБ-4	Комплексне барієве мило
№ 158	Стеарати літію і калію, фталоціанін міді
Лита	Стеарат літію, церезин-80
ЦИАТИМ-201	Стеарат літію
ЦИАТИМ -203	Стеарат літію
1-13	Натрієво-кальцієві мила рицинової олії
Солідол-Ж	Кальцієві мила СЖК
Уніол-2М	Комплексне кальцієве мило
ВНИИ НП-242	Стеарат літію, дисульфід молібдену

2.2.2. Тверді вуглеводні

Під час продукування вуглеводневих мастил з робочим діапазоном температур 60–70 °С і хорошими захисними властивостями, як загусники використовують тверді вуглеводні: парафіни, петролатуми, церезини і бітуми, що містяться в нафті, а також і природні воски – торф'яний і буровугільний (монтановий), озокерит, продукти їх переробки тощо.

Склад і властивості твердих нафтових вуглеводнів залежать від температури википання нафтової (оливної) фракції. У низькокиплячих оливних фракціях містяться в основному тверді парафінові вуглеводні нормальної будови. З підвищенням меж википання фракцій вміст в них *n*-парафінів знижується, збільшується частка ізопарафінових і циклічних, особливо нафтових, вуглеводнів з довгими бічними ланцюгами. У залишкових продуктах в основному концентруються нафтові вуглеводні з бічними ланцюгами переважно ізобудови. У них також містяться ароматичні вуглеводні з довгими алкільними ланцюгами нормальної ізобудови та у незначній кількості – високомолекулярні ізопарафінові вуглеводні. Способи одержання твердих вуглеводнів з нафтових фракцій ґрунтуються переважно на здатності цих вуглеводнів кристалізуватися за низьких температур.

Вилучення твердих вуглеводнів з нафтових фракцій називається депарафінізацією нафтопродуктів. Її здійснюють різними методами: кристалізацією твердих вуглеводнів при охолодженні вихідної сировини; кристалізацією твердих вуглеводнів при охолодженні розчину вихідної сировини в вибіркових розчинниках; взаємодією з карбамідом – комплексоутворення; каталітичним перетворенням твердих вуглеводнів у низькозастигаючі продукти; адсорбційним розділенням; біологічним впливом та іншими методами. Найбільш широко використовуються методи депарафінізації селективними розчинниками.

Парафін

Виробництво парафінів базується на знеоливленні гачів, що утворилися під час депарафінізації дистилатів оливи. У цьому випадку одержують тверді середньоплавкі парафіни з температурою плавлення 45–50 °С, тверді високоплавкі парафіни з температурою плавлення 50–65 °С. Їх також виділяють під час депарафінізації парафінів дистилатів, спеціально одержаних для цих цілей з малосірчистих парафінистих нафт. Під час депарафінізації дизельних палив та інших нафтових фракцій утворюються м'які (температура плавлення 28–45 °С) і рідкі (температура плавлення нижче 27 °С) парафіни.

Для виробництва мастил практичний інтерес мають тверді парафіни. Це кристалічні продукти, що містять від 20 до 40 атомів вуглецю в ланцюгу *n*-алканів. Крім *n*-алканів (75–98 %) в твердих парафінах містяться алкани ізобудови (2–25 %) і досить незначна кількість нафтоених і ароматичних вуглеводнів з довгими бічними парафінові ланцюгами.

Промисловістю виробляється широкий асортимент твердих парафінів: три марки високоочищених харчових парафінів (П-1, П-2 і П-3), що відрізняються температурою плавлення і вмістом оливи (для марки П-1 температура плавлення має бути не нижче 54, для П-2 – не нижче 52 і для П-3 – не нижче 50 °С; відповідно вміст оливи становить не більше 0,45, 0,9 і 2 %); п'ять марок високоочищених парафінів (В1, В2, В3, В4 і В5), в основному відрізняються температурою плавлення та глибиною проникнення голки за температури 25 °С (для парафіну марки В4 температура плавлення становить 50–52, для В2 – 52–54, для В3 – 54–56, для В4 – 56–58 і для В5 – 58–62 °С, глибина проникнення голки за навантаження 100 г відповідно не повинна перевищувати 18, 16, 14, 13 і 12•10⁻⁴ м); технічні очищені парафіни марки Т для різних цілей і марки С для синтезу СЖК, а також дві марки неочищених парафінів (Нс – сірникову і Нв – неочищений висококоплавкий для виробництва α -олефінів і для інших цілей). Найбільший інтерес під час виробництва мастил представляють технічний очищений парафін Т,

неочищений високоплавкий парафін Нв, високоочищений парафін В5 і харчовий парафін П2.

Технічний (Т) і високоплавкий (Нв) парафіни використовують для приготування мастил загального призначення, а високоочищений (В5) і харчовий (П2) парафіни – для спеціальних приладових та інших мастил (вазелін), а також мастил, що застосовуються під час виробництва харчових продуктів. Однак широкого поширення під час виробництва мастил парафін не знайшов. Це зумовлено його відносно низькою температурою плавлення, високою крихкістю за низьких температур і відносним дефіцитом. Іноді під час виробництва мастил парафін використовують в поєднанні з іншими загусниками.

Петролатуми

Петролатуми є сумішшю (розчинами) високоплавких парафінових і ізопарафінових, нафтових і ароматичних з довгими бічними ланцюгами (переважно ізобудови) та інших твердих вуглеводнів в залишкових оливах. Співвідношення зазначених груп вуглеводнів в петролатумі коливається залежно від хімічної природи сировини, що переробляється. Зазвичай в твердій частині петролатуму міститься парафіно-нафтові вуглеводні 80–90 %, ароматичних від 3 до 10 % і асфальто-смолистих сполук від 2 до 4 %; на частку залишкових олив в петролатумі приходить 20–25 %. Залежно від способу очищення (деасфальтизації, деароматизації) вихідної сировини під час одержання залишкових олив і від складу нафти, з якої отримано гудрон (малосірчиста, сірчиста), одержують три марки петролатуму: ПК – сірчаноокислотне очищення, ПС – селективне очищення, ПСС – селективне очищення з сірчистих нафт. Виробництво петролатуму марки ПК дуже обмежене.

Петролатум для виробництва мастил використовують самостійно або в поєднанні з іншими загусниками, а також після його окиснення як адгезійну і захисну присадку. Окиснений петролатум зрідка застосовують як омилюючий компонент. Як загусник вазелін використовують для приготування вуглеводневих захисних мастил типу технічного вазеліну, канатних та інших

мастил. Він є також вихідною сировиною для одержання нафтового церезину.

Церезини і нафтові воски

При знеоливленні петролатуму одержують неочищений нафтовий церезин, що піддають або кислотному, або селективному та адсорбційному очищенню, отримуючи відповідні марки очищених церезинів. Іншими джерелами одержання церезину є парафінові відкладення під час нафтовидобутку (парафінова пробка) і природні озокерити. Церезини також можуть бути одержані синтезом оксидів вуглецю і водню. Так одержують високоплавкі синтетичні церезини, що представляють суміш твердих (парафінових) вуглеводнів переважно нормальної будови, що не знайшли практичного застосування у виробництві мастил через схильність до ущільнення під час охолодження.

Нафтові церезини й церезини, одержувані внаслідок перероблення парафінової пробки та озокериту, – це кристалічні продукти від жовтого до коричневого кольору. До їх складу входять в основному нафтенові та ароматичні вуглеводні з довгими бічними парафіновими ланцюгами, переважно ізобудови, а також високомолекулярні ізоалкани та у незначних кількостях нормальні парафіни. Нафтовий церезин за своїм складом дещо відрізняється від церезину, одержуваного з озокериту. Температура плавлення церезинів залежно від складу вихідної сировини і способу очищення коливається у межах від 57 до 85 °С, а молекулярна маса від 500 до 750. При рівній молекулярній масі церезинів і парафінів церезини характеризуються більш високою температурою плавлення, в'язкістю, густиною, еластичністю і реакційною здатністю. У них також більш висока загущуюча здатність, липкість, адгезія і механічна міцність. Усе це сприяє широкому використанню церезинів як загусників для одержання вуглеводневих мастил. Їх також застосовують в суміші з іншими загусниками. Промисловістю виробляється широкий асортимент церезинів. Відзначимо, що в даний час основною сировиною для вироблення церезинів є петролатуми і

парафінові пробки. Використання озокериту для їх виробництва досить обмежено.

Нафтові бітуми

Нафтові бітуми використовують для приготування мастил дуже вузького призначення. Практичне застосування для цих цілей знайшли в основному бітуми будівельні, трьох марок: БН 50/50, БН 70/30, БН 90/10. Будівельні нафтові бітуми одержують окисненням залишкових продуктів прямої перегонки нафти та їх сумішей з асфальтами і екстрактами оливного виробництва. Під час виробництва будівельних бітумів допускається змішування вищезазначених окиснених і неокиснених нафтопродуктів.

Природні воски

У даному випадку в поняття «воски» вкладається не хімічний сенс, відповідно до якого хімія жирів визначає воски як суміш складних ефірів високомолекулярних жирних кислот і аліфатичних одно- і двоатомних спиртів незалежно від їх агрегатного стану при кімнатній температурі, а фізичний зміст. До природних восків віднесені такі складні речовини органічного походження, що за комплексом фізичних властивостей та сфери їх застосування дуже близькі до бджолиного воску – основоположника цього терміну.

У вітчизняній та зарубіжній практиці як загусники або добавки, що поліпшують ті або інші властивості мастил, використовують великий асортимент природних восків. Практичне використання під час виробництва мастил масового призначення з природних восків отримали озокерит, буровугільний (гірський) і торф'яний воски.

Озокерит відноситься до бітумінозних мінералів. Місцезнаходження озокеритових руд в основному є сусіднім з родовищами високопарафіністих нафт.

Найбільш цінну частину озокериту складають тверді вуглеводні, вміст яких в озокериту різних родовищ, зокрема, і в різних нафтових пробах, коливається від 15 до 90 %. Менш цінна частина –

рідкі й м'які вуглеводні (8–80 %), температура плавлення яких нижче 50 °С, і смолисті сполуки (6–30 %).

Властивості та склад озокериту різних родовищ різні. Так, в озокериті Бориславського родовища містяться тверді вуглеводні з температурою плавлення 85–90 °С, їх вміст в озокериті сирці становить в середньому 65 %. Він має відповідати наступним нормам: температура краплепадіння не менше 55 °С, penetрація за температури 25 °С 30–100·10⁻⁴ м, вміст мехдомішок не більше 1 %, вміст води – відсутній, вміст водорозчинних кислот і лугів – відсутній. Такий озокерит використовують під час виробництва канатних мастил.

Буровугільний віск отримують з бурого вугілля методом екстрагування різними розчинниками. Його іноді називають гірський або монтажвіск. Склад вугілля, розчинна здатність використовуваних розчинників і технологічний режим екстракції визначають склад і властивості буровугільного воску. У промислових масштабах буровугільний віск отримують з подрібненого бурого вугілля, обробляючи його за температури 80 °С бензолом або бензином. Екстрагований і звільнений від розчинника буровугільний віск є твердий, крихкий продукт темного кольору, що характеризується високою (до 90 °С) температурою плавлення, низькою електропровідністю, гарною механічною міцністю, високими хімічною стійкістю і загущуючою здатністю; число омилення становить 70–95 мг КОН/г, йодне число – 8–15 мг йоду на 100 г продукту. Сирий буровугільний віск отримують методом екстракції бурого вугілля бензином і згідно з ТУ 39-01-232-76 повинен відповідати наступним нормам: температура краплепадіння – не нижче 82 °С, вміст нерозчинних в бензині – не більше 0,35 %, вміст золи – не більше 0,1 %, вміст смоли за ацетоном за температури 20 °С – не більше 20 %, сплавлення з парафіном (співвідношення 1:3) – повна, виділення розчинника при розплавленні – відсутнє.

У буровугільному воску умовно виділяють дві частини – воскова (власне віск) і смоли, співвідношення яких залежить від складу сировини і технології одержання воску. Воскова частина переважно містить складні ефіри насичених жирних кислот C₂₀–C₃₄

і одноатомних спиртів $C_{24}-C_{30}$ (50–60 %), а також вільні жирні кислоти $C_{17}-C_{34}$ (15–25 %), спирти $C_{16}-C_{32}$ (15–20 %), лактони та інші органічні сполуки (3–8 %). Смола буровугільного воску містить високомолекулярні кислоти і спирти, тритерпенові кетони і лактони, складні ароматичні з різними функціональними групами вуглеводні.

Багатий хімічний склад буровугільних восків дозволяє розглядати їх не тільки як вуглеводневий загусник, що застосовують під час виробництва, наприклад, канатних мастил, а й як додаток, що підвищує захисні, протизношувальні та протизадирні властивості мастил, а також (при відповідній його обробці) як омилюючий компонент. Після спеціальної обробки (знесмолювання, етерифікація, рафінування тощо) буровугільний віск (монтанові кислоти) широко використовують як омилюючий компонент при виробництві високоякісних мастил. Монтанові кислоти в промислових масштабах не виробляються і при виробництві мастил не використовують.

Торф'яний віск одержують з бітумінозного торфу, обробляючи його після відповідної підготовки (сушіння, подрібнення) бензином за температури 80–85 °С. Після екстрагування та відгону бензину сирий торф'яний віск, є твердий продукт темно-коричневого кольору, на 99 % складається з високомолекулярних органічних сполук. Торф'яний віск характеризується наступними властивостями: температура краплепадіння 70–80 °С, вміст смолистих речовин, розчинних в ацетоні, – не більше 40 %, води – не більше 0,15 %, механічних домішок – не більше 1 %, сплавлення з парафіном (1:10) – повне, кислотне число – 30–60 мг КОН/г, число омилення – 100–160 мг КОН/г, йодне число – 15–30 г йоду на 100 г воску.

Залежно від складу вихідної сировини, екстрагента та умов екстракції змінюється склад торф'яного воску. До складу воскової частини входять складні ефіри жирних кислот C_4-C_{32} і спиртів $C_{20}-C_{30}$, ці ж кислоти і спирти у вільному вигляді, вуглеводні $C_{23}-C_{33}$ (парафіни, церезини) та інші складні сполуки. У смолистої частини містяться насичені та ненасичені прямоланцюгові та розгалужені аліфатичні та терпенові вуглеводні, спирти й кислоти $C_{16}-C_{26}$, а також оксикислоти, стеарин та інші недостатньо вивчені речовини.

У складі ефірів торф'яного воску переважають кислоти C_{24} і C_{26} , уеред вільних кислот найбільш поширені кислоти C_{16} , C_{18} , C_{19} , C_{20} , C_{22} , C_{24} і C_{26} . Поряд з насиченими прямоланцюговими і розгалуженими кислотами у складі торф'яного воску знайдена олеїнова кислота. У частини торф'яного воску, що не омилюється, крім високомолекулярних парафінових вуглеводнів нормальної та ізобудови, циклічних вуглеводнів містяться вільні спирти, в основному арахіловий ($C_{20}H_{42}O$), лігноцеріловий ($C_{24}H_{50}O$), неоцеріловий ($C_{25}H_{52}O$) і незначні кількості інших. Молекулярна маса цих спиртів коливається у межах 340–370.

Обробляючи сирий подрібнений торф'яний віск бензином і охолоджуючи розчин до 0–мінус 5 °С, отримують знесмолений віск з вмістом смол не більше 10 %. При рафінації (очищення селективними розчинниками, оброблення окиснювачами, дистиляція тощо) знесмоленого торф'яного воску, його етерифікації та при інших способах обробки отримують різні марки рафінованих восків, що містять більше 90 % воскових кислот.

Сирий торф'яний віск використовують як загущуючі компоненти канатних мастил. Він також покращує адгезійні, антизадири, протизношувальні та антикорозійні характеристики цих мастил. Знесмолені і рафіновані марки торф'яного воску крім вказаних вище функцій можуть виконувати роль омилюваного компонента мастил. Однак дані про дослідженні торф'яного воску як компонента мастил, що омилюється, практично відсутні.

2.2.3. Неорганічні загусники

Як загусники під час виробництва мастил можна використовувати тверді неорганічні матеріали, що характеризуються високою дисперсністю, гідрофобністю, що мають здатність до утворення первинного структурного каркасу мастила та швидкому відновленню зв'язків між частинками після їх руйнування при деформації. Для цих цілей використовують високодисперсні модифіковані діоксид кремнію, глинисті мінерали, що характеризуються великою обмінною ємкістю, леофільний графіт, азбест та інші високодисперсні мінерали, що мають вказані властивості.

Високодисперсний діоксид кремнію

Мастила, отримані загушенням мастильних рідин високодисперсним діоксидом кремнію (SiO_2), називають силікагелевими (Si-) мастилами. Існує кілька методів одержання високодисперсного діоксиду кремнію, основними з яких є пірогенний спосіб і метод осадження.

Аеросил — достатньо чистий непористий SiO_2 , що характеризується високою дисперсністю, однорідністю розмірів частинок і великою питомою поверхнею — від 150 до 450 $\text{м}^2/\text{г}$. Розміри частинок складають від 5 до 40 нм (в основному 10–15 нм), залежать від температури полум'я, концентрації SiCl_4 , тривалості перебування частинок SiO_2 в реакційній зоні та інших факторів технологічного процесу. Цей продукт містить близько 99,8 % SiO_2 , решту кількості складають оксиди алюмінію, титану, бору, заліза та інших елементів.

Глинисті мінерали

Під час виробництва мастил використовують органозаміщені форми бентонітових глин. Крім бентонітів застосовують й інші глини: аттапульгіт (палигорськіт), гекторит, вермикуліт тощо. Мастила, одержані загушенням мастильних рідин органозаміщеними формами глинистих мінералів, називають бентонітовими (Bn) мастилами. Використання глинистих мінералів як вихідної сировини для приготування загусників мастил технічно і економічно дуже важливо, оскільки забезпечує одержання мастил, працездатних у широкому інтервалі температур, і вивільняє під час їх виробництва природні жири та інші дефіцитні матеріали.

Властивості вихідних глинистих мінералів, що використовуються для одержання загусників, мають важливе значення не тільки при модифікації їх поверхні, але і подальшому одержанні самих мастил. Деякі характеристики глинистих мінералів розглянуті нижче.

Бентонітові глини — глинисті мінерали з переважанням в них монтморилоніту (50–100 %) або бейделліту, іноді з домішкою

мінералів цеолітової групи. Монтморилоніт відноситься до групи шаруватих алюмосилікатів з структурною ґраткою, що розширюється, і недосконалою структурою. Він складається з пластичних частинок, що не мають форми, з нечітким грануванням і з великими порушеннями в кристалічній структурі. Тонкі лусочки монтморилоніту недосконалі за своєю морфологією і сильно деформовані. На базальних площинах частинок мінералу розташовані обмінні катіони (Ca, Mg, K> а чи K), що легко заміщуються на органічні і неорганічні іони. Ця властивість бентонітів використовується при виробництві на їх основі загусників для мастил.

Палигорскіт відноситься до групи шарувато-стрічкових сепіоліт-палигорськітових мінералів. Основний структурний елемент його складається з кремнекисневих тетраедрів, розташованих у формі подвійного ланцюга складу Si_4O_{11} . Частинки палигорскіту мають голкоподібну форму. Голки агрегуються в пучки, пористий простір яких і цеолітні канали визначають сорбційні властивості.

Каолініт – шаруватий мінерал, кристалічній структурі якого властива різна ступінь досконалості і впорядкування у взаємному орієнтуванні базисних сіток в шарі і зміщення окремих шарів один відносно одного.

Вермикуліт відноситься до шаруватих силікатів. Складається з великих пластинчастих частинок. Мікробудова характеризується агрегативністю. Агрегати мають подовжену форму. Поверхня кристалів гладка і досить однорідна. У вермикуліту енергія взаємодії обмінних катіонів з елементарними пакетами вища, ніж у монтморилоніту, а можливості для розширення структурної ґратки відповідно нижча.

Графіт

Природний, або синтетичний, графіт, після подрібнення в кульових млинах і в умовах, що виключають контакт з киснем, у присутності органічних розчинників та інших сполук олеофілізується і набуває здатності утворювати структуровані дисперсії

в органічних середовищах. Цю здатність олеофільних графітів використовують для загущення різних олив з метою одержання мастил.

Питома поверхня олеофільних графітів становить понад $20 \text{ м}^2/\text{г}$. Для одержання мастил потрібно 5–20 % мас. олеофільного продукту.

Як загусник пропонується застосовувати вермикулярний (розширений по кристалічній осі С) графіт. Його одержують просоченням при перемішуванні природного або штучного графіту різними реагентами: концентрованими H_2SO_4 , HNO_3 , їх сумішами, біхромат натрію або калію, FeCl_2 , CrCl_3 та ін., що при контакті з графітом утворюють сполуки проникання або шаруваті сполуки. Залежно від умов (час, температура, концентрація, розмір частинок) досягається різного ступеня просочення. Після гідролізу і осушування просочений графіт швидко нагрівають до $600\text{--}1000^\circ\text{C}$ (тепловий удар). При цьому міжшарові зв'язки вибухово розриваються і вивільнені гази розширюють кристалічну решітку графіту в напрямку, перпендикулярному площині шарів, більш ніж в 10 разів і частки набувають вермикулярну структуру.

Об'ємна густина розширеного графіту становить $3\text{--}5 \text{ кг}/\text{м}^3$, питома поверхня зростає до $200 \text{ м}^2/\text{г}$. Мастило, загущене 15 % мас. розширеного графіту, має межу міцності на зрушення 820 Па за температури 20°C .

Інші неорганічні загусники

У літературі містяться пропозиції про використання як загусники для приготування мастил, крім зазначених, інші неорганічні речовини. Це оксиди й гідроксиди різних металів, наприклад гідроксид алюмінію, кальцію, барію, стронцію, цинку, тонкодисперсний азбест, слюда, карбонати металів, їх сульфідів, сульфатів, фосфатів і ін. Практичного розвитку ці рекомендації в основному не отримали, а відомості про властивості таких мастил відсутні. Перераховані вище матеріали застосовують частіше як наповнювачі в мастилах разом з мильними та іншими загусниками.

Поширення отримав тонкодисперсний колоїдний азбест. Колоїдний азбест з великою питомою поверхнею, модифікований полімерами, аліфатичними ефірами N-ациламінобензойної кислоти в поєднанні з поліетиленом, що використовується як загусник різних олив, дозволяє отримувати водостійкі, ефективні за високого тиску мастила. Кількість азбесту, взятого для загущення олив, коливається від 10 до 35 % мас.

Азбест – це хризоліт ($\text{Mg}_6(\text{OH})_8\text{Si}_3\text{O}_{10}$), що складається з окремих мікрОВОЛОКОН. Діаметр цих волокон становить 1–80 мкм, довжина 2000–30 000 мкм. Не тільки як добавка, але і як загусник мастильних рідин, він може бути використаний після обробки подібно олеофільному графіту або дисульфиду молібдену.

2.2.4. Органічні загусники

Для загущення різних мастил з метою одержання мастил також використовують різні органічні сполуки, що мають здатність структуроутворення в наведених середовищах (здатність утворювати структурний каркас мастила) і здатність відновлення зв'язків між частинками (елементами структури) після їх механічного руйнування, а також характеризуються хорошими гідрофобністю та антикорозійністю. Цим вимогам відповідають багато органічних сполук. Однак практичне застосування при виробництві мастил знайшли сажа (вуглець технічний), деякі пігменти, полімери, а також похідні сечовини.

Сажа нами віднесена до класу органічних загусників тому, що вихідною сировиною для її одержання служать органічні сполуки, в основному природні гази й рідкі нафтопродукти.

Сажа – вуглець технічний.

Як загусник для одержання мастил сажа використовується з 50-х років минулого століття. У числі органічних термостійких загусників сажа найбільш дешева і доступна. Наприклад, залежно від марки сажі, з урахуванням питомої витрати органічних

загусників сажа в 150–300 і в 250–600 разів дешевша від фталоціаніну без вмісту металів і політетрафторетилену відповідно.

Мастила, у яких загусником є сажа, називають сажевими. Досвід їх використання свідчить про те, що вони можуть успішно застосовуватися як високотемпературні мастила. Сажа є найдоступнішим і найбільш дешевим загусником для приготування термостійких мастил. Оптимальними властивостями для одержання мастил мають такі промислові сажі, у яких питома поверхня становить не менше $100 \text{ м}^2/\text{г}$ і більше, а «структурність» знаходиться в межах 0,8–1,2 мл/г, наприклад ДГ-100, ПМ-105 та ін. Оптимальний вміст сажі в мастилах складає 15–22 %. Необхідно враховувати, що сажеві мастила на нафтових і синтетичних оливах схильні до термозміцнення під час тривалого впливу високих температур (200 °С). Однак під час використання для їх приготування термостабільного дисперсійного середовища, ці мастила можна застосовувати і за температури 250 °С.

Пігменти

Природні або синтетичні пігменти це тонкодисперсні барвники, більшість з яких характеризуються високою хімічною та особливо термічною стабільністю, нерозчинністю у воді й здатністю до структуроутворення в вуглеводневих та інших мастильних рідинах. Ці унікальні властивості пігментів дозволили використовувати їх як загусники для одержання мастил, коли бурхливий розвиток авіаційної, ракетної та інших видів техніки вимагало створення ММ, що здатні працювати за температур до 300–350 °С і вище.

Мастила, загусником яких є пігменти, називають пігментними мастилами (Рg-мастила). У зв'язку з тим, що пігменти здебільшого характеризуються відносно низькою загущуючою здатністю, для приготування мастил в оливи вводять 20–50 % загусника. Зазвичай Рg-мастила розраховані на застосування до 250–300 °С.

Найбільшого поширення як загусники для одержання мастил отримали фталоціанінові пігменти, індантрени, ізовілантрон, індіго і деякі інші. Молекули пігментів (фталоціанінів, індантренив,

ізовілантронів) містять функціональні групи (наприклад, хінони), характерні для інгібіторів окиснення, тому не тільки служать загусниками в мастилах, але й є добавками, що підвищують їх антиокиснювальну та термічну стабільність. Пігменти особливо ефективно підвищують термічну стабільність полісилоксанів. Також вони покращують протизношувальні й протизадирні властивості мастил.

Полімери

Полімери різної природи та будови давно використовують для приготування мастил різного призначення. Деякі полімери (полісилоксани, поліфторвуглеводні та інші рідини) служать дисперсійним середовищем мастил. Інші еластичні природні та синтетичні високополімери (каучук, поліметакрилати, поліізобутилен, поліолефіни та ін.) застосовують як присадки до ПМ. Тверді високомолекулярні полімерні сполуки, в основному нерозчинні в вуглеводневих оливах та інших мастильних рідинах, використовуються як загусники. Ці полімери дуже різноманітні. Однак їх можна розділити на дві основні групи: що містять фторполімери та інші високомолекулярні сполуки.

Практичне застосування під час виробництва мастил, стійких до найбільш хімічно агресивних середовищ, знайшли політетрафторетилен, політрифторхлоретилен, поліфторфенілен, поліетилен, поліпропілен, полібутен і деякі інші полімери.

Політетрафторетилен (фторопласт-4, тефлон) – карболанцюговий полімер – $[-CF_2 - CF_2 -]_n$; твердий молочнобілий продукт з молекулярної масою 500–2000 тис. Кристалічна структура його порушується близько 327 °С, він стає прозорим і переходить у високоеластичний стан, що зберігається аж до температури розкладання близько 415 °С. Одержують його полімеризацією тетрафторетилену у присутності пероксидних каталізаторів. Промисловістю випускаються: фторопласт-4 (ГОСТ 10 007-80Е), фторопласт-4 М6 (ОСТ 6-05-400-74), фторопласт-40 (ОСТ 6-05-402-80), політетрафторетилен (ТУ 6-05-041-553-74). Застосовують для виробництва різних виробів в електротехнічній, радіотехнічній та

хімічній промисловостях. Використовують також як загусник для приготування спеціальних хімічно і термостійких мастил СК-2-06 (ТУ 6-02-786-77), ВНИИНП-233 (ТУ 38 101687-77), а також як антифрикційні добавки до мастил.

Пластичні мастила на основі політетрафторетилену відрізняються високою термостійкістю, стійкістю до хімічно активних речовин, хорошою змащуючою здатністю. Слід зазначити, що під час нагрівання до 400–500 °С відбувається деструкція політетрафторетилену, внаслідок чого виділяються досить токсичні сполуки, наприклад перфторізобутилен, токсичність якого перевищує токсичність фосгену в 10 разів.

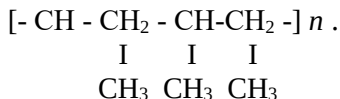
Політрифторхлоретилен (фторопласт-3) – карболанцюговий полімер $[-CF_2 - CFCl -]_n$ являє собою твердий білий продукт, молекулярної маси від 50 до 200 тис. Його кристаліти плавляться близько 208–210 °С, за температури 240–270 °С переходить у в'язко-плинний стан. За низьких температур не розчиняється та дуже мало набухає в розчинниках; за температури 130–150 °С розчиняється в деяких ароматичних вуглеводнях, стійкий до дії кислот, окиснювачів, лугів. Його одержують полімеризацією трифторхлоретилену в присутності пероксидних каталізаторів. Використовують як антикорозійний конструкційний матеріал для покриття різних апаратів, насосів, труб тощо. Він може бути використаний і як загусник для приготування хімічно стійких мастил.

Поліетилен $[-CH_2-CH_2-]_n$ – карболанцюговий полімер. У промисловості його виробляють кількома способами: полімеризацією за високого тиску; полімеризацією за низького тиску; полімеризацією за середнього тиску.

Різний механізм полімеризації етилену за різних тисків обумовлює утворення відрізняються за структурою та властивостями полімерів. Поліетилен стійкий до різних агресивних середовищ. При нагріванні набухає у вуглеводнях. Виробляється поліетилен високої щільності низького тиску (ОСТ 6-20.560.023-008-73); поліетилен високої щільності (ОСТ 4 ГО.023.055); поліетилен низької щільності (ОСТ 4 ГО.023.056); поліетилен середнього тиску (ТУ 38-10258-81). Як загусник для приготування мастил поліетилен не отримав широкого розповсюдження. Мастила

на його основі мають низьку температуру застосування, слабку адгезію до металу і швидко «старіють». Тому його частіше використовують в якості в'язкісних добавок.

Поліпропілен – карболанцюговий лінійний полімер з молекулярною масою 30–500 тис.



Для загущення беруть полімер з молекулярною масою 50–200 тис., додають 10–15 % і отримують мастила, за зовнішнім виглядом близькі до вазеліну. Найчастіше його використовують як в'язкісні присадки. Як структуроутворювачі й добавки, що покращують функціональні властивості мастил, можуть використовуватися та інші полімери.

Похідні сечовини. У пошуку мастил, дієздатних у широкому інтервалі температур (особливо висока верхня температурна межа застосування), за великих питомих навантажень і швидкостях, у контакті з несприятливими середовищами, що відрізняються високою гідролітичною та хімічною стійкістю, хорошою антиокиснювальною і механічною стабільністю, іншими цінними експлуатаційними властивостями, наприклад високою прокачуваністю, великим ресурсом працездатності, було знайдено, що найбільш доцільними в цьому плані є мастила, загусником яких служать похідні сечовини – органічні сполуки, що містять у складі молекул одну або кілька сечовинних (уреатних) груп. Ці мастила були отримані майже одночасно з пігментними.

Полімочевинні загусники, а отже, і мастила на їх основі можна розділити на наступні основні типи.

Полімочевинні загусники, що являють собою полімочевину.

Ізоціанати характеризуються високою реакційною здатністю, з великою швидкістю без присутності каталізаторів (за винятком особливих випадків) взаємодіють з амідами, амінами, спиртами, карбоновими кислотами, ефірами та іншими сполуками, з рухомим

атомом водню. Ароматичні ізоціанати більш реакційноздатні, ніж аліфатичні.

Діаміни, реагуючи з діізоціанатами, утворюють полімери, що містять на кінцях реакційноздатні амінні або ізоціанатні групи. Для обриву ланцюга необхідно блокувати моноізоціанатами або моноамінів, кількість яких регулює величину (довжину) молекули полісечовини.

Для одержання полімочевинних загусників можуть використовуватись ізоціанати: дифенілметандіізоціанат, толуїлендіізоціанат (особливо часто), бітолілендіізоціанат, октадецилізоціанат, гексаметилендіізоціанат і ін.; з амінів: аміновані тваринні та рослинні жири, октадециламін, циклогексиламін, оксидіамін, хлоранілін, толуїлендіамін, хлорамін, фенілендіамін, трифторметиланілін, гексаметилендіамін і ін.

Як загусники під час отримання мастил частіше використовують арилпохідні сечовини, так як алкіл- і ацилпохідні мають гіршу загущуючу здатність і термічно менш стабільні. Найбільш поширена з полісечовини тетрамочевина.

2.3. Присадки і наповнювачі

Одним з важливих рецептурно-технологічних прийомів поліпшення експлуатаційних властивостей великого асортименту ММ, у тому числі й ПМ, служить додавання до їх складу різних добавок-присадок і наповнювачів. Добавки розглядають як третій компонент мастил. Основною та принциповою відмінністю присадок від наповнювачів є їх розчинність в нафтових оливах і інших оліях – дисперсійних середовищах мастил. Присадки – ПАР, що зумовлює їх активність як в об'ємі мастила, так і на межі поділу фаз загусник-дисперсійне середовище. Вони помітно впливають на процес формування структурного каркасу мильних мастил і не є дисперсною фазою. Наповнювачі ж слід розглядати як складову частину дисперсної фази мастил і вони практично не впливають на структуроутворення.

Додаванням до складу мастил присадок або наповнювачів важливо не тільки домогтися поліпшення того чи іншого показника

їх якості, а й отримати системи, що зберігають колоїдну структуру й стабільність тривалий час. Це не тільки залежить від типу та концентрації добавки, але й визначається умовами технологічного процесу. Перспективним напрямом є спільне додавання до складу мастил присадок, додатків, наповнювачів і модифікаторів структури.

2.3.1 Присадки

Розчинність в оливах і поверхнева активність присадок за певних умов істотно позначаються на процесі структуроутворення і реологічних характеристиках мастил. Цим і ускладнюється застосування присадок в мастилах в порівнянні з оливами. Проте, для поліпшення властивостей мастил в основному застосовують ті самі присадки, що і для легування олив, особливо редукторних і трансмісійних. До них належать такі основні групи: інгібітори окиснення (антиокиснювачі), протизадирні, протизношувальні й антифрикційні, інгібітори корозії й захисні, в'язкі, загущуючі та адгезійні. Крім цих основних груп застосовують деактиватори, що нейтралізують каталітичну дію металів на окиснюваність мастил, модифікатори структури, що регулюють процес структуроутворення. Іноді під час виробництва мастил використовують антипінні присадки, найчастіше полісилоксани, що збільшують коефіцієнт корисної дії апарату і запобігають викидам із зварювальних апаратів продуктів при випаровуванні з них води.

Багато присадок одночасно виконують кілька функцій, наприклад, деякі антиокиснювачі можуть виконувати роль протидії зношувальній присадці або присадка, що поліпшує антикорозійні характеристики мастила, підвищує його стійкість до окиснення тощо. Деякі присадки, покращуючи одні експлуатаційні характеристики мастил, погіршують інші.

У деяких випадках мастило містить присадки різної функціональної дії – антиокиснювальні і антикорозійні, протизношувальні та протизадирні, в'язкісні та ін. Це спостерігається перш за все в мастилах, що відносяться до робочо-консерваційних. При спільному застосуванні різних присадок може проявлятися синергізм, іноді

незначне взаємне зниження (придушення) їх функціональної ефективності, а іноді антагонізм, що необхідно враховувати при виборі композиції присадок. Можливо, це сприяє розробленню та використанню спеціальних, так званих, пакетів присадок для поліпшення експлуатаційних характеристик, наприклад, трансмісійних олив. Ці пакети іноді використовують для легування мастил.

Найбільш поширені антиокиснювальні присадки. Як антиокиснювачі до складу ММ пропонуються різні сполуки: дифеніламін, тіодифеніламін, феніл- α -нафтиламін, феніл- α -нафтиламін, параоксидифеніламін, α -нафтил-амін, альдоль- α -нафтиламін, β -нафтол, 2, 6-ді-трет-бутил-4-метил-фенол, 4,4'-метилден-бис-2,6-ді-трет-бутилфенол, 2,2'-метилден-бис-4-метил-6-трет-бутилфенол, третинні аміноаміди ізостеаринової кислоти, диметилетилбензилфенілураат, додецилдибензилураат, алкіл-фенілфосфат, тринатрійфосфат, дилаурилселенід, дитіокарбамати металів і багато інших сполук.

Велику групу присадок, що застосовуються для поліпшення експлуатаційних характеристик мастил, що працюють за високих питомих навантажень, складають протизадирні й протизношувальні присадки. Перші запобігають задирам, пом'якшують заїдання та зменшують руйнування поверхонь металів, знижуючи при цьому тертя; другі – не допускають прогресивного зношування металів, зменшують тертя, а деякі з них стабілізують його, ліквідуючи стрибкоподібний характер процесу тертя – переривчасте ковзання. Присадки, що зменшують тертя і стабілізують його, ще називають антифрикційними. У цілому група протизадирних, протизношувальних і антифрикційних присадок підвищує несучу здатність мастильної плівки мастил і їх змашувальну ефективність.

Необхідно відзначити, що мастильна здатність більшості мастил вища, ніж в олив, на яких вони приготовані, оскільки деякі загусники (мила, особливо комплексні, а також пігменти, сажа, олеофільний графіт, полімери та ін.) виконують роль протидії задирних, протизношувальних і антифрикційних присадок. Тому протизадирні і протизношувальні хімічно активні присадки слід

використовувати тільки у виняткових випадках для мастил, застосовуваних в особливо навантажених вузлах тертя.

Як протизношувальні присадки для мастил можуть бути використані органічні сполуки та інші продукти, що містять активні атоми сірки, хлору, фосфору, наприклад знесірчені природні жири та продукти нафтового походження, ди- і полісульфіди, ксантогенати, дитіокарбамати, хлорпохідні різних органічних сполук та інших продуктів, діалкілдитіофосфату металів, ди- (алкілфеніл) – дитіофосфати металів, трифеніл- і трикрезилфосфат, похідні тіосечовини тощо, а також такі продукти, як солі молібденової та вольфрамової кислот, алкілселеніди, нафтенати свинцю, кадмієві солі оцтової або щавлевої кислот і ін.

Присадки, що містять сірку, хлор, фосфор, є хімічно активними, часто викликають негативні побічні ефекти, тому й широкого застосування не знайшли, за винятком осірчених природних (рослинних і тваринних) жирів і продуктів нафтового походження. Цим присадкам протистоять такі конкуруючі добавки-наповнювачі, як графіт, дисульфід молібдену, що характеризуються високою мастильною здатністю та не погіршують істотно інші характеристики мастил.

Протизадирні й протизношувальні присадки доцільно додавати до складу мастила у кількостях 2–5 % при охолодженні або гомогенізації. Необхідно враховувати, що ефективність присадок залежить не тільки від їх складу і властивостей, але й визначається якісним та кількісним складами мастила. При одних і тих самих концентраціях присадок їх ефективність більшою мірою проявляється у немильних мастил.

Для поліпшення захисних властивостей мастил і запобігання корозії металевих виробів і вузлів тертя до складу мастил додають антикорозійні та захисні присадки. Антикорозійні присадки запобігають хімічному впливу на метали корозійно-активних компонентів мастила, а захисні перешкоджають протіканню корозії металів під впливом зовнішнього агресивного середовища, тобто захищають метал від електрохімічної корозії в присутності електроліту. Ці присадки використовують для покращення властивостей консерваційних і робочо-консерваційних антифрик-

ційних мастил. Їх вибір залежить від багатьох факторів, основними з яких є склад мастила, природа і властивості металів, що захищають, умови експлуатації – температура, середовище та ін. Нерідко антикорозійні присадки виконують роль захисних і навпаки. Як антикорозійні і захисні присадки в мастилах застосовують такі основні типи ПАР і сполук: окиснені петролатум і віск, нітрований окиснений петролатум, аміни, амідни, іміди, сульфонати і алкілсаліцилати кальцію і барію, солі нафтових і сульфонових кислот, комплексні сполуки амінів і СЖК, алкілсукциніміди сечовини, похідні бензтриазолу і меркаптобензтриазолу, декстрамін, ланолін, діалкіл-дитіофосфат, нітрит натрію, сульфідни, дисульфідни та ін.

Деякі інгібітори корозії і захисні присадки, виконуючи основні функції, поліпшують антиокиснювальні характеристики мастил та їх мастильну здатність, а інші виявляють негативні побічні ефекти – розміцнюють систему. Додають ці присадки до складу мастила (1–5 %) на різних стадіях технологічного процесу залежно від складу мастила і типу присадки. Підвищуючи в мастилах адгезійні характеристики, можна також поліпшити їх захисні властивості. Це досягається додаванням до складу мастил різних полімерних додатків, серед яких можуть бути використані латекси, каучуки, вініпол, октол, поліетилен, атапол, поліізобутилен, поліметакрилат і інші полімерні добавки. Однак основною функцією оліворозчинних полімерних додатків є поліпшення в'язкісних і адгезійних характеристик дисперсійних середовищ і самих мастил. Тому ці добавки називають в'язкісними, загущуючими і адгезійними присадками. Крім поліпшення в'язкісних, адгезійних і захисних характеристик мастил вони істотно підвищують антифрикційні властивості мастил, а в деяких випадках за підвищених концентрацій виконують роль загусника в полімерних мастилах. Тому їх можна класифікувати як поліфункціональні. Перевагою цих присадок є те, що вони не зменшують загущуючого ефекту основного загусника мастила, не погіршують колоїдних і реологічних характеристик мастила. Додають ці присадки на початку процесу приготування мастил разом із завантаженням першої порції

дисперсійного середовища. Іноді здійснюють попереднє розчинення в'язкісних і адгезійних присадок в дисперсійному середовищі.

Тверді високополімерні додатки, слабо або зовсім не розчинні в оліях, що містять хімічно пов'язані галогени, наприклад політетрафторетилен і ін., віднесені нами до наповнювачів.

Під час виробництва мастил для управління процесом структуроутворення можна додавати невеликі кількості спеціальних присадок (добавок), що називають модифікаторами структури. Це вільні жирні кислоти, високомолекулярні одно- і багатоатомні спирти, ефіри, нафтенати металів і солі інших органічних кислот, оліворозчинні сульфонати, аміни, алкеніл-сукциніміди та інші ПАР.

Як стабілізатор структури в гідратованих Са-мастилах, вода тут і в інших мильних мастилах, перебуваючи в незначних кількостях і будучи координаційно пов'язаною з загусником, також виконує роль модифікатора структури. Багато з перелічених вище модифікаторів (жирні кислоти, спирти, гліцерин, луги) неминуче присутні в мильних мастилах, оскільки оброблюються в процесі їх виробництва. Крім того, в усіх мастилах на нафтових оливах присутні смоли, а також продукти окиснення дисперсійних середовищ, утворення яких відбувається в основному на стадії термообробки.

Модифікатори структури, будучи ПАР, мають високий енергетичний зв'язком з основними компонентами мастила, особливо з загусниками. Вони проявляють поверхнево-активні властивості як на межі розподілу фаз загусник-дисперсійне середовище, так і в об'ємі системи.

У мильних мастилах дія модифікаторів структури полягає по-перше, в їх пептизуючих властивостях та участі під час утворення первинних елементів колоїдної системи (структури) – асоціатів і міцел, внаслідок чого змінюються значення критичних концентрацій асоціації та міцелоутворення, солюбілізує здатність мила, його полярність і поляризованість тощо. Усе це змінює колоїдні характеристики мильного загусника. По-друге, модифікатори при достатній їх концентрації, адсорбуючись на центрах кристалізації, що виникають, на елементах структурного каркасу (це відбувається на всіх стадіях його утворення), формують на поверхні загусника

адсорбційно-сольватні шари, що позначається на загальному балансі енергетичних зв'язків у системі (мастилі), в основному на його зниженні.

Під час додавання в мильні мастила невеликих кількостей модифікаторів підвищується дисперсність загусника, збільшується його загущуючий ефект – зростає міцність і поліпшується колоїдна стабільність мастила, а при значних концентраціях зазначені характеристики погіршуються.

У немильних мастилах ефект дії модифікаторів структури проявляється в їх здатності адсорбуватися на розвиненій поверхні органічних і неорганічних загусників і, відповідно, впливати на енергію зв'язків в системі.

Відзначимо, що більшість антиокиснювальних, протизадирних, протизношувальних і антифрикційних, антикорозійних, захисних та інших присадок представляють ПАР. Тому їх необхідно розглядати як модифікатори структури і переносити результати легування олив присадками на ПМ не можна. Введення присадок в процесі приготування мастил не може бути довільним, для кожного випадку необхідно визначити оптимальні умови, враховуючи при цьому склад і властивості дисперсійного середовища, дисперсної фази, самої присадки або їх композиції і т. д. Помилковим було б вважати, що у всіх випадках використання присадок різного функціонального призначення, особливо їх «пакетів», під час виготовлення мастил є необхідним і корисним. Слід враховувати, що багато загусників істотно поліпшують протизадирні, протизношувальні, антифрикційні, захисні та інші характеристики загущених ними мастильних рідин олив. Так, усі мила, особливо комплексні, а також високополімерні підвищують мастильну здатність мастил, похідні сечовини покращують захисні та антиокиснювальні властивості, багато пігментів служать хорошими антиокиснювачами та додатково виконують роль протизношувальних присадок і т. п.

Однак зазначимо, що, незважаючи на численну кількість робіт, присвячених проблемі використання присадок в мастилах; повністю ці питання не вивчені; в різних літературних джерелах

зустрічаються суперечливі відомості, іноді не підтверджені експериментом і практикою виявлені факти та висновки.

2.3.2 Наповнювачі

Наповнювачі, або тверді добавки, – це вискодисперсні нерозчинні в оливах матеріали, що не утворюють в мастилах колоїдної структури, але представляють самостійну дисперсну фазу і поліпшують експлуатаційні характеристики мастил. Висока мастильна здатність, хімічна і термічна стійкість – основні причини широкого використання наповнювачів як добавок до мастил, що працюють у високонавантажених вузлах тертя і в інших несприятливих умовах. Найбільш поширені кристалічні шаруваті наповнювачі, що характеризуються низькими коефіцієнтами тертя: дисульфід і диселенід молібдену, графіт, слюда, тальк, нітрит бору, вермикуліт, сульфід деяких металів і інші матеріали. Застосовують також тверді високополімерні, що містять пов'язані атоми галоїдів, добавки, наприклад, політетрафторетилен (ПТФЕ), оксиди металів, металеві порошки та пудри.

Дисульфід молібдену (Mo) – порошок чорного з сіруватим відтінком кольору. Природний MoS_2 кристалізується в гексагональну форму та має шарувату структуру. Штучно отриманий MoS_2 має також шарувату структуру, або ромбоєдричної, або проміжної між гексагональної і ромбоєдричної форми. Атоми молібдену розташовані між двома атомами сірки, відстань між якими $3 \cdot 10^{-10}$ м (3 Å), а найближча відстань між атомами молібдену та сірки становить $2,41 \cdot 10^{-10}$ м (2,41 Å).

Завдяки хорошим мастильним властивостям MoS_2 широко застосовується у виробництві ММ. Його в основному використовують для приготування твердих мастильних покриттів, масляних суспензій і паст, а також як антифрикційний додаток до ПМ. В останні роки спеціально оброблений MoS_2 використовують як структуроутворювач в нафтових і синтетичних оливах, тобто як загусник для приготування пластичних мастил.

Його диспергують в умовах, що виключають контакт з повітрям, в середовищі органічної рідини з низькою температурою кипіння, малою в'язкістю, низьким поверхневим натягом.

Для зменшення кородуючої дії MoS_2 під час диспергування додають аміни, феноляти і карбоксилати лужних металів або цинку. Питома поверхня олеофільного MoS_2 становить $10\text{--}400 \text{ м}^2/\text{г}$, в кількості $10\text{--}40 \%$ добре загущує нафтові й синтетичні оливи, утворюючи при цьому структуровані системи – мастила, що характеризуються високими пружно-в'язкими, протизношувальними і протизадирними властивостями. Під час диспергування і олеофілізації MoS_2 не втрачає первинних властивостей.

Застосування MoS_2 у виробництві ММ неухильно зростає. Тільки для змащування вузлів тертя транспортних засобів в світі використовується щорічно до 80 тис. т мастил, що містять MoS_2 .

Графіт – алотропна форма вуглецю, кристалічна решітка якого шаруватого типу, складається з нескінченних плоских паралельних шарів, утворених правильними шестикутниками з атомів вуглецю. Кожен атом вуглецю оточений трьома сусідніми на відстані $1,42 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ ($1,42 \text{ Å}$), з якими він з'єднаний дуже міцними ковалентними зв'язками. Шари відстоять один від одного на відстані $3,65 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ ($3,65 \text{ Å}$). Атомні шари в графіті пов'язані легкокорухомими електронами, що не закріплені за окремими атомами, вільно пересуваються між атомними шарами. Такий зв'язок називається металевим, оскільки від нього залежать характерні властивості металів. Теплопровідність і електропровідність його така як в металів. Теоретична густина графіту становить 2270 кг/м^3 ; твердість за Моосом у шарі вздовж осі С – 5,5 і вище; за термічною стабільністю графіт перевершує дисульфід молібдену; температура плавлення – $3859 \pm 50 \text{ °C}$, сублімації – 2700 °C , коефіцієнт тертя – менше 0,1.

Поверхні спайності графіту характеризуються значною ненасиченістю сил молекулярного тяжіння. Під дією цих сил графіт міцно прилипає до твердих матеріалів, цим обумовлені його антифрикційні властивості – він заповнює всі нерівності поверхонь, що труться і покриває їх суцільною плівкою. А оскільки тертя на графітових поверхнях незначне, то цим визначається ефективність

його змащуючої дії. Антифрикційні властивості графіту зумовлені також присутністю на його поверхні адсорбційної плівки. Його поверхня на повітрі завжди покрита шаром оксидів. На поверхні знаходяться речовини, адсорбовані з навколишнього газового або рідкого середовища.

Мастильна дія графіту поступається дисульфиду молібдену, але завдяки широкій доступності графіту та відносно низькій вартості він широко застосовується у виробництві ММ. У виробництві мастил графіт в основному використовують як антифрикційної добавки. Олеофільний графіт використовують як загусник.

Слюда буває природного і синтетичного походження.

Природна слюда являє алюмосилікатні з шаруватою структурою мінерали, кристали яких мають форму, близьку до гексагональної, з непереривчастими шарами з тетраedrів. Слюда поділяють на кілька груп:

1) флогопіт $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]\cdot(\text{OH}, \text{F})_2$ і мусковіт $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]\cdot(\text{OH})_2$, що мають високі електроізоляційні властивості, виробляються у вигляді листової слюди й слюдяного порошку;

2) лепідоліт $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\cdot(\text{OH}, \text{F})_2$ та цинвальдит $\text{KLiFeAl}[\text{O}_{10}]\cdot(\text{OH}, \text{F})_2$ – вихідна сировина для отримання літію та його солей;

3) гідромусковіт $\text{K}_4\text{Al}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]\cdot(\text{OH})_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$ та вермікуліт $(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})_3[\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}]\cdot(\text{OH})_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, так звані гідрослюда. При нагріванні об'єм їх різко збільшується (вони спучуються) через виділення води між кремнійкисневими пакетами.

Як наповнювачі для ущільнюючих мастил частіше використовують флогопітну, мусковітну і вермікулітну (спучену) порошкоподібну слюду.

Найчастіше як наповнювач для ущільнюючих мастил застосовують порошкоподібну слюду, що виробляється за ГОСТ 10698 і призначена для гумотехнічних виробів. Крім того, слюду виробляють за ГОСТ 855-74.

Нітрид бору (BN). Існують дві форми нітриду бору, за звичайних умов утворюється *α*-форма гексагональної структури

типу графіту, що за температури 1360 °С і тиску 6200 МПа перетворюється в β-форму, відому під назвою боразон, що має властивості алмазів. Природно, в якості добавки-наповнювача для мастил може бути використана α-форма нітриду бору. Нітрид бору відносять до нековалентних нітридів і одержують дією азоту або аміаку на тонкодисперсний порошкоподібний бор або відновленням оксидів в присутності вуглецю: $B_2O_3 + 3C + N_2 = 2BN + 3CO$. Нітрид бору має високу стійкість проти окиснення, дії гарячих кислот та інших агресивних середовищ. Характеризується високою (понад 1000 °С) термостійкістю і хорошою мастильною здатністю.

Полімери. Продукти полімеризації різних сполук – полімери, залежно від вихідної сировини, способів одержання й властивостей кінцевого продукту використовуються у виробництві мастил як дисперсійне середовище, інші як загусники – дисперсна фаза, а деякі виконують роль в'язкісних або адгезійних присадок. Деякі полімери можуть бути використані як добавки-наповнювачі, що покращують мастильну здатність мастил. Залежно від агрегатного стану полімеру, його розчинності в дисперсійному середовищі, способу введення в мастило полімери можуть виконувати функції присадок, наповнювачів, дисперсної фази. Найбільш ефективними полімерними наповнювачами, що істотно підвищують мастильну здатність мастил, є порошко-подібний політетрафторетилен (ПТФЕ), що виробляється до тепер за ГОСТ 10007-80 під назвою фторопласт-4 декількох марок і по ОСТ 6-05-402-80 фторопласт-40 також декількох марок. У США такі полімери виробляють під назвою тефлон, галон, в Англії – флюон, в ФРН – хостафлон, в Італії – альгофлон і т. д. Як наповнювачі можуть використовуватися політрифторетилен (ПТрФЕ), політрифторхлоретилен (ПТФХЕ) і ін. Фторопласти та інші галоїдпохідні поліетилену характеризуються високою термічною стабільністю, стійкістю до агресивних середовищ, хорошими низькотемпературними характеристиками. Вони не тільки підвищують протизадирні та протизношувальні властивості мастил, а й істотно поліпшують їх мастильну здатність, запобігаючи стрибкоподібному (переривчастому) ковзанню при малих швидкостях зсуву поверхонь,

що труться. Ці полімери використовують також як загусники для одержання мастил спеціального призначення.

Крім політетрафторетилену та інших галоїдопохідних поліетилену як наповнювачі можна застосовувати поліетилен і поліпропілен, що за температури їх плавлення добре розчиняються в оливах і служать в цьому випадку в'язкісними присадками. При введенні їх в мастила у вигляді порошку за температури нижче температури плавлення полімеру (60–90 °С) вони виконують роль наповнювачів, поліпшують антифрикційні властивості мастил. Такі наповнювачі застосовують для мастил, верхня температурна межа працездатності яких не перевищує 120 °С. Полімерні наповнювачі використовують у вигляді порошків, дисперсність яких становить 0,1–10 мкм, їх додають до складу мастил у кількості 1–5 % на стадії охолодження мастила перед гомогенізацією.

Як наповнювачі, особливо в ущільнюючих мастилах, використовуються оксиди металів і металеві порошки, застосування яких було відомо понад 100 років тому. Їх вводять не тільки для підвищення протизадирних і протизношувальних властивостей мастил, запобігання піттингу, але і для додавання мастилам електропровідності. Використання цих наповнювачів, особливо порошків металів, ефективно під час тертя ковзання та шкідливе під час тертя кочення. Не слід забувати, що високодисперсні порошки свинцю і міді каталізують процес окиснення; свинець токсичний, інші метали, контактуючи з вільним лугом в мильних мастилах, витісняють водень тощо. Усі порошки металів досить складно рівномірно розподілити в об'ємі мастила, що викликає необхідність спеціального апаратурного оформлення процесу виробництва таких мастил.

Найбільш поширені серед оксидів металів і металевих порошків – наповнювачів для мастил оксид цинку, оксид титану, порошки алюмінію, міді, свинцю, олова, бронзи, латуні, що додають в готове мастило змішуванням у кількості від 1 до 5 %, іноді 15–30 %.

Базове мастило є середовищем для спеціальних присадок – так називаються різні добавки, що додаються в базу для того, щоб вона нормально функціонувала, а також щоб підвищити якість мастила і його експлуатаційні властивості.

За сучасного рівня розвитку техніки використання олив та мастил без присадок практично неможливе, тобто неможливе створення мастил, що забезпечили б ефективний захист вузла тертя чи деталі і одночасно не руйнувалися/старіли протягом тривалого часу.

З цієї причини усі сучасні моторні оливи і ПМ містять в своєму складі пакет (набір) присадок, вміст яких сумарно може досягати більше 20 %.

Найбільші виробники присадок: Lubrizol, Infineum (контролюється Shell / Exxon), Oronite (контролюється Chevron) і Ethyl (нині Afton). У цілому їм належить понад 90 % світового ринку присадок.

Для надання мастилу задовільних в'язкісно-температурних властивостей до його складу додають високомолекулярні полімери – поліізобутилен, поліметакрилат і інші. Механізм їх дії заснований на зміні форми макромолекул полімерів залежно від температури. У холодному стані ці молекули, будучи згорнутими в спіральки, не впливають на в'язкість мастила, а під час нагрівання – розпрямляються, і мастило не стає занадто рідким.

У цілому, присадки в мастилах використовуються ті ж самі, що й в оливах. Тільки через більш складне транспортування присадок до «місця роботи» їх вводять у великих концентраціях, що сягає декількох відсотків. Додавання присадок іноді змінює реологічні та інші властивості мастил, оскільки присадки, будучи активними в фізико-хімічному відношенні, впливають на процес формування структури мастил. Тому рекомендується додавати присадки на останніх стадіях виробництва мастил – під час охолодження та гомогенізації.

Як приклади наводимо складі деяких досить широко використовуваних мастил (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Мастила та присадки і добавки до них

Тип мастила	Марка	Дисперсне середовище	Загусник	Присадки й добавки
Загального призначення для понижених температур	Солідол Жировий	Індустріальні оливи	Гідратоване кальцієве мило	Вода

Закінчення таблиці 2.7

Тип Мاستила	Марка	Дисперсне середовище	Загусник	Присадки й добавки
Загального призначення для підвищених температур	Консталін	Дистилятн е нафтове масло	Окси-стеарат натрію	-
Багато-функціональне	Літол-24	Суміш індустріальних олив	Окси-стеарат літію	Низькомолекулярні поліізобутилен, антиоксидант
Термостійке	НК-50	Олива МС-20	Натрієве мило олеїнової і стеаринової кислот	Колоїдний графіт
Морозостійке	Зимол	Средньої в'язкості олива (АСВ-5)	Окси-стеарат літію	Композиція антиокиснювальних, протикорозійних антифрикційних добавок
Приладове	ВНИИНП 228	Суміш нафтової оливи та діоктилсбацинату	Комплексне натрієве мило	Антиоксидант протизношувальна присадка
Трансмісійне	Редукторне (напіввідина)	Суміш нафтових олив	Комплексне літієве мило	Композиція багатофункціональних присадок
Консерваційне	ПВК	Суміш нафтових олив	Церезин та петролатум	Антикорозійна присадка
Арматурне	Для газових кранів	Рицинова олія	Гідратоване кальцієве мило рицинової олії	-
Різьбове	ВНИИНП 292	Нафтове масло	Силікагель	В'язкісна присадка

Закінчення таблиці 2.7

Тип мастила	Марка	Дисперсне середовище	Загусник	Присадки й добавки
Припрацьовочне	Лімол	Олива типу МС-20	Дисульфід молібдену	Аеросил, оксид алюмінію, декстрамін
Вакуумне	ЗЗК-3У	Нафтова олива високої в'язкості	Алюмінієве мило, петролатум	Натрійбутадієновий каучук
Електроконтактне	КСБ	Олива І-50А	Стеарат натрію	Пудра мідна, фенил-β-нафтилами, сірка, антранілова кислота

Питання для самостійної роботи

1. Охарактеризуйте склад пластичних мастил.
2. Опишіть дисперсійне середовище пластичних мастил.
3. У яких випадках для виробництва мастил використовують синтетичні оливи?
4. У чому полягає особливість полісілоксанів?
5. Чи можуть використовуватися як дисперсійне середовище пластичних мастил складні ефіри?
6. У чому полягає особливість мильних мастил?
7. Чи використовують для виробництва мастил рослинні олії та тваринні жири?
8. У чому полягає особливість пластичних мастил на змішаних милах?
9. Які основні фізико-хімічні властивості загусників для виробництва мастил?
10. Опишіть та охарактеризуйте загусники пластичних мастил.
11. У чому полягає особливість використання неорганічних загусників для виробництва мастил?

РОЗДІЛ 3

ВЛАСТИВОСТІ ТА ЯКІСТЬ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ

Експлуатаційні властивості мастил пов'язані з відповідними показниками їх фізико-хімічних властивостей. Оцінюють експлуатаційні властивості мастил за багатьма специфічними параметрами, в яких враховують не тільки їх фізико-хімічну основу, але й простоту, доступність вимірювання, відповідність умовам застосування мастил тощо. Для цих цілей використовують фізико-хімічні методи, кваліфікаційні методи випробувань, експлуатаційні випробування на модельних установках і випробування в реальних машинах і механізмах. Визначення багатьох експлуатаційних властивостей мастил занадто трудомістке і займає багато часу (наприклад, визначення мастильної здатності, захисних властивостей, показників діелектричних властивостей). У таких випадках експлуатаційні властивості характеризують за непрямыми ознаками, в основі яких лежать визначення та співставлення фізико-хімічних показників випробуваного та еталонного мастила. Тому в ГОСТ та ТУ на мастила головним чином нормують значення міцності та в'язкості, показники стабільності в умовах зберігання та застосування мастил, тобто основні фізико-хімічні властивості.

Існує також низка показників якості мастил, що використовуються в заводській практиці і призначених для контролю рецептури і режимів приготування. До них відносяться такі показники, як вміст води, механічних домішок, вільних кислот і лугів, що визначаються методами аналітичної хімії. Одночасно за ними можна судити про деякі експлуатаційні властивості. Наприклад, кислотне число побічно характеризує корозійний вплив мастила насамперед на кольорові метали; вміст механічних домішок відбивається на мастильній здатності тощо. Однак про можливість застосування нового мастила судять за тривалими експлуатаційними випробуваннями в натурних умовах або за розробленими в останні роки кваліфікаційними методами випробувань, що дозволяють швидко і досить точно оцінити придатність мастил різного призначення до застосування.

Поведінка мастил при механічному та температурному впливах в умовах експлуатації вивчається реологічними методами, що дозволяють оцінити структурно-механічні або об'ємні властивості мастил, так звані реологічні властивості.

Плинність мастил є процесом безперервного руйнування та відновлення структурного каркаса. Вивчення реологічних властивостей мастил передбачає дослідження пружних властивостей, повзучості та течії мастила. Оскільки в умовах експлуатації мастила піддаються напруженням зсуву, що значно перевищують їх межу пружності, як основні реологічні характеристики прийняті: межа міцності на зсув або максимальне напруження зсуву, ефективна в'язкість і механічна стабільність.

Під час оцінки якості ПМ необхідно визначити найбільш важливі параметри, що дозволяють прогнозувати поведінку мастила в умовах експлуатації. Поведінка мастил в об'ємі характеризують об'ємно-механічними властивостями, на межі поділу фаз – показниками граничних властивостей, а зміни властивостей мастил під дією зовнішніх факторів – показниками стабільності.

До об'ємно-механічних властивостей мастил відноситься визначення їх пружно-пластичних характеристик та міцності, повзучості, плинності та тиксотропії. Ці характеристики мають велике значення для розуміння поведінки мастил у вузлах тертя та в інших умовах експлуатації. Для їх оцінки мав велике значення розвиток досліджень в спеціальній області науки – реології, що займається вивченням різного роду деформацій і течії колоїдно-дисперсних систем під дією механічного впливу. З огляду на те, що мастила також являють собою колоїдно-дисперсні системи, для вивчення їх об'ємно-механічних властивостей насамперед використовують методи реології, тому такі характеристики часто називають реологічними. Для оцінки об'ємно-механічних властивостей мастил, окрім реологічних, оцінюють і інші характеристики.

Реологічні властивості мастил визначають пружно-пластичні характеристики, що мають важливе значення для розуміння поведінки мастил у вузлах тертя: деформацій різного роду і плинності колоїдно-дисперсних систем при механічному впливі. З огляду на те, що мастила також є колоїдно-дисперсними

системами, для вивчення їх об'ємно-механічних властивостей у першу чергу використовують реологічні методи. Вивчення реологічних властивостей мастил передбачає дослідження пружних властивостей, повзучості та плинності мастила. Оскільки в умовах експлуатації мастила піддаються напруженням зсуву, що значно перевищують їх межу пружності, як основних реологічних характеристик прийняті: межа міцності на зсув, ефективна в'язкість і механічна стабільність.

3.1. Об'ємно-механічні (реологічні) властивості пластичних мастил

Межа міцності на зсув ($\phi_{\text{мз}}$) – номінальне критичне навантаження, що необхідно прикласти для того, щоб відбулася деформація структурного каркасу мастила. При цьому спостерігається руйнування структури й перехід мастила з твердого стану в плинний, і мастило починає поводитись як в'язка рідина. Межа міцності є фізичною характеристикою мастила, його величина і температурна залежність характеризують важливі експлуатаційні властивості мастил. Цей показник, перш за все, відрізняє мастила від інших (рідких) ММ, означає здатність мастила проникати в зону тертя робочих вузлів і утримуватися на поверхнях. Дуже велике значення межі міцності мастил негативно впливає на їх здатність проникати до поверхонь тертя; мастила з дуже низьким значенням цього показника будуть сповзати з похилих і вертикальних поверхонь або витікати з негерметичних вузлів тертя. Виражається межа міцності в Па. Існує кілька методів визначення межі міцності мастил при зсуві. Іноді використовують метод Вейлера-Рєбіндера, заснований на вилученні рифленої пластинки з об'єму мастила. Вимірний цим методом показник межі міцності позначають індексом P_r . Різновидом згаданого методу є визначення межі міцності на приладі МНІ-2, і його позначають буквою Θ . Є методи, засновані на осьовому зсуві коаксіальних рифлених циліндрів. До них відноситься методика вимірювання максимального крутного моменту, передбачена міждержавним стандартом ГОСТ 7143 «Смазки пластичные. Метод определения предела прочности и

термоупрочнення (метод А)», або метод визначення межі міцності пластовіскозиметром.

Однак згадані вище методи широкого поширення не отримали. Найчастіше для визначення межі міцності мастил при зсуві ($\phi_{мз}$) використовують пластометри К-2 конструкції К. І. Клімова (за ГОСТ 7143, метод Б). Сутність цього методу полягає в тому (рис. 3.1), що у металевому нарізному капілярі розміщують випробуване мастило. Верхню частину капіляра залишають відкритою, а нижню з'єднують трубкою з резервуаром, заповненим малов'язкою оливою або іншою рідиною. Сполучена трубка також має бути заповнена цією оливою. Оливний резервуар оснащений манометром і електрообігрівачем. Капіляр охолоджують або нагрівають до заданої температури, тобто до температури визначення $\phi_{пч}$, а потім нагрівають оливний резервуар, внаслідок чого у системі підвищується тиск і передається на мастило у капілярі. Тиск, за якого мастило вичавлюється з капіляра, характеризує величину його межі міцності при зсуві $\phi_{пч}$. Відзначимо, що цифрові значення P_s , Θ і $\phi_{пч}$ або виміряні іншими методами для одного й того ж мастила не будуть рівні між собою, оскільки межа міцності мастил при зсуві залежить від швидкості навантаження та інших конструкційних особливостей приладів.

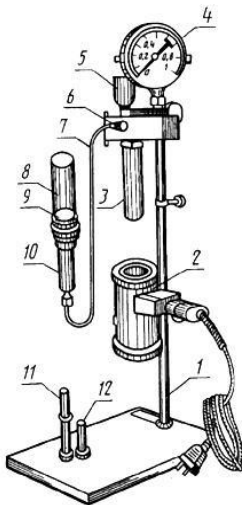


Рис. 3.1. Прилад для визначення межі міцності при зсуві. Пластометр К-2:

- 1 – основа зі стійкою; 2 – електропідігрівач;
- 3 – резервуар з мастилом; 4 – манометр;
- 5 – лійка для додавання мастила; 6 – кран;
- 7 – трубка для приєднання корпусу до крану; 8, 10 – захисне скло; 9 – гайка для кріплення капіляра в корпусі;
- 11 – капіляр з оправою (довгий – 100 мм); 12 – капіляр з оправою (короткий – 50 мм)

Межа міцності є істинною фізичною характеристикою мастил. Його абсолютна величина і температурна залежність характеризують важливі експлуатаційні властивості мастил. Це показник, що перш за все відрізняє мастила від інших (рідких) ММ. Він визначає здатність мастила надходити в зону тертя робочих вузлів і утримуватися на поверхнях, що труться. Абсолютна величина межі міцності та її залежність від температури багато в чому визначають стартові характеристики вузлів тертя, здатність мастила надходити до робочих вузлів і утримуватися на поверхнях, що труться. Завдяки наявності межі міцності мастила не стікають з похилих і вертикальних поверхонь, не витікають з негерметизованих вузлів тертя.

З підвищенням температури в більшості випадків межа міцності мастил зменшується. Температура, за якої межа міцності наближається до нуля, є істинною температурою переходу мастила з пластичного стану в рідкий. Ця температура характеризує верхню температурну межу працездатності мастил.

Тільки у деяких комплексних кальцієвих, силікагелевих, індантренових і у небагатьох інших мастил спостерігається аномальна залежність $\phi_{\text{мз}}$ від температури. Іноді за її підвищення до певного значення вона може збільшуватися, а потім зменшуватися. В окремих випадках відбувається термічне зміцнення мастила аж до його затвердіння.

Межа міцності мастил при зсуві визначається особливостями будови їх структурного каркасу (величина, форма структурних елементів і енергія їх взаємодії, тобто усіма факторами, що впливають на формування структури мастил: груповий і хімічний склад дисперсійного середовища, тип і концентрація дисперсної фази, концентрація і властивості різних присадок та інших ПАР, присутніх в мастилі, спосіб (технологія) приготування, а для мильних мастил особливо режим охолодження, гомогенізація та ін. для більшості товарних мастил межа міцності при зсуві (20 °С) знаходиться в межах 100–1500 Па. Стандартами ASTM, FTMS, IP, DIN та іншими визначення межі міцності мастил не передбачено.

В'язкість ефективна – найважливіша експлуатаційна характеристика мастил. Вона визначає умови (можливість) заправки мастила (існуючі солідолнагнітачі забезпечують прокачуваність

мастила, в'язкість якого не перевищує $1000 \text{ Па}\cdot\text{с}$ за 10 с^{-1}) у вузлі тертя за низьких температур, впливає на пусковий та сталий моменти зсуву підшипників і експлуатаційні втрати під час роботи різних вузлів тертя, відносно характеризує прокачуваність мастила трубопроводами тощо. В'язкість мастила за нижньої температурної межі його застосування не повинна перевищувати $2000 \text{ Па}\cdot\text{с}$ за 10 с^{-1} . В'язкість мастил залежить від багатьох факторів: в'язкості дисперсійного середовища, концентрації, складу і властивостей дисперсної фази, наявності у складі мастила ПАР, від технологічних параметрів її приготування та інших факторів, що впливають на процеси структуроутворення мастил.

В'язкість характеризує плинність мастила після порушення зв'язків в його структурному каркасі внаслідок прикладеного критичного навантаження та виражається в $\text{Па}\cdot\text{с}$. В'язкість мастил, на відміну від в'язкості олив, залежить не тільки від температури, але й від умов плинності, тобто швидкості деформації. Тому було введено поняття «ефективна в'язкість мастил», з обов'язковим зазначенням температур і градієнта швидкості деформації. Під терміном «ефективна в'язкість» розуміють в'язкість ньютонівської рідини (оливи), що при даному режимі течії має такий самий опір зсуву, як і мастило.

Істотно впливає на в'язкість температура. З підвищенням температури і збільшенням швидкості деформації в'язкість мастила зменшується. Особливо вона чутлива до зміни швидкості деформації. За постійної температури та зі збільшенням швидкості деформації в $10\text{--}100$ разів в'язкість мастила зменшується в сотні й тисячі разів. Про вплив температури на в'язкість мастил судять за ВТХ, тобто за залежністю в'язкості від температури за постійного градієнту швидкості. У зв'язку з цим ВТХ мастил визначається за постійної швидкості деформації, найчастіше за 10 с^{-1} , співвідношенням значень в'язкості мастил за двох різних температур. Крім ВТХ, для мастил визначають в'язкісно-швидкісну характеристику (ВШХ), що описується відношенням величин в'язкості мастил за температури $t = \text{const}$ і двох різних швидкостях деформації,

наприклад, за $D = 10 \text{ с}^{-1}$ і $D = 1000 \text{ с}^{-1}$. Чим менше ВТХ і більше ВШХ мастила, тим кращі його експлуатаційні властивості.

За в'язкісно-температурними властивостями мастила перевершують оливи, оскільки значна частка опору плинності мастил приходить на руйнування структурного каркасу, а міцність його порівняно мало змінюється зі зміною температури.

Збільшення концентрації і ступеня дисперсності загусника призводить до підвищення в'язкості мастила. На в'язкість мастила впливає також в'язкість дисперсійного середовища і технологія його приготування.

Для визначення в'язкості мастил використовують автоматичні капілярні віскозиметри конструкції А.А. Константинова, Г.В. Виноградова і В.В. Синіцина АКВ-2 і АКВ-4 (ГОСТ 7163 «Нефтепродукты. Метод определения вязкости автоматическим капиллярным вискозиметром»). Принципова схема автоматичного капілярного віскозиметра показана на рис. 3.2.

Обертанням рукоятки 15 опускають гвинт 13 (рис. 3.2) настільки, щоб цапфа 17 захопила направляючий штир 19. Момент цього захоплення супроводжується легким клацанням. Повернувши рукоятку 1 на 180° , опускають вниз ексцентрик 12, внаслідок чого затискається цапфа 17. Після цього обертанням рукоятки 15 у зворотну сторону піднімають шток 24 в крайнє верхнє положення – вище нуля. Знімають термостатуючу сорочку 9, капіляр 10 і вимірювальну камеру 25. Вимірювальну камеру промивають бензином або іншим розчинником, що розчиняє випробуване ПМ чи нафтопродукт, і просушують у струмі повітря. Приєднують камеру зі зразком мастила через прокладку до приладу, щільно пригвинтивши її гайкою 22. Капіляр до камери приєднують за допомогою накидної гайки 26. У разі комплектування приладу приймачами для змащення, нагвинчують його на нижній кінець капіляра, за його відсутності – підставляють під капіляр будь-яку посудину для збору випробуваного мастила або нафтопродукту. У разі вимірювання в'язкості рідких нафтопродуктів спочатку на камеру нагвинчують гайку 22, потім прикріплюють до камери гайкою 25 капіляр 10, після чого в камеру заливають випробуваний нафтопродукт.

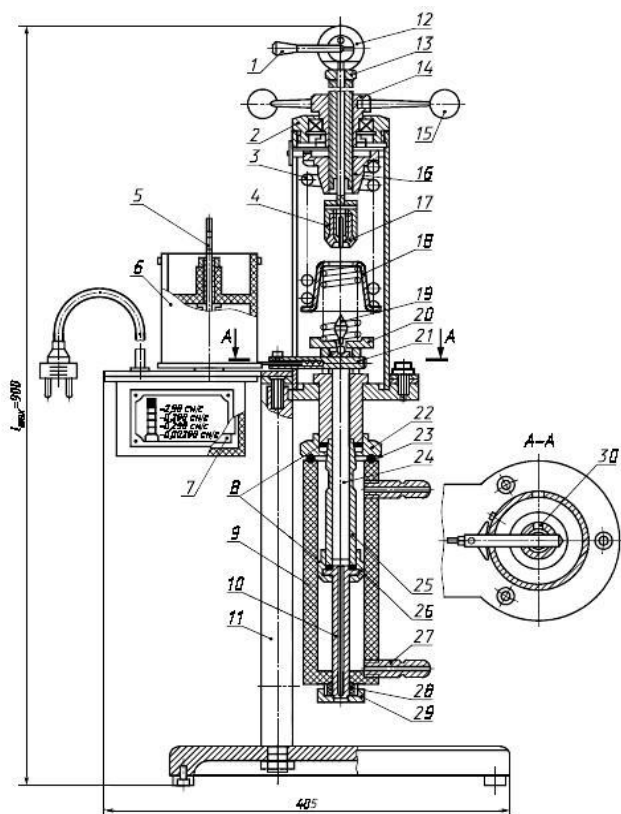


Рис. 3.2. Вязкозиметр АКВ-2:

- 1 – рукоятка; 2 – стержень; 3 – пружина; 4 – втулка; 5 – вісь;
 6 – барабан; 7 – електродвигун; 8 – прокладка; 9 – термостатуюча сорочка; 10 – капіляр; 11 – штатив; 12 – ексцентрик; 13 – гвинт;
 14 – гайка; 15 – рукоятка; 16 – стакан; 17 – цапфа; 18 – пружина;
 19 – направляющий стрижень; 20 – опора; 21 – олівець; 22 – гайка;
 23 – прокладка; 24 – шток; 25 – вимірювальна камера;
 26 – гайка накидна; 27 – штуцер;
 28 – прокладка; 29 – гайка; 30 – гвинт

Існують й інші методи вимірювання в'язкості мастил, наприклад, в ротаційному віскозиметрі ПБР-1 конструкції В.П. Павлова або за допомогою віскозиметра РВ-7 М.Г. Воларовича.

За методиками ASTM, FTMS, IP, DIN в'язкість мастил визначають за допомогою приладу SOD (метод ASTM D 1092). Існує ще метод ASTM D 3232, яким передбачено вимір плинності мастил за високих температур за допомогою ротаційного віскозиметра Брукфельда.

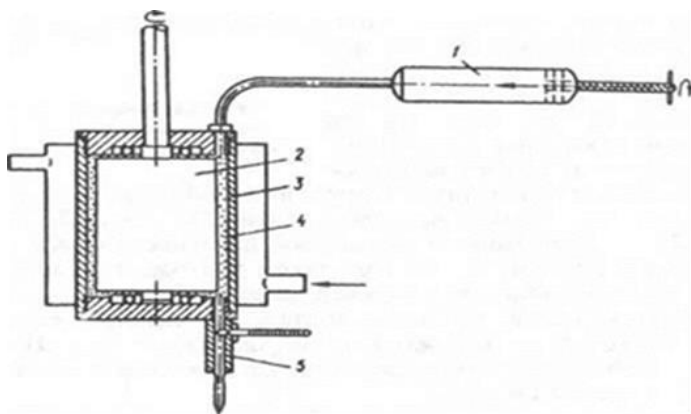
Механічна стабільність. Зміна об'ємно-механічних властивостей мастил, наприклад межі міцності, внаслідок механічної обробки й подальшої їх релаксації називають механічною стабільністю мастил. У колоїдній хімії такі зміни властивостей (межі текучості, в'язкості) дисперсних систем називають *тиксотропією*. Під час використання мастил у вузлах тертя зменшуються їх межа міцності і в'язкість з подальшим зростанням цих показників після припинення механічного впливу. Тиксотропні властивості проявляють тільки такі мастила, що після руйнування здатні відновлюватися. Мастила, що активно втрачають міцність при механічному впливі, не здатні утримуватися в вузлах тертя і витікають з них при порівняно невеликих навантаженнях. Надмірне ущільнення мастила після руйнування також є небажаним: утруднюється запуск вузла тертя і надходження ММ до контактних поверхонь.

Механічна стабільність мастил залежить від типу загусника, розмірів, форми і міцності зв'язку між дисперсними частинками. Зменшення розмірів частинок загусника (до певних меж) сприяє поліпшенню механічної стабільності мастил. Мастила, що мають мильні волокна з великим відношенням довжини до діаметра, більш стабільні. Збільшення концентрації загусника також підвищує механічну стабільність мастил. На тиксотропні перетворення мастил впливають склад і властивості дисперсійного середовища, присутність ПАР, наповнювачів і композицій добавок.

Оцінка механічної стабільності мастил заснована на їх руйнуванні у ротаційному приладі – тиксометрі (за стандартних умов) – і визначенні зміни їх механічних властивостей в процесі руйнування або безпосередньо після його закінчення. Механічна стабільність оцінюється спеціальними коефіцієнтами, що розрахо-

вують за змінами межі міцності мастила на розрив: K_p – індекс руйнування, K_v – індекс тиксотропного відновлення.

Принципова схема цього методу ілюструється на рис. 3.3. Мастило за допомогою пристосування (шприца) 1 подається в зону руйнування, що знаходиться між внутрішнім 2 і зовнішнім 3 циліндрами, тобто між ротором і статором, де за заданої температури та за певної міри руйнування (градієнті деформації) піддається механічній обробці і, надходячи до капіляру 5 мінімально можливої довжини, вичавлюється у вигляді стовпчика.



**Рис. 3.3. Принципова схема приладу
для визначення механічної стабільності:**

1 – шприц; 2 – внутрішній циліндр; 3 – зовнішній циліндр;
4 – мастило; 5 – капіляр.

По мірі витікання стовпчик відривається під власною вагою. За вагою цього стовпчика судять про межу міцності мастила на розрив, що позначається індексом $u_{зр}$ і виражається в Па. Цей метод дозволяє визначити $u_{зр}$ мастила вже через десяті частки секунди після закінчення її руйнування.

Механічна стабільність мастил регламентується ГОСТ 19295 «Смазки пластичные. Метод определения механической стабильности», згідно з яким визначають межу міцності на розрив у вихідному незруйнованому $u_{нзр}$, у зруйнованому $u_{зр}$ мастилi та після

його релаксації через певні проміжки часу u_v . Формули для визначення індексів руйнування K_p і тиксотропного відновлення K_v вказуються в ГОСТ 19295. K_p і K_v можуть виражатися додатнім або від'ємним числом залежно від характеру тиксотропних перетворень ПМ. За допомогою цього методу оцінюється реологічний стан мастила у вузлі тертя. Межа міцності на розрив вихідного мастила $u_{нзр}$ характеризує його стан у підшипнику до експлуатації та тієї частини мастила, що не перебуває у зоні тертя. Мастило в зоні тертя, наприклад доріжка кочення підшипника, умовно (залежно від ступеня його деформації) буде характеризуватися $u_{зр}$, а після зупинки підшипника залежно від її тривалості – u_v .

Для різних мастил залежно від їх складу (дисперсійне середовище, дисперсна фаза, наявність наповнювачів, присадок тощо), а також технології приготування динаміка зміни згаданих величин ($u_{нзр}$, $u_{зр}$, u_v) буде різною. Так, для гідратованих кальцієвих мастил – жирових солідолів, а також для Li-мастил, приготованих на стеариновій кислоті (HSt), характерні різке зменшення $u_{зр}$ проти $u_{нзр}$ і незначне підвищення u_v , що не досягає величини $u_{нзр}$ протягом тривалого часу зберігання після зняття навантаження. Для мастил на 12-гідроксистеараті літію характерне чутливе зменшення $u_{нзр}$ при руйнуванні мастила і відновлення $u_{зр}$ до $u_{нзр}$ після зняття навантаження, тобто u_v досягає величини $u_{нзр}$. Для багатьох мастил на комплексних загусниках (милах), особливо для комплексних кальцієвих залежно від їх складу та інших чинників, $u_{зр}$ незначно зменшується в порівнянні з $u_{нзр}$, а u_v істотно збільшується в часі після зняття навантаження та значно перевищує $u_{нзр}$.

Може бути й інший характер зміни $u_{нзр}$ залежно від ступеня руйнування мастила $u_{зр}$ та його відновлення при зберіганні після припинення деформації u_v .

Число пенетрації. Цей показник досі широко використовують для оцінки міцності й порівняння мастил один з одним. Глибина занурення конуса (стандартної маси протягом 5 с) в мастило, виражена в десятих частках міліметра, називається числом пенетрації. Чим м'якше мастило, тим глибше в нього занурюється конус і тим вище число пенетрації. Пенетрація мастил – показник умовний, що не має фізичного сенсу і не визначає їх поведінку під

час використання. Мاستила з різними реологічними властивостями можуть мати однакові числа пенетрації, і це призводить до хибних уявлень про експлуатаційні властивості мастил. У той же час пенетрацією, як показником, що швидко визначається, часто користуються у виробничих умовах для оцінки ідентичності рецептури й дотримання технології виготовлення мастил. Число пенетрації мастил коливається від 170 до 420.

Для визначення пенетрації по ГОСТ 5346 «Смазки пластичные. Метод определения пенетрации пенетрометром с конусом» використовують пенетрометр Річардсона (рис. 3.4) і методику, стандартизовану ГОСТ 5346 або ASTM D 217, IP 50. Одиниця виміру пенетрації – десяті частки міліметра ($\text{м} \cdot 10^{-4}$), тобто якщо число пенетрації мастила має величину $260 \text{ м} \cdot 10^{-4}$, то це означає, що конус пенетрометра Річардсона занурився в мастило на глибину 26 мм.

До теперішнього часу діє класифікація мастил за системою NLGI, в основу якої покладена їх градація за чисельним значенням пенетрації. Цей показник можна використовувати під час оцінки ідентичності різних партій одного й того ж мастила, наприклад, літєвого (Літол-24 або Schell alvania 3), гідратованого кальцієвого (солідол жировий УС-2) або алюмінієвого (АМС-1) тощо. При такому підході, тобто оцінці об'ємно-механічних властивостей, наприклад, мастила Літол-24, можна знайти залежність між його межею міцності та пенетрацією. Ця залежність може бути виражена рівнянням $\phi_{\text{мз}} = K \cdot \Pi$, де K – емпіричний коефіцієнт, значення якого має свою величину для кожного типу мастил.

Узагальнено, *пенетрація* – умовний емпіричний показник, що є своєрідним критерієм класифікації мастил за системою NLGI. Число пенетрації визначається глибиною занурення спеціального конуса стандартних розмірів і масою 150 г протягом п'яти секунд за певної, у т. ч. і стандартної (25°C) температури у перемішане в спеціальній мішалці мастило (відповідно до вимог стандартної методики за ГОСТ 5346 з використанням спеціального приладу – пенетрометра Річардсона).

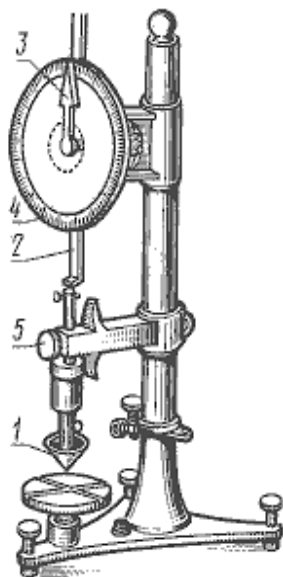


Рис. 3.4. Пенетромтр:
 1 – конус; 2 – кремалера;
 3 – стрілка циферблата; 4 – циферблат;
 5 – кнопка пуску.

Температура краплепадіння також відноситься до реологічних властивостей, але побічно. Температура краплепадіння – максимальна температура, за якої з капсули термометра Уббелодє (рис. 3.5) падає крапля мастила, що нагрівається в жорстко регламентованих умовах. Методика визначення температури краплепадіння регламентована міждержавним стандартом ГОСТ 6793 «Нефтепродукты. Метод определения температуры каплепадения» (ASTM D 566, FTMS 1421, IP 132, DIN 51801 і ін.). У зв'язку з тим, що мастила є багатокомпонентними системами (їх інгредієнти характеризуються певною своєю температурою плавлення), вона умовно характеризує температуру плавлення мастил і в зв'язку з цим позбавлена фізичного змісту. Думка, що температура краплепадіння мастил характеризує їх верхню температурну межу застосування, помилкова, оскільки вона базувалася на дослідженні мастил, у яких температура краплепадіння перебувала в межах до 100 °С (вуглеводневі, гідратовані кальцієві, звичайні алюмінієві). У цьому випадку їх верхня

температурна межа застосування лежить нижче на 5–20 °С від температури краплепадіння.

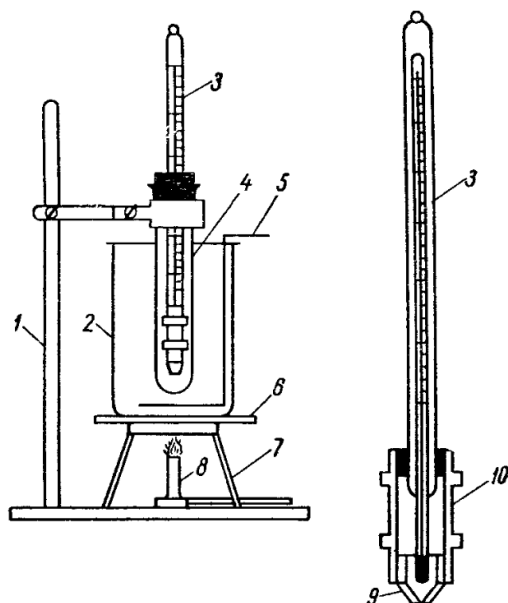


Рис. 3.5. Прилад для визначення температури краплепадіння:

- 1 – штатив; 2 – стакан з термостійкого скла 1000–2000 мл;
- 3 – термометр Уббелодє зі шкалою 0–150°С; 4 – пробірка Ø40–45 мм;
- 5 – кільцева мішалка; 6 – азбестова сітка; 7 – триножник;
- 8 – газовий пальник; 9 – капсюль-чашечка;
- 10 – латунна гільза термометра.

Однак з появою мастил, у яких температура краплепадіння знаходиться значно вище 100 °С, наприклад, звичайні літєві (170–210 °С), комплексні літєві, кальцієві, алюмінієві (230–270 °С), бентонітові, силікагелеві (відсутність), вона втратила своє практичне значення. Так, верхня температурна межа працездатності на нафтових оливах звичайних літєвих мастил знаходиться в межах 110–125 °С, комплексних літєвих – 150–160 °С, комплексних кальцієвих – 130–140 °С, комплексних алюмінієвих – 140–150 °С, бентонітових і силікагелевих – до 150 °С. Цімежі значною мірою

залежать від природи й властивостей дисперсійних середовищ згаданих мастил.

За температурою краплепадіння мастил іноді можна судити про природу загусника, на якому мастило виготовлено, а звідси вже (опосередковано) – про можливі області його застосування, але й то за умови, що відомі склад і властивості дисперсійного середовища мастила.

3.2. Експлуатаційні та фізико-хімічні властивості

Колоїдна стабільність – це здатність мастила під дією зовнішніх сил утримувати в ґратках свого структурного каркасу оливу (дисперсійне середовище). Колоїдна стабільність мастил – важливий показник, що характеризує їх поведінку під час зберігання та застосування у трибосполученні. Занадто велике виділення оливи з мастила (низька колоїдна стабільність) призводить до розшарування мастила в тарі під час зберігання, тобто виділенню оливи під тиском власної ваги, а в умовах експлуатації – до виділення оливи з вузла тертя та утворення в ньому затверділої маси загусника та порушення режиму змащування.

Виділення оливи може бути мимовільним внаслідок структурних змін в мастилі, наприклад під дією власної ваги, і може прискорюватися або сповільнюватися під дією температури, тиску або інших чинників. Надмірно велике виділення оливи в процесі роботи мастила – понад 30 % призводить до різкого зміцнення мастила і порушує його нормальне надходження до змащувальної поверхні.

Колоїдна стабільність мастил залежить від ступеня досконалості структурного каркасу, що, в свою чергу, визначається розмірами, формою і міцністю зв'язків структурних елементів. Значний вплив на колоїдну стабільність мастил надає в'язкість дисперсійного середовища: чим вище в'язкість оливи, тим важче йому витікати з об'єму мастила.

Багато промислових мастил, виготовлених на основі малов'язких олив або з низьким вмістом загусника, мають недостатню колоїдну стабільність. Для того, щоб олива не

виділялась з таких мастил, їх фасують в невелику тару, що виключає або знижує виділення (відпресовуваність) оливи під дією власної ваги.

Колоїдну стабільність мастил оцінюють за допомогою методів, заснованих виключно на відпресовуваності оливи. Для цього використовують апарат (за ГОСТ 7142 «Смазки пластичные. Методы определения коллоидной стабильности»), в якому оливу механічно відпресовують під дією вантажу (шток, кулька, поршень і власне вантаж масою 1000 ± 10 г (метод А) або 300 ± 10 г (метод Б) (рис 3.6) регламентовані ГОСТ 7142.

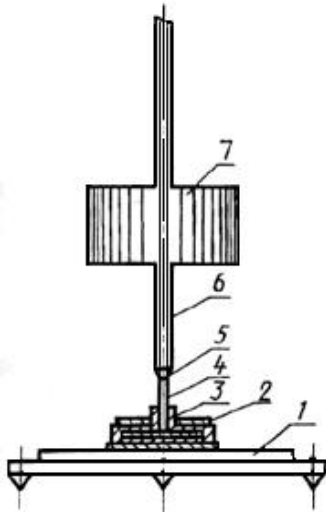


Рис. 3.6. Прилад КСА:

- 1 – кронштейн; 2 – сталева шайба;
- 3 – чашечка для мастила;
- 4 – поршень; 5 – металева кулька діаметром 5 мм; 6 – шток; 7 – вантаж

Метод А за міждержавним стандартом ГОСТ 5346 «Смазки пластичные. Метод определения пенетрации пенетрометром с конусом» рекомендований для мастил з пенетрацією до 430 мм^{-1} , а метод Б за цим стандартом – для мастил з пенетрацією до 475 мм^{-1} .

Антиокиснювальна стабільність або окиснення мастил характеризує їх стійкість до дії кисню. Іноді окиснення мастил називають їх хімічною стабільністю. Цей показник особливо важливий для високотемпературних мастил, що застосовуються за робочих температур понад 100°C . Окиснення високотемпературних

мастил є однією з причин скорочення гарантійного терміну їх використання. Тому сучасні багатоцільові та високотемпературні мастила містять антиокиснювальні присадки.

Використовують стандартний метод оцінки антиокиснювальної (хімічної) стабільності мастил (ГОСТ 5734 «Смазки пластичные. Метод определения стабильности против окисления»). Цей метод заснований на окисненні мастила в шарі товщиною 1 мм на міді за температури 120 °С. Критерієм оцінки стабільності служить зміна кислотного числа мастила, виміряного до і після її окиснення. Широко поширена оцінка окиснюваності мастил в бомбі Норма-Гофман, що покладена в основу методу ASTM D 942-50. Згідно цього методу, мастила окиснюють за температури 100 °С і тиску 8 Н. Про хімічну стабільність мастила судять за початком зниження тиску кисню в бомбі (індукційний період) і подальшій кінетиці його зменшення.

Випаровуваність. Кількісна втрата дисперсійного середовища (оливи) через його випаровування призводить до відносного підвищення вмісту дисперсної фази (загусника) у складі мастила, і, відповідно, до збільшення його межі міцності, в'язкості, зменшення пенетрації і до зміни інших експлуатаційних показників. Випаровуваність мастил обмежує їх верхню температурну межу застосування. Випаровуваність мастил не допускається при їх застосуванні в механізмах ядерних реакторів, оскільки пари оливи стають джерелом радіоактивності. Випаровуваність є особливо важливою характеристикою для низькотемпературних і приладових мастил, що готуються на легких малов'язких нафтових і деяких синтетичних оливах (поліалкіленгліколю, фторвуглецю). Випаровуваність визначається виключно летючістю дисперсійного середовища, інші рецептурні і технологічні чинники практичного значення не мають.

Випаровуваність оцінюють за методом В.В. Синіцина, К.К. Папка і Б.С. Зусевой (стандартизовано ГОСТ 9566 «Смазки пластичные. Метод определения испаряемости»). Визначають втрату маси мастила, нанесеного шаром 1 мм в чашці-випарнику та витриманого протягом 1 год у термостаті за заданої температури.

Водостійкість. Це здатність мастила не розчинятися у воді, не змиватися з поверхонь тертя, істотно не змінювати свої властивості при змішуванні з невеликою кількістю води або пари. Водостійкість – важлива характеристика мастил, що використовуються у зовнішніх механізмах морських і річкових суднах, барж, підводних човнів, у вузлах шасі різних транспортних засобів і інших механізмах, коли не виключається вимивання мастила водою або обводнення мастила.

Стандартизованого методу для визначення водостійкості на сьогодні не існує. За необхідності у кожному окремому випадку використовують певну евристичну методику, наприклад, кип'ятіння у гарячій воді, змивання з обертового підшипника або з пластини під дією регламентованого струменя, для цього використовують прилади «Аквадін», «Водотік» і ін.

Стабільність до впливу зовнішнього середовища. Під час зберігання та використання на мастила впливають температура, волога, пара нафтопродуктів і інших вуглеводнів, агресивні гази, окиснювачі, радіація тощо. Важливо знати, як зміняться властивості мастил під впливом цих зовнішніх факторів. Для цієї мети застосовують методи, що ґрунтуються на оцінці деяких характеристик, наприклад, межі міцності вихідного мастила та мастила, на яке впливали умови зовнішнього середовища. При цьому необхідно, щоб ці властивості змінювалися незначно, і мастило зберігало первинні характеристики.

Хімічна стабільність – це важлива експлуатаційна характеристика мастил. Під хімічною стабільністю зазвичай розуміють стійкість мастил проти окиснення киснем повітря, хоча в широкому сенсі – це відсутність зміни властивостей мастил при впливі на них хімічних реагентів (кислот, лугів, кисню тощо). Окиснення призводить до утворення та накопичення в мастилах кисневмісних ПАР, до зміни реологічних властивостей мастил (як правило, відбувається їх втрата міцності), погіршення колоїдної стабільності, зниження температури краплепадіння, мастильної здатності та низки інших показників.

Стабільність проти окиснення є особливо важливим показником для таких мастил, що завантажують у вузли тертя 1–2 рази

протягом 10–15 років, працюють за високих температур, у тонких шарах і в контакті з кольоровими металами. Мідь, бронза, олово, свинець і низка інших металів і сплавів прискорюють окиснення мастил.

Оцінка хімічної стабільності мастил заснована на прискореному окисненні мастил під дією високої температури та каталізаторів і визначенні кислотного числа, кількості та швидкості поглинання кисню, зміні структури і властивостей мастил. Про утворення й накопичення в мастилах продуктів окиснення можна судити за даними ІЧ-спектроскопії.

Поява або різке посилення поглинання в області $1710\text{--}1720\text{ см}^{-1}$ свідчить про збільшення концентрації карбонільних сполук – кислот, альдегідів, ефірів та ін., а в області 3300 см^{-1} – про утворення гідроксилвмісних сполук (спиртів).

Більшість методик визначенню хімічної стабільності мастил засновано на їх окисненні в статичних умовах. Природно, але це не відображає реальних експлуатаційних умов мастил у вузлах тертя. Подібна оцінка справедлива для консерваційних і ущільнюючих мастил, окиснення яких протікає переважно в статичних умовах. У той же час для антифрикційних мастил ці методики мають недоліки й обмеження. Українськими вченими В.В. Бутівцем і Ю.Л. Іщуком розроблено ефективний метод і прилад, за допомогою якого за величиною індукційного періоду та швидкістю поглинання кисню стабільність мастил проти окиснення оцінюється в динамічних умовах.

Є кілька способів підвищення стійкості мастил проти окиснення. Це ретельний підбір оливної основи, вибір типу та концентрації згущувача, варіювання технологічними режимами виробництва. Перспективним способом поліпшення хімічної стабільності мастил є додавання до їх складу антиокиснювальних присадок. Як присадки використовують аміно- і фенолвмісні сполуки, дитіокарбонати, фосфор і сірковмісні органічні продукти.

Термічна стабільність – здатність мастил не змінювати свої властивості і перш за усе не зміцнюватись за короткочасній дії високих температур. Мастила, приготовані на милах синтетичних жирних кислот, а також деякі комплексні мастила схильні за

підвищених температур зміцнюватись аж до втрати пластичності. Низьку термічну стабільність мають натрієві, натрієво-кальцієві мастила і в меншій мірі кальцієві. Термозміцнення ускладнює надходження мастила до вузла тертя, погіршує його адгезійні властивості. Особливість термозміцнення – повна і багаторазова його зворотність: перетирання, гомогенізація затверділого мастила знову призводить до відновлення його первинних властивостей.

Оцінюють термозміцнення мастил за зміною межі міцності їх до і після витримування при підвищених температурах; відношення величин виражають у відсотках. Визначають даний показник на приладі для вимірювання міцності.

Мікробіологічна стабільність. Зміна складу й властивостей мастил може відбуватися також під впливом різних мікроорганізмів. Мікроорганізми – грибки, бактерії – потрапляючи в мастило або гинуть, або починають інтенсивно розвиватися. Це залежить від їх біологічних властивостей, складу мастила (присутності в ній поживних речовин) і навколишніх умов (температури, вологості та ін.). Під час розвитку мікробіологічної фази мікроорганізми споживають ті чи інші компоненти мастил, тим самим змінюючи їх склад і властивості. Продукти обміну накопичуються в мастилі і, як правило, збільшують його кислотність. При цьому відбувається різке зменшення міцності мастила та зміна його експлуатаційних властивостей.

Для створення стійких до мікробіологічного ураження ММ до їх складу додають антисептики. Серед таких застосовують органічні речовини, наприклад, бензойну та саліцилову кислоти, феноли та їх похідні, і металорганічні сполуки – похідні ртуті, олова та ін. Бактерицидну дію мають і деякі антиоксидантні, протизношувальні присадки та інгібітори корозії.

Існують різні методи випробувань мастил на мікробіологічну стабільність: стаціонарні методи випробувань в чашках Петрі на сушловому та мінеральному агарі, а також мікробіологічне руйнування мастил, нанесених на металічні пластинки. Оцінку зростання мікроорганізмів проводять, як правило, за п'ятибальною системою: 0 – відсутність зростання грибків на поверхні мастила,

5 – грибки повністю покривають мастило. Випробування з нанесенням мастил на металічні пластинки дозволяють більш чітко судити про їх мікробіологічну стабільність.

Радіаційна стійкість мастил. Вплив на ММ випромінювань високих енергій (γ -промені, α - і β -частинки, вільні електрони) призводить до глибоких змін їх структури і властивостей. Глибина змін властивостей залежить від дози поглиненого опромінення та хімічного складу змащувачого матеріалу. Про радіаційну стійкість мастил судять за зміною їх властивостей після опромінення певної інтенсивності. Сумарна доза до 5 (10^6 – 10^8) рад зазвичай викликає руйнування волокон загусника і зміни властивостей мастил.

Значною мірою стійкість мастил до опромінення залежить від складу оливи, на основі якої вони виготовлені. За радіаційної стійкості дисперсійне середовище мастил розподіляється в наступний ряд: кремнійорганічні рідини < складні ефіри < нафтові оливи < прості ефіри. Мастила залежно від типу загусника при опроміненні можуть набувати «наведену» радіоактивність. Найбільш легко радіоактивність набувають натрієві мастила.

Термозміцнення пластичного мастила – зміна межі міцності мастила під впливом температури. Властивості більшості пластичних мастил після нагрівання (до температури на 50–100 °C нижче температури плавлення) та охолодження практично не змінюються. Однак окремі мастила (наприклад, сажові, на натрієвих милах синтетичних жирних кислот, деякі комплексні мильні мастила) після короткочасного нагрівання та наступного охолодження термозміцнюються – їх межа міцності підвищується, іноді в десятки і навіть сотні разів. У результаті може припинитися надходження мастила до робочих поверхонь, що призведе до швидкого виходу вузла тертя з ладу.

Термозміцнення оцінюють за стандартизованою методикою згідно міждержавного стандарту ГОСТ 7143 «Смазки пластичные. Метод определения предела прочности и термоупрочнения (метод А)» на міцномірі СК, вимірюючи межу міцності мастила перед витримкою за підвищеної температури та після неї.

3.3. Трибологічні властивості

Трибологічні властивості мастил пов'язані з процесами та механізмами тертя, зношування в граничних шарах під час контакту мастила з поверхнею металу. Розрізняють антифрикційні, протизношувальні та протизадирні властивості мастил, іноді сукупність цих складних трибологічних характеристик називають «мастильною здатністю» або «несучою здатністю мастильного шару». Зазначені властивості мастил – функції їх складу, пов'язані з об'ємною, поверхневою, адсорбційною і хемосорбційною дією. Трибологічні властивості мастил визначають за результатами випробувань на тертя і зношування, для чого використовують різні машини тертя. До стандартних методів оцінки протизношувальних і протизадирних властивостей відносяться дослідження на чотирикульковій машині тертя ЧМТ-К1 (ГОСТ 9490 «Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине», ASTM D 2596, D 2783, D 2266, D 4172, D 5183, DIN 51350).

Антикорозійні властивості мастил характеризують їх корозійну дію на метали. Свіжі мастила не повинні викликати корозію поверхонь металів, на які вони нанесені. Під час використання або зберігання антикорозійні властивості мастил можуть погіршуватися. Оцінюють їх за ГОСТ 9.080 «Смазки пластичные. Ускоренный метод определения коррозионного воздействия на металлы», занурюючи металеві пластинки в мастило, витримуючи у ньому за заданої температури (70–100 °C) певний час (3–5 год), у подальшому оглядаючи їх поверхні й оцінюючи візуально наявність ознак корозії. Поява корозійних плям і точок на пластинках, значне їх потемніння, а також зміна кольору і зовнішнього вигляду мастила в зоні контакту з пластинками свідчать про незадовільні антикорозійні властивості мастил.

Захисні (консерваційні) властивості мастил характеризують їх здатність запобігати корозії металевих поверхонь у результаті впливу на них корозійно-активного середовища: води, агресивних газів і ін. Проте основним призначенням змащення є захист поверхонь тертя та інших металевих елементів від атмосферної корозії.

За захисними властивостями ПМ перевершують оливи. Зокрема, завдяки своїм характеристикам міцності вони здатні утримуватися на поверхні металу, а також чинити опір змиванню атмосферними опадами. Захисні властивості мастила залежать від його колоїдної та хімічної стабільності, водостійкості. Зі збільшенням в'язкості дисперсійного середовища зростає адгезія мастил до металевих поверхонь, що також покращує їх захисні властивості.

Для оцінки захисних властивостей мастил використовують стандартний метод за ГОСТ 9.054 «Консервационные масла, смазки и ингибированные пленкообразующие нефтяные составы Методы ускоренных испытаний защитной способности». Цей стандарт поширюється на ММ – оливи, мастила, нафтові інгібовані технологічні покриття і містить наступні методи випробування:

- за підвищених значень відносної вологості, температури повітря, без конденсації, з періодичною або постійною конденсацією вологи;
- за підвищених значень відносної вологості, температури повітря і дії сірчаного ангідриду з періодичної конденсації вологи;
- під дією соляного туману;
- за постійного занурення в електроліт;
- під дією бромисто-водневої кислоти;
- за підвищених значень відносної вологості й температури з постійною конденсацією вологи в першій частині циклу в умовах контакту різномірних металів;

Для оцінки захисних властивостей мастил у залежності від їх призначення використовують перші чотири методи або їх комплекс. Для оцінки захисних властивостей мастил, призначених для консервації виробів, залежно від умов зберігання застосовують такі методи випробування:

- на відкритих майданчиках, під навісами і в закритих неопалювальних приміщеннях – метод 1;
- у приміщеннях з регульованими параметрами – метод 1 без конденсації вологи;
- у промисловій зоні – методи 1 і 2;
- під впливом морської атмосфери – методи 1–4.

Питання для самостійної роботи

1. Які показники якості визначають під час оцінки якості пластичних мастил?
2. Які параметри визначають реологічні властивості мастил?
3. Що характеризує число пенетрації мастил?
4. До яких властивостей мастил належить температура краплепадіння?
5. Що характеризує колоїдна стабільність мастил?
6. У чому полягає стабільність мастил до впливу зовнішнього середовища?
7. Що характеризує термічна стабільність мастил?
8. Що характеризує мікробіологічна стабільність мастил?
9. Охарактеризуйте трибологічні властивості мастил.
10. Які компоненти входять до складу пластичних мастил?
11. Опишіть критерії оцінки властивостей консистентних мастил.
12. Яку величину прийнято називати температурою краплепадіння?
13. Як визначити температуру краплепадіння мастил?
14. Які мастильні матеріали використовують для захисту металів від корозії?

РОЗДІЛ 4

КЛАСИФІКАЦІЯ І МАРКУВАННЯ МАСТИЛ

Система класифікації пластичних ММ установлена міжнародним стандартом ISO 6743.9. В основу узагальненої класифікації мастил покладено три ознаки: 1) консистенція; 2) склад (природа загусника); 3) призначення.

За консистенцією мастила підрозділяють на напіврідкі, пластичні та тверді.

За складом мастила підрозділяють на чотири групи:

- мастила, загусниками яких використовують солі вищих карбонових кислот (літієві, натрієві, калієві, кальцієві, барієві, алюмінієві, цинкові та свинцеві мила);
- мастила з неорганічними загусниками (силікагелеві, графітні, азбестові);
- мастила з органічними загусниками (полімерні, пігментні, полімочевинні, сажові);
- мастила на тугоплавких вуглеводневих загусниках (церезин, озокерит, природні та синтетичні воски).

За призначенням мастила підрозділяють на: антифрикційні, протизносні, консерваційні, захисні, ущільнюючі, канатні.

Сучасна класифікація мастил за класом в'язкості (VG), що пізніше стала міжнародною, була розроблена National Lubricating Grease Institute (NLGI). У відповідності з класифікацією мастил NLGI, їх консистенція вимірюється спеціальним лабораторним способом «робочої пенетрації».

4.1. Система класифікації NLGI

У співпраці з ASTM International та SAE International, NLGI розробила категорію якості автомобільних мастил, визначених у стандарті ASTM D 4950 «Стандартна класифікація та специфікація автомобільних сервісних мастил».

Класифікація за NLGI включає розподіл мастил за категоріями ступеня консистенції (ступінь в'язкості або густини) та категоріями якості.

За категоріями ступеня консистенції мастила поділяють на класи залежно від рівня пенетрації – чим більше значення величини пенетрації, тим м'якше мастило. Відповідно до загальноприйнятої методики, визначення показника пенетрації проводиться за допомогою пенетрометра з конусом, що опускають на п'ять секунд в мастило за температури 25 °С. Глибина занурення конуса вимірюється і виражається в десятих частках міліметра (рис. 3.1). Зазвичай пенетрацію визначають як перемішаного, так і неперемішаного мастила. Різниця цих показників характеризує стабільність мастила і здатність витримувати зовнішній механічний вплив.

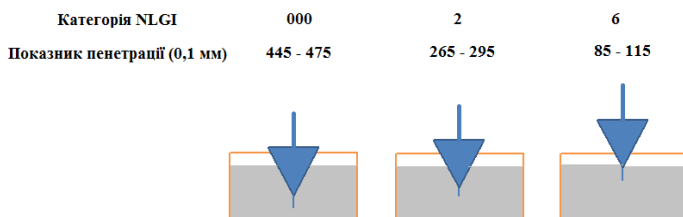


Рис. 4.1. Схема відповідності значення величин пенетрації та категорій ступеня консистенції мастила за NLGI.

Класифікація NLGI пластичних мастил за консистенцією включає дев'ять категорій від 000 до 6 (табл. 4.8):

- категорії 000 і 00 є напіврідкими мастилами, що використовуються як альтернатива оливам в механізмах і централізованих системах змащування з малим перетином каналів, якими подається олива (наприклад, у двигунах сучасних вантажівок);
- категорії 0 і 1 призначені для застосування в головних централізованих системах змащування (наприклад, промислове обладнання, вантажні автомобілі);
- категорії 2 і 3 використовуються в основному для змащування підшипників (категорія 2 найбільш поширена серед пластичних мастил для легкового транспорту);
- категорії 4 і 6 представляють виключно густі мастила й використовуються рідко.

Таблиця 4.8

Класифікація NLGI пластичних мастил за консистенцією

Категорія NLGI	Показник penetрації (мм·10 ⁻¹)	Консистенція	Призначення
000	445–475	дуже рідка	зубчасті передачі
00	400–430	рідка	закритого типу
0	355–385	напіврідка	центральні системи
1	310–340	дуже м'яка	змащування
2	265–295	м'яка	шарикові / роликові підшипники
3	220–250	напівтверда	високошвидкісні
4	175–205	тверда	підшипники
5	130–160	дуже тверда	зубчасті передачі
6	85–115	особливо тверда	відкритого типу

За категоріями якості згідно з класифікацією NLGI існує 5 класів консистентних мастил: LA, LB, GA, GB, GC. Для визначення відповідності мастила певному класу визначається низка його властивостей: penetрація, температура краплепадіння, стійкість до окиснення і випаровування, зміни консистенції, антикорозійних властивостей, сумісність з еластомерами, низькотемпературний момент обертання тощо (табл. 4.9).

Розглянемо представлені NLGI категорії якості докладніше.

Мастила категорії NLGI LA: використовуються для змащування елементів ходової частини та шарнірних з'єднань легкових автомобілів та інших транспортних засобів з легким режимом роботи. **Вимоги до якості.** Мастила повинні добре змащувати елементи ходової частини та шарнірні з'єднання при частій заміні мастила (у легкових автомобілях через кожні 3200 км або частіше). Мастила повинні бути стійкими до окиснення та зміни консистенції, а також забезпечувати ефективні антикорозійні та протизношувальні властивості триботехнічних елементів шарнірів та ходової частини в умовах малого навантаження. Зазвичай рекомендуються для даної категорії мастила консистенції NLGI 2, але аналогічно можуть бути використані мастила інших ступенів консистенції NLGI.

Таблиця 4.9

**Обов'язкові випробування консистентних мастил
при визначенні категорії якості NLGI**

Стандарт ASTM	Випробування	Категорія якості NLGI				
		LA	LB	GA	GB	GC
D 217	Пенетрація	+	+	+	+	+
D 566	Температура крапле падіння	+	+	+	+	+
D 1264	Вимивання водою	-	-	-	+	+
D 1742	Температура виділення оливи	-	+	-	+	+
D 1743	Антикорозійні властивості	-	+	-	+	+
D 2266	Зношування на чотирикульковій машині тертя (ЧМТ)	+	+	-	+	+
D 2596	Граничний тиск на ЧМТ	-	+	-	-	+
D 3527	Стійкість до високої температури	-	-	-	+	+
D 4170	Пітингове зношування	-	+	-	+	+
D 4289	Сумісність з еластомерами	+	+	-	+	+
D 4290	Плинність	-	-	-	+	+
D 4693	Низькотемпературний момент обертання	-	+	+	+	+

Мастила категорії NLGI LB: використовуються для змащування елементів ходової частини та шарнірних з'єднань легкових автомобілів, вантажівок та інших транспортних засобів, що працюють в умовах як легкого, так і напруженого режиму. До напруженого режиму необхідно віднести режим, для якого характерні великий інтервал заміни мастила, великі навантаження, вібрації, поява в мастилі під час експлуатації води або інших забруднень. Це мастила вищої якості для ходової частини.

Вимоги до якості. Мастила повинні добре змащувати елементи ходової частини та шарнірні з'єднання за температури від мінус 40 до 120°C при подовженому інтервалі заміни мастила (у легкових автомобілях понад 3200 км). Мастила повинні бути стійкими до окиснення та зміни консистенції, а також забезпечувати ефективні антикорозійні та протизношувальні властивості

триботехнічних елементів шарнірів і ходової частини в умовах забрудненості і великих навантажень. Зазвичай рекомендуються мастила консистенції NLGI 2, але аналогічно можуть бути використані мастила інших ступенів консистенції NLGI.

Мастила категорії NLGI GA: використовуються для змащування підшипників коліс легкових автомобілів, вантажівок та інших транспортних засобів, що працюють в звичайних умовах експлуатації в легкому режимі з частою заміною мастила.

Вимоги до якості. Мастила повинні добре змащувати підшипники в температурному діапазоні від мінус 20 до 70 °С.

Мастила категорії NLGI GB: використовуються для змащування підшипників коліс легкових автомобілів, вантажівок та інших транспортних засобів, що працюють як в легкому, так і в помірному режимі. Помірний режим – це звичайні умови експлуатації, що бувають у більшості транспортних засобів.

Вимоги до якості. Мастила повинні забезпечувати ефективне змащування контактних поверхонь в широкому інтервалі температур від мінус 40 до 120 °С і навіть до 160 °С. Мастила повинні бути стійкими до окиснення, випаровування, зміни консистенції, ефективно захищати підшипники від корозії та зношування. Зазвичай рекомендуються мастила консистенції NLGI 2, але аналогічно можуть бути використані мастила інших ступенів консистенції NLGI – NLGI 1 та NLGI 3.

Мастила категорії NLGI GC: використовуються для змащування підшипників коліс легкових автомобілів, вантажівок та інших транспортних засобів, що працюють як в легкому, так і в напруженому режимах. Напружений режим характерний для умов експлуатації транспортних засобів, підшипники яких нагріваються до високої температури. Це транспортні засоби з дисковими гальмами, що працюють в нестационарному «запуск-зупинка» режимі (автобуси, таксі, міські поліцейські автомобілі тощо) або в режимі важкого гальмування (буксирування, важка їзда в горах тощо). У даний час це мастила вищої якості для підшипників коліс транспортних засобів.

Вимоги до якості. Мастила повинні забезпечувати ефективне змащування контактних поверхонь в широкому інтервалі

температур – від мінус 40 до 160 °C і навіть до 200 °C. Мастила повинні бути стійкими до окиснення, випаровування, зміни консистенції, забезпечувати ефективний захист підшипників від корозії і зношування. Зазвичай рекомендуються мастила консистенції NLGI 2, але аналогічно можуть бути використані мастила інших ступенів консистенції NLGI, NLGI 1 і NLGI 3.

Маркування консистентних мастил NLGI.

NLGI зберігає юрисдикцію щодо позначення та визначення категорій, що вона публікує у своїй «системі класифікації шасі та колісних підшипників». NLGI також створив символ, сертифікаційний знак NLGI, що можна використовувати на контейнерах з мастилом для реклами своєї категорії згідно з міжнародним стандартом ASTM D4950.

Для позначення категорій мастил, NLGI використовує символ «NLGI», що присвоюється лише мастилам найвищої категорії якості: GC, LB і GC-LB (рис. 4.2).

Мастила інших категорій цим символом не позначаються, тільки на етикетці або в описі зазвичай вказуються категорія якості NLGI GA, NLGI GB, NLGI LA. В Європі подібна класифікація застосовується доволі рідко, європейський аналог даної класифікації відсутній.



Рис. 4.2. Знаки відповідності категоріям NLGI.

Товарні мастила за класифікацією NLGI.

Літієве мастило Motul Tech Grease 300 – високотехнологічне багатофункціональне ПМ. Застосовується для змащування різних

з'єднань, шарнірів, підшипників кочення, підшипників ступиць, кульових опор, кабелів.

Підходить для використання в технічних засобах, що працюють в умовах нормальних або підвищених навантажень: автомобілі, мотоцикли, водна техніка, будівельна техніка, сільськогосподарська техніка, стаціонарна техніка.

Дане мастило характеризується ефективними високотемпературними властивостями: температура краплепадіння вище 260 °С. Експлуатаційна температура використання від мінус 30 до 150 °С у разі постійного навантаження і до 200 °С під час пікових навантажень.

Мастило Motul Tech Grease 300 виготовлене на основі синтетичних компонентів і літєвого мила, містить в своєму складі протизадирні, протизношувальні, антиокиснювальні і антикорозійні присадки. За консистенцією мастило відповідає категорії NLGI 2.

До ефективних експлуатаційних характеристик даного мастила необхідно віднести високу стійкість оливної плівки за великих навантажень, високі протизношувальні та протизадирні властивості, відмінну водостійкість, антиіржавійні та антикорозійні властивості, високу адгезію до поверхні.

Літієве мастило Motul Top Grease 200 – високотехнологічне багатофункціональне ПМ. Застосовується для змащування різних з'єднань, шарнірів, підшипників кочення та ступиць, кульових опор, кабелів. Підходить для використання у будь-якій техніці, що працює в умовах підвищених навантажень і підвищеної вологості. Може використовуватися для автомобілів, мотоциклів, водної, будівельної, сільськогосподарської та стаціонарної техніки.

Температура використання даного мастила від мінус 20 до 130 °С.

Багатофункціональне мастило на мінеральній основі, загущений літєвим милом, містить у своєму складі протизадирні, протизношувальні, антиокиснювальні й антикорозійні присадки. За конистенцією мастило відповідає категорії NLGI 2.

До ефективних експлуатаційних характеристик даного мастила необхідно віднести покращену адгезію до поверхні, високу стійкість оливної плівки у разі великих навантажень, стійкість до

вимивання, хороші низькотемпературні властивості та стабільність до механічної деструкції.

4.2. Система класифікації ISO

ISO (International Organization for Standardization) – це Міжнародна організація зі стандартизації, що з 1946 року розробляє технічні стандарти практично в усіх напрямках бізнесу, галузях промисловості та технологіях.

Принцип класифікації нафтопродуктів за стандартом ISO заснований на виборі літери-префікса, що характеризує клас нафтопродукту (табл. 4.10).

Пластичні мастила відносяться до класу L.

Серія міжнародних стандартів ISO 6743 встановлює загальну класифікацію ММ, індустриальних олив і аналогічних продуктів класу L.

Таблиця 4.10

Класифікація нафтопродуктів та споріднених продуктів

Клас	Продукти
F	Палива
S	Розчинники і сировина для хімічної промисловості
L	Мастильні матеріали, індустриальні оливи та споріднені продукти
W	Парафіни
B	Бітуми

У межах класу L визначено 18 груп продуктів відповідно до галузі застосування кожної групи так, щоб охопити весь діапазон застосування ММ, індустриальних олив і аналогічних продуктів. Серія міжнародних стандартів ISO 6743, розроблена Підкомітетом SC 4 «Класифікація і технічні умови» Технічного комітету ISO/TC 28 «Нафтопродукти та мастильні матеріали», спрямована на досягнення збереження машин і механізмів промислового обладнання, систем гідрокерування та інших механізмів. Міжнародний стандарт ISO 6743 складається з наступних частин під загальним

найменуванням «Матеріали мастильні, індустріальні оливи та споріднені продукти (клас L). Класифікація»:

- Частина 1. Група А (системи загальних втрат);
- Частина 2. Група F (підшипники шпинделя, підшипники і муфти);
- Частина 3. Група D (компресори);
- Частина 4. Група H (гідравлічні системи);
- Частина 5. Група T (турбіни);
- Частина 6. Група C (зубчасті передачі);
- Частина 7. Група M (металообробка);
- Частина 8. Група R (тимчасовий захист від корозії);
- Частина 9. Група X (мастила);
- Частина 10. Група V (змішана);
- Частина 11. Група P (пневматичні інструменти);
- Частина 12. Група Q (рідкі теплоносії);
- Частина 13. Група G (направляючі);
- Частина 14. Група V (термообробка);
- Частина 15. Група E (оливи для двигунів внутрішнього згорання).

Отже, ПМ відносяться до класу L, групи X, тому для них чинна класифікація ПМ за стандартом ISO 12924 (аналогічна ISO 6743-9): Lubricants, industrial oils and related products (class L). Classification. Family X (Greases) – Матеріали мастильні, індустріальні оливи та споріднені продукти (клас L). Група X (пластичні мастила). Специфікація.

Цей стандарт встановлює класифікацію групи X (пластичні мастила), що входить в клас L (мастильні матеріали, індустріальні оливи та споріднені продукти). Цьому стандарту повністю відповідає міждержавний стандарт ГОСТ ISO 12924 (Матеріали мастильні, індустріальні оливи та споріднені продукти (клас L). Група X (пластичні мастила)).

Стандарт застосовується до всіх категорій ПМ, що використовуються для змащування обладнання, вузлів машин, транспортної техніки тощо.

Пластичні мастила класифіковані відповідно до умов експлуатації, в яких вони використовуються.

За класифікацією ISO 6743-9 ПМ може мати не більше одного позначення. Передбачається, що це позначення відповідає найжорсткішим умовам застосування мастил (температура, забруднення водою і навантаження).

Відповідно до ISO 6743-9, ПМ позначають у такий спосіб:

ISO-L-X – символ 1 – символ 2 – символ 3 – символ 4 – клас в'язкості за NLGI, де:

- символ 1 – найнижча температура застосування (символи від А до Е);

- символ 2 – найвища температура застосування (символи від А до G);

- символ 3 – водостійкість і антикорозійні властивості (символи від А до I);

- символ 4 – трибологічні характеристики за високих навантажень (символ А або В);

- клас в'язкості NLGI встановлюють згідно з ISO 6743-9 з використанням пенетрації, визначеної згідно з ISO 2137.

У таблицях 4.11–4.14 наведено методи випробувань і вимоги, що відповідають кожному символу в системі класифікації. Вимоги для кожного символу встановлені з використанням відповідних методів випробувань.

Для оцінки характеристик ПМ можна використовувати інші методи випробувань, за умови одержання аналогічних результатів випробувань. Якщо виробник ПМ використовує альтернативні методи випробування, він повинен підтвердити відповідність товарних ПМ встановленим вимогам для різних символів.

Розглянемо символи 1–4 більш детально.

Символ 1 – найнижча температура, за якої використовується ПМ.

Найнижчу температуру, за якої використовується ПМ визначають за трьома наступними критеріями (табл. 4.11):

- пусковому та робочого крутному моменту за ASTM D1478 (NF T60-629);

- в'язкості за DIN 51805;

- пенетрації за низької температури згідно з ISO 13737.

Після обраного критерію «символ 1» доповнюється літерою в дужках:

- (L) при використанні пускового/робочого крутного моменту;
- (F) при використанні в'язкості;
- (P) при використанні пенетрації за низької температури.

Таблиця 4.11

Найнижча температура застосування пластичного мастила (символ 1)

Найнижча температура застосування, °С	Пусковий крутний момент, мН·м (випробування згідно з ASTM D 1478 або NF T60 629)		В'язкість, ГПа (випробування згідно з DIN 51805)		Пенетрація, мм·10 ⁻¹ (випробування згідно з ISO 13737)	
	Значення	Робочий крутний момент, мН·м	Значення	Символ 1	Значення	Символ 1
		Значення				
0	≤ 1000	≤ 100	≤ 1400	A (L)	A (F)	140 A (P)
мінус 20				B (L)	B (F)	120 B (P)
мінус 30				C (L)	C (F)	120 C (P)
мінус 40				D (L)	D (F)	100 D (P)
< мінус 40				E (L)	E (F)	100 E (P)

Символ 2 – найвища температура застосування ПМ.

Найвища температура застосування визначається за наступними критеріями (табл. 4.12):

- температурою краплепадіння для символів 2 A і 2 B;
- випробуваннями згідно з DIN 51821 (всі частини) для символів від 2 C до 2 G.

Для ПМ з температурою застосування вище 120 °С термін служби підшипника повинен бути не менше 100 год за передбачуваної найвищої температури використання.

Для деяких ПМ з високов'язкими базовими компонентами частоту обертання 6000 хв вважають занадто високою. На машині FAG FE9, наведеної в DIN 51821-1, передбачено проведення випробування за альтернативної частоти обертання 3000 хв. Якщо дана частота обертання використовується для оцінки найвищої температури застосування ПМ, символ «2» доповнюється літерою S в дужках: (S).

Символ 3 – водостійкість і антикорозійні властивості

Символ 3 включає водостійкість (визначається за ISO 11009 під час випробування стійкості ПМ до вимивання водою) і антикорозійні властивості (визначаються за ISO 11007) (табл. 4.13).

Таблиця 4.12

Найвища температура застосування (символ 2)

Найвища температура застосування, °C	Символ 2	Температура краплепадиння, °C (випробування за ISO 2176, ISO 6299, IP 396 або NF T60-627)	Термін служби підшипника, год (випробування за DIN 51821-2 з використанням апарату FAG FE 9)
60	A	90	Вимоги не встановлені
80	B	130	
120	C	Згідно з протоколом	F ₅₀ більше 100 год. за максимальної температури застосування
140	D		
160	E		
180	F		
більше 180	G		

Таблиця 4.13

Водостійкість і антикорозійні властивості (символ 3)

Символ 3	Втрати від вимивання водою (випробування за ISO 11009)		Оцінка антикорозійних властивостей (випробування за ISO 11007)
	Значення, % (м/м)	Температура, °C	
A	Вимоги не встановлені	38	Вимоги не встановлені
B		38	1–1, дистильована вода
C		38	2–2, солоната вода за ISO 7120
D	<30	38	Вимоги не встановлені
E	<30	79	1–1, дистильована вода
F	<30	79	2–2, солоната вода за ISO 7120
G	<10	79	Вимоги не встановлені
H	<10	-	1–1, дистильована вода
I	<10	-	2–2, солоната вода за ISO 7120

Стійкість ПМ до вимивання водою з «символом 2» від А до D визначають за температури 38 °C, для пластичних мастил з «символом 2» від E до G – за температури 79 °C.

Символ 4 – трибологічні характеристики мастил за високих навантажень.

Під час випробування ПМ з протизадирною присадкою на чотирикульковій машині тертя (визначають тільки навантаження зварювання) результати випробування повинні відповідати вимогам таблиці 4.14.

При позначенні ПМ за класифікацією ISO використовують також **клас в'язкості (категорію за консистенцією) згідно з NLGI.**

Таблиця 4.14

**Трибологічні характеристики мастил
за високого навантаження (символ 4)**

Символ 4	Навантаження зварювання під час випробування на чотирикульковій машині тертя	Метод випробування
A	Немає	ASTM D 2596 або IP 239
B	250	

Клас в'язкості за NLGI оцінюють за penetрацією методом ISO 2137 з використанням 60 подвійних ходів плунжера за температури 25 °C (перемішане мастило). У таблиці 3.1 наведено відповідність між класом в'язкості (**категорією за консистенцією**) за NLGI та penetрацією.

Існує певний пробіл в позначенні різних класів в'язкості за NLGI і значеннями penetрації. Це дозволяє враховувати «неофіційну» частину класів в'язкості: наприклад, пластичне мастило з penetрацією $300 \text{ мм} \cdot 10^{-1}$ відповідає проміжному значенню між максимально допустимою penetрацією для категорії NLGI 2 і мінімально допустимою penetрацією для категорії NLGI 1, тому його можна позначати як «клас 1,5».

Позначення пластичного мастила за ISO 12924 розглянемо на прикладі мастила Mehrbereichsfett LM 1 EP від фірми ADDINOL, що займається розробкою високопродуктивних ММ, що виробляються за основною адресою фірми в Німеччині. Як мастило тривалого експлуатаційного застосування рекомендується для промисловості та будівництва. Mehrbereichsfett LM 1 EP розроблене

для змащування підшипників кочення та ковзання, що експлуатуються в розширеному діапазоні температур і за підвищених навантажень на підшипники. Також мастило призначене для підшипників коліс транспортних засобів, до яких висуваються підвищені вимоги стосовно термостійкості мастила.

Рекомендується також для безперервного змащування підшипників кочення в електричних приводах. Діапазон температур використання: від мінус 30 до 130 °C, короткочасно до 140 °C.

Всесезонне ПМ ADDINOL Mehrbereichsfett LM 1 EP – це літієве мастило на мінеральній основі, леговане протизношувальними (EP) присадками та інгібіторами проти корозії та старіння. Мастило характеризується високою стійкістю до старіння, корозії та окиснення, розширеним температурним діапазоном застосування, ефективними протизадирними властивостями, тривалим терміном служби.

Маркування ПМ Mehrbereichsfett LM 1 EP за ISO 12924 буде наступним: ISO-L-X C(L)CEB1:

- ISO – міжнародний стандарт ISO;
- L – клас: мастильні матеріали, індустріальні оливи та споріднені продукти (табл. 3.3);
- X – група: пластичні мастила;
- C(L) – найнижча температура використання ПМ становить мінус 30 °C, визначена за критерієм пускового та робочого крутного моменту за ASTM D 1478, про що свідчить літера L в дужках (табл. 4);
- C – найвища температура застосування ПМ становить 120 °C (табл. 3.5);
- E – висока водостійкість і ефективні антикорозійні властивості (табл. 3.6);
- B – ефективні трибологічні характеристики ПМ за високих навантажень через протизадирні присадки у складі (табл.3.7);
- 1 – відповідає категорії консистенції NLGI 1 (табл. 4.1).

4.3. Система класифікації DIN

Німецький інститут зі стандартизації (нім. Deutsches Institut für Normung (DIN) – національна організація Німеччини з розробки стандартів. Членами DIN є різні підприємства, спілки, державні організації, торговельні фірми та наукові інститути, що накопичили значний досвід у розробках нормативних документів.

Головним завданням DIN є розроблення нормативно-технічної документації (стандарти, технічні умови, правила тощо). Інтенсивна робота німецьких експертів в сфері міжнародної стандартизації та нормування зробила DIN одним із загально-визнаних світових лідерів з розроблення стандартів та інших нормативних документів. Усього в DIN входять 74 нормативні комітети, що займаються розробленням стандартів та іншою документацією.

Німецький стандарт DIN 51502 закріпив єдину систему позначення та ідентифікації ММ. Уніфікована класифікація мастил за типом, застосуванням, консистенцією, водостійкістю, максимальною та мінімальною експлуатаційною температурою, типом присадок, що додані в консистентне мастило, дозволяє швидко та легко підібрати мастило для конкретних умов використання відповідного механізму, розшифрувавши усі характеристики за позначенням згідно з маркуванням. Стандарт встановлює класифікацію мастил залежно від галузей застосування, типу дисперсійного середовища, наявності в них протизношувальних і антифрикційних присадок, наповнювачів, а також враховує їх водостійкість і температурний діапазон застосування.

Стандарт DIN 51825:2004 «Мастила. Мастила густі типу К. Класифікація та вимоги (Lubricants – Lubricating Greases K – Classification And Requirements) застосовується до ПМ, що відповідають від 0 до 4 категорії консистенції за класифікацією NLGI (табл. 4.1) та призначені для змащування роликів підшипників кочення та ковзання, поверхонь ковзання. **Позначення мастил за стандартами DIN 51502, DIN 51825 включає п'ять груп символів з літер та цифр:**

– **перша** – позначається однією або двома літерами та вказує на галузь застосування мастила (табл. 4.8);

– **друга** – позначається однією або декількома літерами та вказує на наявність в мастилі присадок і наповнювачів (табл. 4.9) та тип синтетичної основи (мастило на основі мінеральної оливи не має символу) (табл. 4.10);

- **третья** – цифровий код (від 000 до 6), що несе інформацію про відповідність мастила певній категорії консистенції за класифікацією NLGI (табл. 4.1);

Таблиця 4.8

Позначення пластичних мастил відповідно до їх застосування

Тип пластичного мастила відповідно до типу вузла тертя	Позначення літерою
Пластичні мастила для роликів підшипників кочення, підшипників ковзання, поверхонь ковзання за стандартом DIN 51825	К ¹⁾
Пластичні мастила для закритих приводів за стандартом DIN 51826	G
Пластичні мастила для відкритих приводів, зубчастих приводів (адгезивні мастила без бітуму)	OG
Пластичні мастила для підшипників ковзання і ущільнювачів ²⁾	M
¹⁾ за стандартом ISO/TR 3498 використовується XM замість характерної літери К	
²⁾ більш легкі вимоги, ніж для пластичних мастил К	

Таблиця 4.9

Додаткове позначення літерою для пластичних мастил за стандартами DIN 51502, DIN 51825 / 51826

Додаткове позначення літерою	Тип мастил
F	Для мастил з твердими додатками (графіт, дисульфід молібдену тощо)
L	Для мастил з активними речовинами, призначеними для підвищення антикорозійних властивостей та/або стабільності проти окиснення
P	Для мастил з антифрикційними та протизношувальними присадками для зниження тертя і зношування в умовах змішаного режиму змащування під час експлуатації та/або для підвищення гранично допустимого навантаження

- **четверта** – символ з літери, що позначає верхню температурну межу працездатності мастила та його водостійкість за контрольної температури (табл. 4.11);

Таблиця 4.10

**Маркування мастил на синтетичній
або напівсинтетичній основі додатковою літерою**

Тип синтетичної або напівсинтетичної основи пластичного мастила	Позначення літерою
Поліефірна базова олива	E
Фторвуглеводнева базова олива	FK
Синтетична вуглеводнева базова олива	HC
Базова олива на основі ефірів фосфорної кислоти	PH
Полігліколева базова олива	PG
Силіконова базова олива	SI
Інші типи базових олив	X

Таблиця 4.11

Додаткові позначення літерою за стандартом DIN 51825/51826

Додаткова літера	Верхня робоча температура ¹⁾	Водостійкість за DIN 51807, ч. 1. Ступінь оцінки за DIN 51807 ²⁾
C	60 °C	0–40 або 1–40
D		2–40 або 3–40
E	80 °C	0–40 або 1–40
F		2–40 або 3–40
G	100 °C	0–90 або 1–90
H		2–90 або 3–90
K	120 °C	0–90 або 1–90
M		2–90 або 3–90
N	140 °C	За домовленістю (немає вимог)
P	160 °C	
R	180 °C	
S	200 °C	
T	220 °C	
U	Вище 220 °C	
¹⁾ «Верхня робоча температура» для постійного змащування відповідає максимальній контрольній температурі за випробуваннями згідно з DIN 51806, ч.2 та/або DIN 51821, ч.2 якщо ходове випробування виконано		
²⁾ 0 – нема змін; 1 – незначні зміни; 2 – значні зміни; 3 – сильні зміни.		

- **п'ята** – цифровий символ, що позначає нижню температурну межу працездатності мастила (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

Додаткові числа при маркуванні ПМ за стандартами DIN 51502, DIN 51825 / 51826

Додатковий індекс	Мінімальна експлуатаційна температура
-10	мінус 10 °C
-20	мінус 20 °C
-30	мінус 30 °C
-40	мінус 40 °C
-50	мінус 50 °C
-60	мінус 60 °C

Пластичні мастила також позначаються **геометричним символом**: символом ПМ на мінеральній є трикутник, на синтетичній основі – ромб.

Приклад позначення мастил за стандартами DIN 51502, DIN 51825/51826.

Мастило LM 47 Langzeitfett з дисульфідом молібдену MoS₂.

Темно-сіре мастило другого класу NLGI для первинного та регулярного змащування високонавантажених деталей автомобілів, інструментів, механізмів та сільськогосподарських машин. Рекомендується для підшипників кочення і ковзання, шліцьових валів, шарнірів рівних кутових швидкостей, що використовуються у приводах ведучих коліс самохідної техніки. Мастило добре сприймає високі ударні навантаження і швидкості обертання, стійке до впливу води. Температурний діапазон використання мастила – від мінус 30 °C до 120 °C.

Пластичне мастило LM 47 Langzeitfett + MoS₂ відповідає стандарту DIN 51502: KPF2K-30 (рис. 4.3).

Мастило Thermoflex Spezialfett.

Світло-бежеве мастило другого класу NLGI для високонавантажених підшипників, направляючих, редукторів, зокрема й таких, що працюють на високих обертах. Мастило рекомендоване для змащення комбінованих пар тертя, наприклад: метал-пластик. Мастило характеризується надзвичайною стійкістю до окиснення

і високим терміном служби, стійкістю до впливу води і низьких температур. Температурний діапазон використання від мінус 50 °С до 140 °С. Відповідає стандарту DIN 51 502: КНС2N-50 (рис. 4.4).

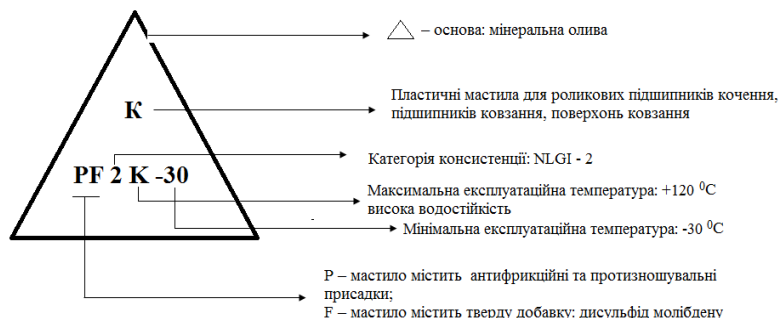


Рис. 4.3. Приклад маркування пластичного мастила на мінеральній основі за стандартом DIN 51502

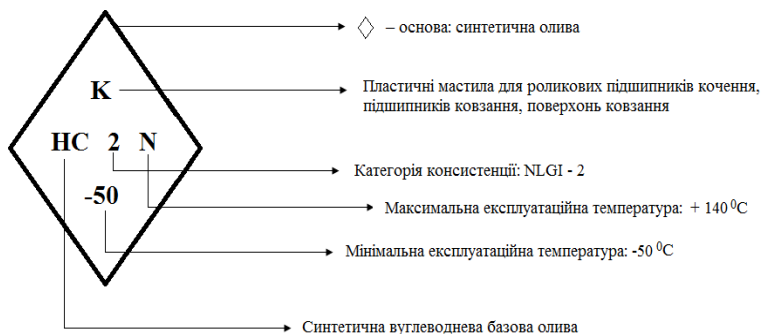


Рис. 4.4. Приклад маркування пластичного мастила на синтетичній основі за стандартом DIN 51502

4.4. Система класифікації ДСТУ

Державний стандарт ДСТУ 4226 «Мастильні матеріали, індустріальні оливи та споріднені продукти (клас L). Класифікація.

Група Х (мастила) (ISO 6743-9:1987, MOD). Стандарт поширюється на ПМ та встановлює їх найменування та позначення.

Загальні вимоги до найменування мастил:

- найменування ПМ повинно складатися з одного слова;
- для різних модифікацій одного мастила, додатково до найменування допускається використовувати цифрові індекси або позначення літерами;
- не допускається привласнення серійних найменувань, що відрізняються тільки цифровим або буквеним індексом, мастилам різного складу й призначення;
- допускається під час розроблення нормативно-технічної документації на заміщення діючого мастила в дужках вказувати у вступній частині документації старе найменування мастила;
- найменування ПМ вказується в нормативно-технічній та інших видах документації на мастила;
- найменування ПМ використовують для позначення продукції під час замовлення та під час внесення у конструкторську та технологічну документацію.

Маркування мастил.

Позначення ПМ коротко характеризує його призначення, склад і властивості. **Позначення складається з п'яти груп індексів з літер та цифр**, розташованих в наступному порядку:

- **перша** – позначається великою літерою кирилиці (табл. 4.13, 4 колонка) і вказує на групу (підгрупу) відповідно до призначення мастила;
- **друга** – позначається літерами кирилиці відповідно до індексів, наведених в таблиці 4.14, і вказує тип загусника;
- **третя** – позначається дробом (в чисельнику та знаменнику – цілі числа) та зазначає рекомендований (умовний) температурний інтервал застосування мастила;
- **четверта** – позначається малими літерами кирилиці відповідно до індексів, наведених у таблиці 4.15, та вказує тип дисперсійного середовища і наявність твердих додатків;
- **п'ята** – позначається арабськими цифрами відповідно до таблиці 4.16 та вказує клас консистенції мастила.

Нижче наведено більш детальний опис маркування мастил кожної зазначеної групи індексів.

На першому місці при позначенні ПМ вказується його призначення. За цією ознакою мастила поділяють на чотири групи (табл. 4.13):

- **антифрикційні** – для зниження зношування та тертя ковзання сполучених деталей;
- **консерваційні** – для запобігання корозії металевих виробів і механізмів під час зберігання, транспортування та експлуатації;
- **канатні** – для запобігання корозії і зношування сталевих канатів;
- **ущільнювальні** – для герметизації щілин, полегшення збирання і розбирання арматури; сальникових пристроїв; різьбових, роз'ємних і рухомих з'єднань будь-яких, зокрема, вакуумних систем.

Найбільш велика група мастил – антифрикційні. Більшість мастил, що застосовуються у вузлах тертя транспортних засобів, відносяться до цієї групи.

На другому місці в позначенні вказують тип загусника.

Комплексне мило позначають малою літерою «к», після якої вказують індекс відповідного мила (кКа, кБа і т.д.).

Суміш двох і більше загусників позначають складеним індексом (Ка-На, Лі-Бн, Си-Пг і т.д.). На першому місці ставлять індекс загусника, що входить до складу мастила в більший концентрації.

Таблиця 4.13

Класифікація пластичних мастил залежно від їх призначення

Група	Основне призначення	Підгрупа	Індекс	Застосування
Антифрикційні	Призначені для зниження зношування та тертя ковзання сполучених деталей	Загального призначення для звичайних температур (солідоли)	С	Вузли тертя з робочою температурою до 70 °С
		Загального призначення для підвищених температур	О	Вузли тертя з робочою температурою до 110 °С

Продовження таблиці 4.13

Група	Основне призначення	Підгрупа	Індекс	Застосування
		Багатоцільові	М	Вузли тертя з робочою температурою від мінус 30 до 130 °С в умовах підвищеної вологості середовища. У досить потужних механізмах зберігають працездатність до мінус 40 °С і нижче
		Термостійкі	Ж	Вузли тертя з робочою температурою 150 °С і вище
		Морозостійкі	И	Вузли тертя з робочою температурою мінус 0 °С і нижче
		Протизадирні та протизношувальні	И	Підшипники кочення за контактних навантажень вище 2500 МПа (25000 кгс/см ²) і підшипники ковзання за питомих навантажень вище 150 МПа (1500 кгс/см ²). Містять протизадирні присадки або тверді добавки
		Хімічно стійкі	Х	Вузли тертя, що контактують з агресивними середовищами (кислотами, лугами, галогенами та їх сполуками, амінами, вуглеводнями тощо)

Продовження таблиці 4.13

		Приладові	П	Вузли тертя приладів і точних механізмів
		Редукторні (трансмійні)	Т	Зубчасті та гвинтові передачі всіх видів
		Припрацьовувальні (дисульфідмолібденові, графітні та інші пасти)	Д	Сполучні поверхні з метою полегшення складання, запобігання – задирів і прискорення припрацювання
		Вузькоспеціалізовані (галузеві)	У	Вузли тертя, змащування для яких повинні відповідати додаткові вимоги, не передбачені в перерахованих вище підгрупах (прокачуваність, емульгованість, іскрогасіння тощо). Для переважного застосування в окремих галузях техніки (автомобільній, залізничній, індустріальній тощо)
		Брикетні	Б	Вузли та поверхні ковзання з пристроями для використання мастила у вигляді брикетів
Консерваційні	Призначені для запобігання корозії металевих виробів і механізмів під час зберігання, транспортування та експлуатації		3	Металеві вироби та механізми всіх видів, за винятком сталевих канатів і випадків, що вимагають використання консерваційних олив або твердих покриттів

Завершення таблиці 4.13

Канатні	Призначені для запобігання зношування і корозії сталевих канатів		К	Сталеві канати та троси, органічні сердечники сталевих канатів
Ущільнювальні	Призначені для герметизації щілин, полегшення збирання і розбирання арматури; сальникових пристроїв; різьбових, роз'ємних і рухомих будьяких з'єднань, зокрема, вакуумних систем	Арматурні	А	Запірна арматура та сальникові пристрої
		Різьбові	Р	різьбові з'єднання
		Вакуумні	В	Рухливі та роз'ємні з'єднання, ущільнення вакуумних систем
Примітка: мастило, що відноситься одночасно до двох або більше груп (підгруп), відносять до тієї групи (підгрупи), що є найтипівішою для його використання.				

Індекси М, О, Н застосовують тільки в тих випадках, коли загусник, що входить в одну з трьох груп (мила, органічні речовини, неорганічні речовини), не передбачений переліком, наведеним у таблиці 4.14.

На третьому місці при позначенні ПМ вказується його рекомендований температурний інтервал застосування:

- за мінімальну температуру використання мастила приймають температуру, за якої в'язкість мастила, визначена за ГОСТ 7163 «Нефтепродукты. Метод определения вязкости автоматическим капиллярным вискозиметром», становить 2000 Па·с (2000 П). Для припрацьовуючих, вузькоспеціалізованих, брикетних, консерваційних, канатних, різьбових мастил за мінімальну температуру приймають температуру, рекомендовану технічною документацією на мастило;

- за **максимальну температуру використання** приймають температуру, рекомендовану технічною документацією на мастило;

- температурний інтервал застосування мастила позначають округлено до 10 °С дробом. **Мінімальну та максимальну темпе-**

ратури зменшують в 10 разів. У чисельнику вказують (без знаку мінус) зменшену в 10 разів мінімальну температуру використання мастила, у знаменнику зазначають (без знаку плюс) зменшену в 10 разів максимальну температуру використання мастила).

Таблиця 4.14

Позначення типу загусника при маркуванні пластичних мастил

Загусник	Індекс
Мило	М
Алюмінієве	Ал
Барієве	Ба
Кальцієве	Ка
Літієве	Лі
Натрієве	На
Свинцеве	Св
Цинкове	Цн
Комплексне	кМ
Суміш мил	М1 - М2
Вуглеводні тверді	Т
Органічні речовини	О
Пігменти	Пг
Полімери	Пм
Уреати	Ур
Фторвуглеці	Фу
Неорганічні речовини	Н
Глини (бентонітові тощо)	Бн
Сажа	Сж
Силікагель	Си

Наприклад, індекс «3/12» відповідає температурному інтервалу **застосування мастила** від мінус 30 до плюс 120 °С.

Рекомендований температурний інтервал застосування має орієнтовний характер, оскільки допустимі температури застосування залежать не тільки від властивостей мастила, а й від конструкції та умов роботи (швидкості, навантаження, терміну зміни мастила) змащуваного вузла тертя, механізму тощо.

На четвертому місці при позначенні ПМ вказується тип дисперсійного середовища та наявність твердих додатків.

Суміш двох і більше олив позначають складеним індексом («нк», «уе» тощо). На першому місці ставлять індекс оливи, що

входить до складу дисперсійного середовища в більшій концентрації.

Індекс «п» застосовують в тих випадках, коли до складу дисперсійного середовища входить синтетична або інша олива, не передбачена переліком таблиці 4.15.

При виготовленні мастила на нафтовій оліві індекс «н» не вказують. Він використовується тільки під час виготовлення мастила на суміші нафтової та будь-якої іншої олії.

За наявності в мастилі твердих додатків відповідний індекс за таблицею 4.15 вказують через тире після індексу температурного інтервалу або індексу дисперсійного середовища.

Таблиця 4.15

Індекси позначення типу дисперсійного середовища твердих добавок при маркуванні пластичних мастил

Дисперсійне середовище	Індекс
Нафтова олива	Н
Синтетичні вуглеводні (алкілароматичні,	У
Кремнійорганічні рідини	К
Складні ефіри (естери)	Э
Галогенвуглецеві (галогенкарбонові) рідини	Ж
Фторсилоксани	Ф
Перфторалкілполіефіри	А
Інші олії та рідини	П
Тверді добавки	
Графіт	Г
Дисульфід молібдену	Д
Порошки:	
Свинцю	С
Міді	М
Цинку	Ц
Інші тверді добавки	Т

На п'ятому місці при позначенні ПМ вказується індекс класу консистенції мастила, що аналогічний категорії ступеня консистенції мастила за NLGI (табл. 4.16).

Мастила з проміжним показником пенетрації між класами за консистенцією, зазначеними у таблиці 4.16, відносять до найближчого індексу класу консистенції. Якщо індекс консистенції

позначається відразу після цифрового індексу температурного інтервалу, перед ним ставлять тире.

Мастила класу пенетрації 000 і 00 є аналогами дуже густої оливи і застосовуються для змащування, наприклад, підшипників найменших діаметрів. Мастило класу пенетрації 7 аналогічне милу та застосовується для змащування, наприклад, сідельного пристрою тягачів.

Таблиця 4.16

Індекс класу консистенції пластичних масил

Пенетрація за температури 25 °С	Індекс класу консистенції	Пенетрація за температури 25 °С	Індекс класу консистенції
445–475	000	220–250	3
400–430	00	175–205	4
355–385	0	130–160	5
310–40	1	85–115	6
265–295	2	Нижче 70	7

Приклади позначень ПМ згідно з вимогами ДСТУ 4226.

Мастило Mostela ЛІТОЛ-24 – антифрикційне багатоцільове водостійке мастило, з ефективними захисними властивостями, широко використовується для змащування вузлів тертя промислового устаткування, колісних і гусеничних транспортних засобів, суднових механізмів різного призначення. Може також використовуватися в електромашинах, сільськогосподарській, дорожньо-будівельній, гірничій техніці. Мастило Літол-24 надійно працює в широкому інтервалі швидкостей, навантажень і температур у межах від мінус 40 до 120 °С. Хімічно стабільне мастило.

Мастило виготовляють загущенням суміші мінеральних олив літєвими милами технічної 12-оксистеаринової кислоти з додаванням присадок.

Позначення мастила Літол-24 за ДСТУ 4226: МЛі 4/12-3. Літера «М» означає багатоцільове мастило; «Лі» – загущене літєвим милом; «4/12» – призначене для застосування за температур від мінус 40 до 120 °С; відсутність індексу дисперсійного середовища – приготовлене на нафтовій оливі; «3» – пенетрація 220–250 за температури 25 °С.

Мастило Солідол жировий KSM Protec застосовується для змащування усіх видів вузлів тертя в механізмах і транспортних засобах, особливо сільськогосподарській техніці, тихохідних шестеренних редукторів, ручному інструменті, гвинтових і ланцюгових передачах, у підшипниках, шарнірах тощо.

Експлуатаційна температура застосування мастила становить від мінус 25 до 60 °С.

Мастило Солідол жировий KSM Protec є ПМ, що одержують загущенням індустриальних олив середньої в'язкості кальцієвими милами вищих жирних кислот.

За зовнішнім виглядом мастило Солідол жировий – це однорідна за консистенцією мазь від світло-жовтого до темно-коричневого кольору. Мастило характеризується ефективними протизадирними властивостями, високою механічною стійкістю та колоїдною стабільністю, не підлягає ущільненню під час тривалого зберігання.

Позначення мастила Солідол Жировий KSM Protec за ДСТУ 4226 СКа 3/6-2. Літера «С» позначає мастило загального призначення для звичайних температур (солідол); «Ка» – загущене кальцієвим милом; «3/6» – призначене для застосування за температур від мінус 30 до 60 °С (в'язкість мастила за температури мінус 30 °С близька до 2000 Па·с (20000 П); відсутність індексу дисперсійного середовища – приготовлене на нафтовій оливі; «2» – penetрація 265–295 за температури 25 °С.

Позначення інших типів мастил за ДСТУ 4226:

Мастило УНа 3/12 е3 – літера «У» позначає вузькоспеціалізоване мастило; «На» – загущене натрієвим милом; «3/12» – призначене для застосування за температур від мінус 30 до 120 °С; «е» – виготовлене на складному ефірі; «3» – penetрація 220–250 за температури 25 °С.

Мастило КТ 6/5 к-г 4 – літера «К» позначає канатне мастило; «Т» – загущене твердими вуглеводнями; «6/5» – призначене для застосування за температур від мінус 60 до 50 °С; «к» – виготовлене на кремнійорганічній рідині; «г» (після тире) – містить твердий додаток графіт; «4» – penetрація 175–205 за температури 25 °С.

Мастило АЦн 0/4 п7 – літера «А» позначає арматурне мастило; «Цн» – загущене цинковим милом; «0/4» – призначене для застосування за температур від 0 до 40 °С; «п» – виготовлене на оливі, тип якої не передбачений переліком таблиці 15; «7» – пенетрація нижче 70 за температури 25 °С.

Позначення мастила вказують у вступній частині нормативно-технічної документації на ПМ.

Поряд з позначенням мастила у нормативно-технічній документації вказують необхідні відомості про його склад, призначення й нормовані показники.

Питання для самостійної роботи

1. У чому полягає класифікація мастил розроблена американським національним інститутом пластичних мастил (National Lubricating Grease Institute – NLGI)?

2. Опишіть систему класифікації мастил за ISO.

3. Опишіть систему класифікації мастил за DIN.

4. Опишіть систему класифікації мастил за ДСТУ 4226.

5. Як позначають тип загусника під час маркування пластичних мастил згідно ДСТУ 4226?

6. У чому полягає класифікація пластичних мастил залежно від їх призначення ?

РОЗДІЛ 5

АСОРТИМЕНТ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ

Працездатність та ефективність техніки залежать від їх забезпеченості високоефективними ММ (оливами, мастилами, МОТЗ і інші). Виготовлення високотехнологічних та високоефективних промислових і автомобільних ММ є одним з першочергових завдань для підвищення надійності машин і механізмів. Зокрема, автомобільна, металургійна, нафтогазовидобувна, авіаційна та інші галузі промисловості потребують високоякісних мастил.

Основним призначенням мастил є забезпечення зниження тертя й зношування деталей, збільшення терміну служби обладнання та періоду між обслуговуванням транспортних засобів і промислового обладнання.

5.1. Мастила загального призначення для помірних температур

Мастило Солідол синтетичний (Солідол С) (ГОСТ 4366 «Смазка солидол синтетический. Технические условия»), що натеper не продукують, – суміш олив кислотнo-лужного (70 %) і селективного (30 %) очищення, загущена кальцієвими милами кубових залишків синтетичних жирних кислот (СЖК) (С₂₀ і вище) та низькомолекулярних СЖК (С₅–С₆). Мастило Солідол С характеризується водостійкістю, колоїдною стабільністю, захисними властивостями. Для мастила характерні вузький діапазон робочих температур і низька механічна стабільність. Мастило працездатне в температурному діапазоні від мінус 30 до 65 °С, у потужних механізмах (підшипники, шарніри, блоки тощо) – від мінус 50 °С (табл. 5.1).

Мастило використовується у відносно грубих вузлах тертя механізмів і машин, транспортних засобів, сільськогосподарської техніки; ручному та іншому інструментах, шарнірах, гвинтових і ланцюгових передачах, тихохідних шестерних редукторах тощо.

Таблиця 5.1

Технічні характеристики мастила Солідол С

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь без грудок коричневого кольору
В'язкість ефективна за температури 0 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10 с ⁻¹ , Па·с (П), не більше	190 (1900)
Пенетрація за температури 25 °С з перемішуванням (60 подвійних тактів), мм·10 ⁻¹ , у межах	260–310
Межа міцності на зсув за температури 50 °С, Па (гс/см ²), не менше	200–500 (2,0–5,0)
Механічна стабільність, %, не більше	
- індекс руйнування (Кр)	85
- індекс тиксотропного відновлення (Кв) через 1 добу	500

Маркування мастила Солідол С:

- за ДСТУ 4226: СКа 3/7-2.
- за класифікацією NLGI 1, 2;
- за класифікацією DIN 51502: K1C-25, K2C-25.

Мастило Солідол-Ж (жировий солідол) (ГОСТ 1033 «Смазка солидол жировой. Технические условия») – це гідратоване кальцієве мастило. Мастило виготовляють з вилуженої індустріальної оливи марки 20В (або індустріальної оливи загального призначення марки І-20А (ГОСТ 20799 «Масла индустриальные. Технические условия»), або суміші індустріальних олив марок І-20А і І-40А (за ГОСТ 20799) з кінематичною в'язкістю за температури 50 °С 18–33 сСт) загущенням гідратованими кальцієвими милами жирних кислот, що входять до складу природних жирів (бавовняної оливи, саломасу та інших). Солідол-Ж характеризується високою водостійкістю й ефективними консерваційними та антикорозійними властивостями. Рекомендовано наносити Солідол-Ж на деталі машин і механізмів не розплавляючи

мастило, оскільки під час розплавлення (вище 80–90 °С) мастило безповоротно розшаровується. Температурний інтервал застосування від мінус 25 до 65 °С (табл. 5.2).

Мастило Солідол-Ж призначене для відносно грубих вузлів тертя машин і механізмів, транспортних засобів, сільськогосподарської техніки, ручного та іншого інструментів, шарнірів, гвинтових і ланцюгових передач тихохідних шестерних редукторів. В автомобільній практиці Солідол-Ж застосовується для грубих незахищених вузлів тертя, де не вимагається широкий інтервал робочих температур. У доволі потужних механізмах (підшипники, шарніри, блоки тощо) мастило працездатне за температур до мінус 50 °С. Можна рекомендувати Солідол-Ж для тривалої консервації запасних частин, зовнішніх поверхонь механізмів, що зберігаються на відкритому повітрі. Солідол-Ж, як і синтетичний солідол, має низьку механічну стабільність, але на відміну від синтетичного солідолу, Солідол Ж менше піддається ущільненню під час зберігання.

Таблиця 5.2

Технічні характеристики мастила Солідол-Ж (жировий солідол)

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь без грудок від світло-жовтого до темно-коричневого кольору
Температура краплепадіння, °С, не нижче	78
В'язкість ефективна за температури 0 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10 с ⁻¹ , Па·с (П), не більше	250 (2500)
Пенетрація за температури 25 °С з перемішуванням (60 подвійних тактів), мм·10 ⁻¹ , в межах	230–290
Межа міцності на зсув за температури 50 °С, Па (гс/см ²), не менше	196 (2,0)
Масова частка кальцієвих мил жирних кислот, що входять до складу природних жирів, %, не менше	11,0

Маркування мастила жировий солідол:

- за ДСТУ 4226: Солідол Ж-СКа 2/6-2.

- за класифікацією NLGI 2, 3;

- за класифікацією DIN 51502: К 2/3 С-25. Закордонні аналоги

Солідолу жирового: Retinax C, Unedo 2,3, (Phodine R1.2) (SHELL) Mobilgrease AA 2,3 (Mobil Oil Corp.) Estan 2 (Exxon Co.) Energrease G2.

Мастило графітне (мастило УСсА) (ГОСТ 3333 «Смазка графитная. Технические условия») – являє собою комбінацію високов'язкої нафтової оливи, загущеної кальцієвим милом з додаванням 10 % графіту. Температурний інтервал застосування від мінус 20 до плюс 60 °С. Допускається застосовувати мастило за температур нижче мінус 20 °С у ресорах і аналогічних пристроях (табл. 5.3).

Мастило графітне – це антифрикційне мастило загального призначення, що використовується за помірних температур. Призначене для змащування важконавантажених механізмів (відкритих шестерних передач, різьбових з'єднань, ходових гвинтів, домкратів, ресор тощо), для яких збільшення опору під дією мастила не має значення.

Таблиця 5.3

Технічні характеристики мастила графітного

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь від темно-коричневого до чорного кольору
Температура краплепадіння, °С, не нижче	77
В'язкість за температури 0 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10с^{-1} , Па·с (П),	100 (1000)
Пенетрація за температури 25 °С з перемішуванням (60 подвійних тактів), $\text{мм} \cdot 10^{-1}$, не менше	250
Межа міцності на зсув за температури 50 °С, Па ($\text{гс}/\text{см}^2$), не менше	100 (1,0)
Колоїдна стабільність, % виділеної оливи, не більше	5,0

Маркування мастила графітного:

- за ДСТУ 4226: СКа 2/6-ГЗ;
- за класифікацією NLGI 3;
- за класифікацією DIN 51502: KF3C-20.

Закордонні аналоги мастила графітного: Barbatia 4 (SHELL), Energrease C3-Y (British Petroleum Co.), Mobilgrease Graphited 3 (Mobil Oil Corp.).

5.2. Мастила загального призначення для підвищених температур

Мастила цієї групи призначені для застосування за температур від мінус 30 до 110 °С у різноманітних вузлах тертя – в підшипниках кочення й ковзання, в шарнірах, опорах тощо. У даний час вони почали витіснятися багатоцільовими мастилами з кращими експлуатаційними властивостями.

Мастило 1-13 (ТУ 38.5901257-90) – суміш нафтових олив низької та середньої в'язкості, загущена натрієвим і кальцієвим милами жирних кислот рицинової олії. Водостійкість мастила 1-13 низька, у разі контакту з водою воно емульгується й розчиняється у воді. Під час контакту з вологим повітрям, поверхневий шар мастила 1-13 може обводнюватись, що призводить до зниження його експлуатаційних властивостей. Мастило 1-13 застосовують для вузлів тертя кочення і ковзання механізмів і машин, що працюють за температур від мінус 20 до 110 °С. Переважно мастило 1-13 застосовується для підшипників електродвигунів (за температур до 80–90 °С), ступиць коліс автомобілів та інших аналогічних вузлів тертя. У досить потужних механізмах мастило зберігає працездатність за температури мінус 40 °С (табл. 5.4).

У зв'язку з масовим застосуванням у промисловості багатоцільових мастил типу Літол-24 сфери використання мастила 1-13 поступово звужуються.

Маркування мастила 1-13:

- за ДСТУ 4226: ОНа-Ка 2/11-3.
- за класифікацією NLGI 3, 4;
- за класифікацією DIN 51502: К 3/4 Н-20.

Мастило Консталін (ГОСТ 1957 «Смазка консталін. Технические условия») – циліндрова олива, загущена натрієвими милами жирних кислот рицинової олії.

Таблиця 5.4

Технічні характеристики мастила 1-13

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь від світло-коричневого до темно-коричневого кольору
Температура краплепадіння, °С, не нижче	120
Пенетрація за температури 25 °С з перемішуванням (60 подвійних тактів), мм·10 ⁻¹ , в межах	180–250
Межа міцності на зсув за температури 80 °С, Па, не менше	150
Колоїдна стабільність, % виділеної оливи, не більше	20,0

Встановлюють дві марки консталіну:

консталін-1 – (кінематична в’язкість за температури 50 °С мінеральної оливи, що входить в мастило, 19–45 сСт);

консталін-2 – (кінематична в’язкість за температури 50 °С мінеральної оливи, що входить в мастило, 19–53 сСт).

Основні експлуатаційні характеристики мастила консталін: низька водостійкість, під час контакту з водою емульгується та розчиняється в ній. Працездатне за температури від мінус 20 до 110 °С (табл. 5.5).

Застосовується у вузлах тертя вентиляторів ливарних машин, доменних і цементних печей, підшипників кочення на залізничному транспорті тощо.

Таблиця 5.5

Технічні характеристики мастила консталін

Найменування показника	Значення для марок	
	консталін-1	консталін-2
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь без грудок, від світло-жовтого до темно-коричневого кольору	
Температура краплепадіння, °С, не нижче	130	150
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , умежах	225–275	175–225
Межа міцності на зсув за температури 80 °С, Па, не менше	150	
Колоїдна стабільність, % виділеної оливи, не більше	20,0	

Маркування мастила консталін:

- за ДСТУ 4226: консталін-1 - ONa2/11-3;
- консталін-2 – ONa2/11-4.
- за класифікацією NLGI 3, 4;
- за класифікацією DIN 51502: К 3/4 Н-20.

5.3. Багатоцільові мастила

Багатоцільові мастила (Multi-purpose Greases) – універсальні багатофункціональні мастила, що можуть використовуватися у всіх основних вузлах тертя різного устаткування і механізмів (підшипники кочення, ковзання, шарніри, зубчасті й ланцюгові передачі тощо). Багатоцільові мастила виконують кілька функцій одночасно: підвищують ефективність механізмів; зменшують зношування деталей; захищають фрикційні вузли від корозії; подовжують термін служби пристроїв.

Вони зазвичай складаються з трьох компонентів:

- базова олива, переважно – нафтова;

- загусники – літєві, кальцієві, натрієві мила тощо;
- набір модифікаторів, додатків і присадок.

Ці ММ характеризуються високими зношувальностійкими властивостями, є водонепроникними і працюють на самих різних швидкостях, температурах і навантаженнях.

Однак не є необхідністю вважати, що багатоцільові мастила придатні для заміни антифрикційних масил всіх типів, зокрема, таких спеціалізованих масил, як хімічно-стійких (стабільні в агресивних середовищах), морозостійких або приладових. Але майже усі мастила загального призначення типу солідол призначені для підвищених температур (натрієві, натрієво-кальцієві, літєві), деякі індустріальні, майже всі автомобільні мастила та багато інших можуть бути замінені багатоцільовими. Цьому сприяє водостійкість багатоцільових масил (вони нерозчинні навіть у киплячій воді) та їх ефективні консерваційні властивості.

Розглянемо найбільш поширені багатоцільові мастила.

Літол-24, Літол-24РК (ДСТУ ГОСТ 21150 «Мастило Літол-24. Технічні умови») – виготовляють загущенням суміші мінеральних олив (у разі виготовлення Літолу-24 на суміші олив І-50А і веретенної оливи АУ до складу мастила додають в'язкісну присадку – поліізобутилен П-20) літєвими милами технічної 12-оксистеаринової кислоти з додаванням присадок.

Мастила Літол-24 та Літол-24РК – антифрикційні багатоцільові водостійкі мастила, призначені для застосування у вузлах тертя колісних і гусеничних транспортних засобів, промислового устаткування та суднових механізмів різного призначення, що працюють за температур від мінус 40 до 120 °С (короткочасно до 130 °С). Мастило Літол-24РК призначене також для їх консервації.

За фізико-хімічними показниками мастила повинні відповідати вимогам і нормам, наведеним у таблиці 5.6.

Маркування масил марки літол:

- за ДСТУ 4226: Літол-24-МЛі 4/12-3, Літол-24РК-МЛі 4/13-3;
- за класифікацією NLGI 3;
- за класифікацією DIN 51502: КЗК-40.

Таблиця 5.6

**Технічні характеристики багатоцільових мастил
Літол-24, Літол-24РК**

Найменування показника	Значення для марки	
	Літол-24	Літол-24РК
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь від світло-жовтого до коричневого кольору	Однорідна мазь від світло-коричневого до темно-коричневого кольору
Температура краплепадіння, °С, не нижче	185	180
Пенетрація за температури 25 °С з перемішуванням, мм·10 ⁻¹ , у межах	220–250	-
Ефективна в'язкість, Па·с (П):		
за температури мінус 20 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10 с ⁻¹ , не більше	650 (6500)	650 (6500)
за температури 0 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10 с ⁻¹ , не більше	280 (2800)	280 (2800)
за температури 50 °С і середньому градієнті швидкості деформації 100 с ⁻¹ , не менше	8 (80)	-
Межа міцності, Па (гс/см ²) за температури:		
– 20 °С, в межах	500–1000 (5,0–10,0)	400–1100 (4,5–11,0)
– 80 °С, не менше	200 (2,0)	150 (1,5)
Змащувальні властивості на чотирикульковій машині за температури (20 ± 5) °С, не менше:		
– навантаження зварювання P_c , Н (кгс)	1381 (141)	1381 (141)
– критичне навантаження P_k , Н (кгс)	617 (63)	617 (63)
– індекс задиру I_z , Н (кгс)	274 (28)	216 (22)
Механічна стабільність мастила, у межах:		
– межа міцності вихідної (незруйнованої) на розрив за температури 20 °С, Па (гс/см ²)	-	Від 500 до 1500 (від 5 до 15)
– індекс руйнування, %	-	Від 0 до 50
– індекс відновлення, %	-	±30
– межа міцності після руйнування або відновлення протягом трьох діб, Па (гс/см ²)	-	Від 200 до 2000 (від 2 до 20)

Масило ЛСЦ-15 (ТУ 38 УССР 201224) – суміш нафтових олив, загущена літєвим милом кислот гідрованої рицинової олії; містить антиокиснювальну, в'язкісну присадки та оксид цинку (до складу мастила додається 17 % оксиду цинку, що ефективно запобігає окисненню мастила). Має високу термічну, колоїдну, механічну та антиокиснювальну стабільність, характеризується ефективними консерваційними та адгезійними властивостями, високою водостійкістю; забезпечує повний ресурс роботи вузлів. Застосовується за температури від мінус 40 до 130 °С (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Технічні характеристики мастила ЛСЦ-15

Найменування показника	Значення
Температура краплепадіння, °С, не нижче	185
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	250–280
В'язкість при 0 °С і 10 с ⁻¹ , Па·с, не більше	280
Межа міцності, Па, за температури 20 °С, не менше	500
Колоїдна стабільність, %, не більше	15

Застосовують мастило ЛСЦ-15 у важелях вимикання зчеплення, шліцьових з'єднаннях, втулках педалі зчеплення, петлях дверей, механізмах склопідіймача, в шарнірах і осях приводів педалі газу, вузлах тертя промислового устаткування тощо.

Маркування мастила ЛСЦ-15:

- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: KF2N-40.

Масило ШРБ-4 (ТУ 38 УССР 201143) – нафтова олива, загущена комплексним барієвим милом кислот бавовняної олії, синтетичних жирних кислот, гідроксистеаринової та оцтової кислот; містить антиокиснювальну присадку. Характеризується високими протизадирними властивостями та водостійкістю. Масило волокнистої текстури. Не викликає набухання гумових ущільнень. Застосовується за температури від мінус 40 до 130 °С (табл. 5.8).

Використовується у кульових шарнірах передньої підвіски, наконечниках тяг рульового керування автомобілів (на весь термін служби).

Маркування мастила ШРБ-4:

- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: K2K-40.

Мастило ШРУС-4 (ТУ 38 УССР 201312) – мастило на нафтовій основі з використанням літєвого загусника, містить антикорозійну і антифрикційну присадки. Також є різновиди з додаванням дисульфиду молібдену, що надає композиції ефективні протизадирні властивості. Мастило має високу механічну та антиокиснювальну стабільність, низьку випаровуваність, характеризується ефективними протизношувальними та протизадирними характеристиками (табл. 5.9).

Таблиця 5.8

Технічні характеристики мастила ШРБ-4

Найменування показника	Значення
Загусник	к-Ва
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	265–295
Температура краплепадіння, °С, не нижче	200
Колоїдна стабільність, %, не більше	10
Межа міцності на зсув, Па, не менше: за температури 20 °С	200
Межа міцності на зсув, Па, у межах: за температури 80 °С	-
В'язкість ефективна за температури мінус 20 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹), Па·с, не більше	800 (мінус 20 °С)
Змашувальні властивості на чотирикульовій машині за температури (20±5) °С, не менше:	
P_c – навантаження зварювання P_c , Н	1960
P_k – критичне навантаження P_k , Н	588
I_3 – індекс задиру I_3 , Н	290

Таблиця 5.9

Технічні характеристики мастила ШРУС-4

Найменування показника	Значення
Загусник	Li
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	250–280
Температура краплепадіння, °С, не нижче	190
Колоїдна стабільність, %, не більше	16
Межа міцності на зсув, Па, у межах: за температури 20 °С	300–700
Межа міцності на зсув, Па: за температури 80 °С	не менше 150
В'язкість ефективна за температури мінус 30 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹), Па·с, не більше	1800
Змащуючі властивості на чотирикульковій машині за температури (20 ± 5) °С, не менше:	
P_c – навантаження зварювання P_c , Н	4900
P_k – критичне навантаження P_k , Н	1098
індекс задиру I_z , Н	559

Мастило ШРУС-4 застосовується для змащування шарнірів рівних кутових швидкостей передньо- і повнопривідних автомобілів, кулькових дворядних підшипників, що використовуються у вузлах ступиць автомобілів ВАЗ, ЗАЗ і АЗЛК.

Маркування мастила ШРУС-4:

- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: KPF2K-40.

Мастило Фіол-2У (ТУ У 23.2-00152365-175) – суміш нафтових олив, загущена літєвим милом, містить антиокиснювальну присадку та антифрикційний додаток (до 5 % дисульфід мольбдену). Основні експлуатаційні властивості: водостійке; високі механічна, колоїдна та антиокиснювальна стабільності; ефективні протизношувальні та протизадирні характеристики. Мастило застосовується за температури від мінус 40 до 120 °С (коротко-часно до 130 °С) (табл. 5.10).

Мастило Фіол-2У призначене для герметизованих голчастих підшипників і шліцьових з'єднань карданних передач автомобілів ВАЗ всіх модифікацій та іншої наземної техніки.

Таблиця 5.10

Технічні характеристики мастила Фіол-2У

Найменування показника	Значення
Загусник	Li + MoS ₂
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	255–295
Температура краплепадіння, °С, не нижче	185
Колоїдна стабільність, %, не більше	12
Межа міцності на зсув, Па, у межах: за температурами 20 °С	300–800
В'язкість ефективна за температури мінус 30 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹), Па·с, не більше	1800
Змащуючі властивості на чотирикульовій машині за температури (20 ± 5) °С, не менше:	
– навантаження зварювання P_c , Н	2450
– критичне навантаження P_k , Н	980
індекс задиру I_z , Н	470

Маркування мастила Фіол-2У:

- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: KPF2N-40.

Агрінол №158 (ТУ У 23.2-30802090-062) – нафтова олива, загущена літієво-калієвим милом кислот рицинової олії й каніфолі, містить антиокиснювальну присадку та індатрен. Основні експлуатаційні властивості: ефективна прокачуваність; відмінні антикорозійні властивості; високі механічна та антиокиснювальна стабільності; високі протизадирні властивості; задовільна водостійкість. Температурний діапазон застосування: від мінус 30 до 110 °С (табл. 5.11).

Мастило №158 застосовується для підшипників кочення електроустаткування автомобілів і тракторів, голчастих підшипників хрестовин карданних з'єднань, вузлів тертя пристроїв очищення вітрового скла легкових і вантажних автомобілів, комбайнів, тракторів та інших машин.

Маркування мастила №158:

- за класифікацією NLGI 1, 2;
- за класифікацією DIN 51502: KF1/2K-30.

Таблиця 5.11

Технічні характеристики мастила №158

Найменування показника	Значення
Загусник	K-Li
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	265–320
Температура краплепадіння, °С, не нижче	150
Колоїдна стабільність, %, не більше	18
Межа міцності на зсув, Па, не менше: за температури 50 С	160
В'язкість ефективна за температури 0 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹), Па·с, не більше	400
Змащуючі властивості на чотирикульковій машині за температури (20 ± 5) °С, не менше:	
– критичне навантаження P_k , Н	617

Мастило ДТ-1 (ТУ 38 УССР 20116) – рицинова олія, загущена натрієвим милом кислот рицинової олії, містить графіт та інші антифрикційні добавки. Не зумовлює набухання гумових виробів, характеризується високими протизношувальними і протизадирними властивостями, розчинне у воді. Застосовується в інтервалі температури від мінус 30 до 110 °С (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Технічні характеристики мастила ДТ-1

Найменування показника	Значення
Загусник	Na
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	315–345
Температура краплепадіння, °С, не нижче	110
Змащуючі властивості на чотирикульковій машині за температури (20 ± 5) °С, не менше:	
– навантаження зварювання P_c , Н	2764
– критичне навантаження P_k , Н	872
індекс задиру I_z , Н	42

Мастило ДТ-1 застосовується під час складання дискових гальм, головного циліндра гідроприводу зчеплення, регулятора

тиску гальм тощо; для деталей, що працюють у контакті гума/метал з гальмівною рідиною «Нева» або аналогічними рідинами.

Мастило ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267) – малов’язка нафтова олива, загущена літєвим милом з додаванням антиокиснювальної присадки. Основні експлуатаційні властивості: задовільна механічна стабільність; ефективні морозо- і водостійкість. Колоїдна стабільність ЦИАТИМ-201 низька: під час тривалого зберігання з мастила виділяється рідка олива, що несприятливо позначається на його експлуатаційних властивостях. Завдяки наявності літєвих сполук характеризується малов’язкою консистенцією та застосовується у доволі широкому температурному діапазоні від мінус 60 до 90 °С (табл. 5.13).

Мастило ЦИАТИМ-201 призначене для змащування вузлів тертя авіаційної техніки, радіотехнічного обладнання, електромеханічних та інших приладів і точних механізмів, основних вузлів автомобільної та іншої наземної техніки, що експлуатується в північних районах, та працює в умовах з малим зусиллям зсуву за невисоких навантажень.

Таблиця 5.13

Технічні характеристики мастила ЦИАТИМ-201

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь, без грудок, від світло-жовтого до світло-коричневого кольору
В’язкість ефективна за температури мінус 50 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10 с ⁻¹ , Па·с, не більше	1100
Межа міцності за температури 50 °С, Па, у межах	250–500
Температура краплепадіння °С, не нижче	175
Колоїдна стабільність, % виділеної оливи, не більше	26
Випаровуваність у чашечках-випарниках за температури 120 °С, 1 год., %, не більше	25
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹	Не нормується

Маркування мастила ЦІАТИМ-201:

- за ДСТУ 4226: НЛі 6/9-1;
- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: K2E-60.

Мастило ВНІІ НІ-242 (ГОСТ 20421-75) – виготовляється загущенням оливи індустриальної І-50А або оливи машинної СУ стеаратом літію з додаванням дисульфиду молибдену і дифеніламіну. Основні експлуатаційні характеристики: водостійке, хороші протизношувальні властивості і низька випаровуваність, задовільна механічна стабільність (табл. 5.14).

Антифрикційне ПМ марки ВНІІ НІ-242 призначене для підшипників кочення суднових електричних машин, що працюють у межах температур від мінус 40 до 110 °С за вологості навколишнього середовища до 98 %.

Таблиця 5.14

Технічні характеристики мастила ВНІІ НІ-242

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь чорного кольору
Колоїдна стабільність, % виділеної оливи, не більше	10
Межа міцності за температури 80 °С, не менше	100
В'язкість ефективна за температури 0 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10 с ⁻¹ , Па·с, не більше	500,0
В'язкість ефективна за температури мінус 20 °С і середньому градієнті швидкості деформації 10 с ⁻¹ , Па·с,	1800,0
Випаровуваність за температури 120 °С за 1 год., %, не більше	2,0

Маркування мастила ВНІІ НІ-242:

- за ДСТУ 4226: ОЛі 3/11-д3;
- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: KFG-40.

Закордонні аналоги розглянутих мастил наведені у таблиці 5.15.

Таблиця 5.15

Закордонні аналоги вітчизняних мастил

Найменування вітчизняного мастила	Найменування закордонного аналога	Фірма-виробник
ЛІТОЛ-24	Mehrbereichsfett LM 3	ADDINOL
	GR MU EP 2; MP Grease	AGIP
	Dura-Lith EP 2, Delo Grease EP 2, Ultra-Duty Grease EP 2	CHEVRON
	Staterma 2	ELF
	Beacon EP2, EP3	ESSO
	Mehrzweckfett	LIQUI MOLY
	MP-2 Universal	MANNOL
	Mobilux EP2, EP3; Mobilgrease MP	MOBIL
	Walzlagerfett LI 86	RAVENOL
	Alvania EP(LF) 2; Retinax EP 2	SHELL
	Multi –Purpose EP	TEBOIL
	Multifak EP 2, Starplex EP 2	TEXACO
	Unoba EP-2 Grease	UNOCAL 76
	Multi Purpose Grease	VALVOLINE
	Lithium Grease EP -2	WELLRUN
ЛІЦІ-15	Mehrzweckfett L2EP	ADDINOL
	Rocol Sapphire 2	AGIP
	SRI Grease EP 2, Ulti-Plex Synthetic Grease EP 1.5	CHEVRON
	Kupfer-Paste	LIQUI MOLY
	MP-2 Universal	MANNOL
	Mobilux EP2	MOBIL
	EP-Langzeitfett	RAVENOL
	Albida EVS 2	SHELL
	Synthetic Grease	TEBOIL
	Texando Fo 20, Multifak Ep 2	TEXACO
	Unoba EP-2 Grease	UNOCAL 76
ШПБ-4	Longtime Grease 2	WELLRUN
	Mehrbereichsfett LM2	ADDINOL
	MP Grease	AGIP

Найменування вітчизняного мастила	Найменування закордонного аналога	Фірма-виробник
	Dura-Lith EP 2, Delo Grease EP 2, Ultra-Duty Grease EP 2, Moly Grease EP 2	CHEVRON
	Bootsfett	LIQUI MOLY
	Retinax HD 2	SHELL
	Multi-Purpose EP	TEBOIL
	Multifak EP 2	TEXACO
	Megaplex XD EP-2 Grease	UNOCAL 76
	Grease NG 3	WELLRUN
ІІПУС-4	Mehrbereichsfett LM 2, Mehrbereichsfett LM2EP	ADDINOL
	Grease SM 2	AGIP
	Moly Grease EP 2, Delo Grease EP 2	CHEVRON
	Multi Mos 2	ELF
	LM47 Langzeitfett	LIQUI MOLY
	EP-2 Multi-MoS2	MANNOL
	Mehrzweckfett mit MoS2	RAVENOL
	Retinax HDX 2	SHELL
	Universal M	TEBOIL
	Molytex EP 2	TEXACO
	Megaplex XD EP-2 Grease	UNOCAL 76
	Grease NG 3, Grease MDS №2	WELLRUN
ФІОЛ-2У	Mehrbereichsfett LM 2	ADDINOL
	MP Grease	AGIP
	Moly Grease EP 2, Delo Grease EP 2	CHEVRON
	EP-2 Multi-MoS2	MANNOL
	Mehrzweckfett mit MoS2	RAVENOL
	Retinax HD 2	SHELL
	Multi -Purpose EP	TEBOIL
	Multifak Ep 2, Starplex Ep 2	TEXACO
	Unoba EP-2 Grease	UNOCAL 76

Найменування вітчизняного мастила	Найменування закордонного аналога	Фірма-виробник
	Lithium Grease, Lithium Grease EP-2	WELLRUN
№ 158	Mehrzweckfett L2	ADDINOL
	Rocol Sapphire 2	AGIP
	Moly Grease EP 2, Delo Grease EP 2	CHEVRON
	LM50 Lito HT	LIQUI MOLY
	EP-2 Multi-MoS2	MANNOL
	Retinax LX 2	SHELL
	Multi-Purpose HT	TEBOIL
	Starplex Ep 1	TEXACO
	Unoba EP-2 Grease	UNOCAL 76
	Lithium Grease EP –2, Grease MDS №2	WELLRUN
ДТ-1	Mehrzweckfett L2G	ADDINOL
	Marfak 0	TEXACO
	Megaplex XD EP-2 Grease	UNOCAL 76
ЦИАТИМ-201	Arctic Grease XP2	ADDINOL
	Rocol Sapphire 2	AGIP
	SRI Grease EP 2, Ulti-Plex Synthetic Grease EP 1.5	CHEVRON
	Mobilgrease 28	MOBIL
	Albida EVS 2	SHELL
	Synthetic Grease	TEBOIL
	Multifak Ep 2, Starplex Ep 2	TEXACO
	Low Temp Grease	UNOCAL 76
	GR 7036	WELLRUN
ВНІІ НП-242	Mehrzweckfett L2MO	ADDINOL
	Grease SM 2	AGIP
	Moly Grease EP 2, Delo Grease EP 2	CHEVRON
	Beacon EP2	ESSO
	EP-2 Multi-MoS2	MANNOL

Найменування вітчизняного мастила	Найменування закордонного аналога	Фірма-виробник
	Mobilgrease Special; Mobilux EP2, EP3	MOBIL
	Retinax HDX 2	SHELL
	Universal M	TEBOIL
	Molytex EP 2	TEXACO
	Megaplex XD EP-2 Grease	UNOCAL 76
	Moly Fortified MP Grease	VALVOLINE
	Grease PV 2	WELLRUN

5.4. Автомобільні закордонні мастила

Автомобільні мастила компанії SCT GmbH (Німеччина).

Mannol EP-2 MoS₂ – високотемпературне багатоцільове ПМ з протизадирними присадками. Термостійкість мастила від мінус 35 до 170 °С. Експлуатаційні характеристики: ефективне змащування поверхонь тертя, стійкість до впливу води, високі герметизуючі властивості та механічна стабільність, істотне подовження терміну служби деталей, ефективний захист від іржавіння, збереження пластичних і адгезійних властивостей протягом усього експлуатаційного періоду.

Мастило використовується для різних вузлів вантажних автомобілів, що працюють в умовах середніх і високих навантажень, таких, як: колісні підшипники (осьові підшипники), підшипники карданного валу, осьові приводи, буксирні пристрої, вантажні задні борти, колісні ступиці, кардани, поворотні кулаки, колісні підвіски, підйомні пристрої, приводи ручного гальма, підшипники кузовів самоскидів.

Mannol Universal Long Term Grease WR2 – багатоцільове ПМ на основі високоякісної мінеральної оливи, загущеної змішаним літєво-кальцієвим милом. Формує довготривалу мастильну плівку, що знижує потребу в техобслуговуванні. Діапазон робочих

температур: від мінус 30 до 120 °С. Мастило розроблене для загального тривалого застосування у промисловому устаткуванні, що експлуатується у вологому, запиленому і/або сухому середовищі в умовах високих механічних навантажень.

Застосовується для автомобілів, будівельних і сільськогосподарських машин, а також для промислових агрегатів як універсальне мастило.

Mannol Universal Multipurpose Grease MP2 – універсальне багатоцільове мастило на основі високоочищеної мінеральної базової оливи з додаванням термостабільного літієвого комплексного мила як загусника та спеціальних антиокиснювальних і антикорозійних присадок. Експлуатаційні властивості: ефективні герметизуючі властивості та механічна стабільність, водостійкість, надійний захист від корозії у разі роботи обладнання у вологому і забрудненому середовищі протягом тривалого терміну експлуатації. Має широкий діапазон робочих температур: від мінус 30 до 120 °С.

Застосовується як стандартне мастило для механізмів автомобілів, промислового устаткування та сільськогосподарської техніки. Рекомендується для змащування високошвидкісних кулькових і роликових підшипників машин і устаткування.

Автомобільні мастила компанії ConocoPhillips Company, торгова марка 76 Lubricants (США).

Conoco Dynalife L-EP 00 – багатофункціональне універсальне літієве мастило для широкого спектра режимів навантажень і умов експлуатації. Містить протизадирні й антикорозійні присадки, що забезпечують ефективні змащувальні властивості, високу механічну стабільність, антикорозійні властивості у вологих умовах застосування і зберігання. Діапазон робочих температур від мінус 20 до 110 °С.

Мастило Conoco Dynalife L-EP 00 характеризується високим рівнем опору до розшарування кристалічної структури і надмірного пом'якшення у підшипниках кочення під час експлуатації автомобіля за високих швидкостей, а також формує захисний шар, що допомагає мінімізувати забруднення підшипників.

Відповідає класифікації NLGI 00.

Dynalife L-EP – літєве мастило, що призначене для багатофункціонального використання в широких межах експлуатаційних умов за помірних температур і навантаження. Мастило виробляється з високоіндексних парафінових базових олив, загущених 12-гідроксильним стеаратом літєвого мила, містить ефективні протизадирні та антикорозійні присадки. Експлуатаційні властивості: висока навантажувальна здатність, ефективна стабільність, надійні захисні властивості та стійкість до вимивання водою у вологих умовах застосування і зберігання, високий захист металевих деталей від утворення корозії.

Застосування мастила: підшипники кочення в компресорах, вентиляторах, відцентрових насосах та іншому індустріальному обладнанні, де переважають помірні температури і навантаження; деталі шасі та з'єднувальні вали й водяні насоси на легкових автомобілях, легких вантажівках і інших транспортних засобах зі змінною траєкторією руху; підземне обладнання для гірничо-видобувної промисловості та інші напівзакриті редуктори, де висока ймовірність витоків мастила (напіввідкриті сорти); підшипники легкових автомобілів, обладнані барабанными гальмівними колодками.

Існує шість сортів мастила Dynalife L-EP, що забезпечує зручність використання в широкому спектрі режимів навантажень і умов експлуатації. Відповідає класифікації NLGI: 000, 00, 0, 1, 2, 3.

Мастило Triton – синтетичні поліальфаолефінові базові оливи, загущені літєвим комплексом, містять протизадирні та антикорозійні присадки. розроблені для захисту обладнання, що працює в режимах екстремальних температур. Експлуатаційні властивості: ефективний захист від зношування, подовження терміну служби обладнання, висока прокачуваність за низьких температур, високі змащувальні властивості за підвищених температур, надійний захист від утворення іржі, корозії та окиснення.

Існує три сорти даного продукту, що забезпечує зручність використання в широкому спектрі режимів навантажень й умов експлуатації.

Мастило Triton 100 (відповідає класифікації NLGI 2) – рекомендується для застосування в високошвидкісних підшипниках, наприклад, в електромоторах і вентиляторах.

Мастило Triton 220 (відповідає класифікації NLGI 2) – рекомендується для застосування в колісних підшипниках і елементах шасі дорожньої, позашляхової, а також промислової техніки. Даний продукт універсальний та характеризується тривалим терміном служби до заміни. Мастило, головним чином, застосовується в середньошвидкісних підшипниках, електродвигунах, а також коробках швидкостей, що працюють як в середині приміщень (за гранично високих температур), так і поза приміщеннями (за гранично низьких температур), у частинах шасі в легкових автомобілях, вантажівках, в гірничовидобувному та морському обладнанні.

Мастило Triton 460 (відповідає класифікації NLGI 1, 5) – рекомендується для застосування у важких режимах роботи автомеханічного, сільськогосподарського та промислового обладнання, що експлуатується на низьких і середніх швидкостях. Мастило надійно захищає обладнання, що працює під впливом важких навантажень або піддається впливу водного або корозійного середовища. Застосовується для гірничо-видобувного, морського обладнання та позашляховиків.

Усі зазначені мастила сертифіковані за NLGI, категорія GC-LB.

Super-STA і Super-STAM – виробляються з високоіндексних парафінових базових олив, загущених літієвим 12-гідроксильним стеариновим милом, що містять у своєму складі інгібітори проти іржі й корозії, набір ефективних присадок, а також реагент, що надає липкості. Мастила містять присадки, що зменшують гравітаційні втрати мастила для поліпшення здатності утримуватись у трибосполученні та зменшення можливості виникнення витікання й поліпшенню стійкості до вимивання водою. Даний набір присадок зумовлює високу якість мастила, надає ефективні змащувальні властивості, подовжує термін служби підшипників. Мастило Super-STAM, на відміну від мастила Super-STA, виготовлене з додаванням дисульфиду молібдену для зменшення зношування й поліпшення змащувальних характеристик. Мастила даної марки характери-

зуються стійкістю до вимивання водою, ефективно захищають металеві деталі від зношування, іржавіння й корозії, забезпечують стійкість до структурного розшарування компонентів, навіть в умовах ударних навантажень.

Сфера використання цих мастил: автомобільні частини шасі, такі як поворотні кулачки, шарнірні з'єднання, карданні шарніри та наконечники рульової тяги, підшипники коліс на легкових автомобілях і важкому обладнанні з барабанними гальмами, помірно навантажені підшипники промислового обладнання, сільськогосподарське й будівельне обладнання.

Мастило Super-STA M характеризується ефективними захисними властивостями проти фретинг-корозії у пазових валах, цапгах підвіски та інших частинах, що піддаються коливанням, ковзанню або вібрації під час експлуатації.

Мастила відповідають класифікації NLGI 1, 2.

Автомобільні мастила компанії Transnational Blenders B.V. (TNB B.V.), торгова марка 77 Lubricants (Королівство Нідерландів).

EPHT GREASE NLGI 2 – багатоцільове ПМ на основі мінеральної оливи і бентонітового загусника, містить антиокиснювальні та протизношувальні присадки EP (Extreme Pressure)/AW (Anti Wear). Неорганічний загусник забезпечує застосування мастила у широкому діапазоні температур і особливо за підвищених температур.

Мастило рекомендовано для промислового обладнання та автомобільного транспорту. Ефективні експлуатаційні властивості мастила EPHT GREASE NLGI 2 забезпечують його високі придатні властивості у різних типах підшипників, навіть такі, що експлуатуються за пікових температур (до 200 °C).

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KP2N-30.

EPBF GREASE NLGI 3 – багатоцільове мастило на основі мінеральної оливи, літєвого загусника, містить антиокиснювальну присадку, інгібітори корозії та протизношувальні присадки EP / AW. Мастило застосовується в температурному діапазоні від мінус 30 до 120 °C, короткочасно за температури 130 °C. Експлуатаційні властивості мастила: ефективні протизадирні властивості, володіє

високопотужною несучою здатністю, захищає від корозії і характеризується механічною стабільністю, що є передумовою для використання в важконавантажених підшипниках, а також у вологому середовищі.

EPBF GREASE NLGI 3 рекомендовано для високонавантажених підшипників кочення і ковзання в промисловому та сільськогосподарському обладнанні, а також для підшипників коліс вантажних автомобілів і інших транспортних засобів.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KP3K-30.

Автомобільні мастила компанії ADDINOL (Німеччина).

Мастило для підшипників кочення і ковзання без протизадирних (EP) присадок:

Mehrzweckfett L 2 G – мастило на основі мінеральної оливи, загущеної літєвим милом, містить графіт. Температурний діапазон застосування – від мінус 30 до 120 °C (короткочасно до 130 °C).

Мастило рекомендовано як універсальне мастило для транспортних засобів, будівельної та сільськогосподарської техніки, що експлуатується у пиловому та вологому середовищі.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KF2K-30, NLGI 2.

Мастила для підшипників кочення й ковзання з протизадирними (EP) присадками:

1) **EP Mehrbereichsfett LM 1 EP** – мастило на основі мінеральної оливи, загущеної літєвим милом. Температурний діапазон застосування – від мінус 30 до 130 °C (короткочасно до 140 °C).

Мастило рекомендовано як універсальне протизадирне (EP) мастило для підшипників, транспортних засобів, промислових і будівельних машин.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KP1K-30, NLGI 1.

2) **EP Mehrbereichsfett LM 2 EP** – мастило на основі мінеральної оливи, загущеної літєвим милом. Температурний діапазон застосування – від мінус 30 до 130 °C (короткочасно до 140 °C).

Мастило рекомендовано як універсальне протизадирне (EP) мастило для підшипників, транспортних засобів, промислових і будівельних машин.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KP2K-30, NLGI 2.

3) **Mehrzweckfett L 2 MO** – мастило на основі мінеральної оливи, загущеної літєвим милом, містить графіт та MoS_2 . Температурний діапазон застосування – від мінус 30 до 130 °C (короткочасно до 140 °C).

Мастило рекомендовано для змащення підшипників і високонавантажених вузлів тертя; для транспортних засобів; як припрацьовуюче мастило для нових підшипників.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KPF2K-30, NLGI 2.

4) **Hightemp EK 2** – мастило на основі мінеральної оливи та літєвого комплексного мила. Температурний діапазон застосування – від мінус 30 до 150 °C (короткочасно до 200 °C).

Мастило рекомендовано як протизадирне (EP) мастило для високонавантажених підшипників; для змащення підшипників коліс легкових і комерційних автомобілів.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KP2P-30, NLGI 2.

Автомобільні мастила транснаціональної нафтогазової компанії BP (British Petroleum) (Велика Британія).

Energrease L21 M – літєве ПМ, містить дисульфід молібдену, інгібітори окиснення й корозії. Температурний діапазон застосування – від мінус 25 до 130 °C. Експлуатаційні властивості: висока несуча здатність, ефективні антикорозійні властивості, стабільність до зсуву та вібраційна стійкість, стійкість до вимивання водою.

Energrease L21 M – мастило загального призначення для транспортних засобів, дорожніх і будівельних машин, зокрема для важконавантажених пар з малими відносними швидкостями руху і для пар зі зворотно-поступальним рухом.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2

Castrol LMX Li-Komplexfett 2 – високоефективне ПМ, складається з загусника на основі літєвого комплексу, мінеральної базової оливи, пакету поліфункціональних присадок. Мастило характеризується високою несучою здатністю, механічною стабільністю та термічною стійкістю у широкому діапазоні робочих температур, високі показники водостійкості й адгезії до металевих

поверхонь запобігають вимиванню мастила та подовжують термін експлуатації підшипників.

Пластичне мастило Castrol LMX Li-Komplexfett 2 рекомендоване для використання в підшипниках коліс техніки, що експлуатується у режимах високих швидкостей протягом тривалого часу при перегонах на великі відстані, включаючи умови тривалого інтенсивного гальмування, коли температура ступиць значно підвищується.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Castrol Moly Grease – виробляється на основі мінеральних базових олив із застосуванням літєвих загусників і спеціально підбраного пакету присадок, що включає протизадирні (EP) / протизношувальні присадки, а також антиоксиданти та інгібітори корозії. Додавання дисульфиду молібдену підвищує несучу здатність з одночасним зниженням втрат на тертя, особливо в вузлах тертя ковзання та в парах тертя, де домінують режими зворотно-поступального руху. Температурний діапазон застосування – від мінус 20 до 120 °C. Експлуатаційні властивості: висока механічна стабільність, ефективні протизадирні і протизношувальні властивості, стійкість мастила до ударних навантажень, підвищений захист робочих поверхонь в умовах граничного тертя, водостійкість, високі антикорозійні характеристики.

Castrol Moly Grease розроблене для застосування як в автомобільній, так і в індустріальній галузі. Мастило рекомендоване до використання в широкому спектрі низько- і середньошвидкісних підшипників, де часто виникають ударні й підвищені вібраційні навантаження, а також для пар тертя, де висуваються спеціальні вимоги щодо застосування мастил з додавання дисульфиду молібдену. Мастило застосовується як в легковому, так і в вантажному автотранспорті: в рухливих шарнірних трибосполученнях, кулачкових штовхачах, різьбових з'єднаннях, шліцьових валах, направляючих та сідлах сідельних тягачів.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

5.5. Автомобільні мастила країн східної Європи

Автомобільні мастила європейського концерну LOTOS OIL S.A. (Польща).

LOTOS UNILIT LT-4 EP2 – високорафінована мінеральна олива, літієві мила жирних кислот і поліфункціональні присадки, що забезпечують високу антикорозійну стійкість, ефективні змащувальні та протизношувальні характеристики. Мастило характеризується стійкістю до вимивання гарячою та холодною водою. Температурний діапазон застосування – від мінус 30 до 140 °С.

Відповідає вимогам захисних норм для багатофункціональної автомобільної змащення, а також багатофункціональної мастила стійкої до дії води.

Мастило призначене як багатоцільове мастило для автомобільного транспорту, для змащування підшипників кочення та ковзання, деталей шасі, шарнірів рівних кутових швидкостей передньо- і повнопривідних автомобілів, середньонавантажених тихохідних передач.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502/51825 KP2N-30 (EP-2).

Мастило G-421 – розроблене на основі високорафінованої мінеральної оливи й комплексних кальцієвих мил, містить антикорозійні та антиокиснювальні присадки, а також добавки, що підвищують стійкість мастильної плівки до навантаження. Експлуатаційні властивості: високі антикорозійні та мастильні властивості, стійкість до окиснення, зменшення зношування і тертя в широкому діапазоні робочих температур завдяки міцному захисному шару, утвореному внаслідок адгезії мастила до поверхонь тертя, ефективний захист від корозії, висока механічна стабільність. Температурний діапазон застосування – від мінус 35 до 160 °С.

Мастило застосовується для змащування важконавантажувальних вузлів тертя у військовій техніці, вантажних всюдиходів, високонавантажених підшипників кочення автомобільних кілець, генераторів, підшипників вентиляторів електричних двигунів, будівельних машинах, кранах, підйомних пристроях, пристроях важкої промисловості.

Автомобільні мастила нафтогазового концерну MOL-LUB KFT (Угорщина).

MOL Favorit 2 – виготовлене з високоочищеної мінеральної оливи, загущеної комплексним літєвим милом, містить протизношувальні, антиокиснювальні, антикорозійні та протизадирні присадки. Експлуатаційні властивості: висока механічна стабільність, забезпечення ефективного змащування протягом тривалого періоду експлуатації. Мастило має помірно м'яку волокнисту консистенцію, жовтувато-коричневого кольору. Діапазон робочих температур – від мінус 30 до 140 °С.

MOL Favorit 2 – багатоцільове високотемпературне мастило. Рекомендовано для застосування в важконавантажених підшипниках кочення, підшипниках електромоторів, дорожніх та залізничних підшипників коліс.

MOL Liton LT 2EP – виготовлене з високоочищеної мінеральної оливи та загусника 12-гідроксистеарату літію, містить протизношувальні, антиокиснювальні та антикорозійні присадки, що забезпечують відповідний експлуатаційний рівень. Мастило має помірно м'яку консистенцію, гладку структуру. Діапазон робочих температур – від мінус 30 до 120 °С, за умов регулярної заміни ММ – до 140 °С.

MOL Liton LT 2EP – багатоцільове мастило. Рекомендовано для застосування в важконавантажених підшипниках ковзання та кочення, середньонавантажених зубчастих передачах, в осях, з'єднаннях.

Автомобільні мастила спільного українсько-англійського підприємства «Західна Нафтова Група» (West Oil Group), торгова марка WOG (Україна).

WGC 0615 – протизадирне літєве високотемпературне синє мастило з комплексом ЕР-присадок. Забезпечує надійний захист від зношування і значно подовжує термін служби деталей.

Застосовується для змащення карданних валів, кульових опор, роликів, голчастих і кулькових підшипників всіх типів автомобілів і промислової техніки.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KP2/3R-40, NLGI 2, 3.

WGC 0600 – протизадирне металоплакуюче комплексне літєве мастило для високонавантажених вузлів. Мастило характеризується здатністю до відновлення зношених поверхонь тертя і блокує корозію, містить високоадгезійний полімер, що підвищує несучу здатність мастильного шару.

Мастило рекомендовано застосовувати для шарнірів рівних кутових швидкостей передньопривідних і повнопривідних автомобілів. Мастило забезпечує захист шарнірів рівних кутових швидкостей від пилу, води, навіть за умов появи тріщин та розривів пильника. Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KPF2/3N-40, NLGI 2, 3.

Автомобільні мастила компанії «Агрінол» (Україна).

Агрінол №158М – нафтова олива, загущена літєво-калієвим милом кислот рицинової олії й каніфолі, містить антиокиснювальну присадку та індатрен. Експлуатаційні характеристики: ефективна прокачуваність, надійні антикорозійні властивості, високі механічна та антиокиснювальна стабільності, високі протизадирні властивості, водостійкість задовільна. Температурний діапазон застосування у межах від мінус 30 до 110 °С.

Мастило Агрінол №158М відрізняється підвищеними протизношувальними характеристиками та рекомендоване для застосування у вузлах тертя з підвищеними навантаженнями і невеликими швидкостями під час тертя, таких як шарніри рівних кутових швидкостей передньопривідних і повнопривідних автомобілів.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KF 1/2 K-30, NLGI 1, 2.

Агрінол Ситор (ТУ У 20.5-32365441-168) – містить неорганічний загусник (аеросил). Експлуатаційні характеристики: підвищена водостійкість, висока механічна стабільність, ефективні об'ємно-реологічні характеристики, інертність до гумових виробів гальмівної системи транспортного засобу. Температурний діапазон застосування: від мінус 40 до 150 °С.

Рекомендується як мастило для вузлів гальмівної системи передньопривідних автомобілів ВАЗ всіх модифікацій.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: MXF0N-40, NLGI 0.

Автомобільні мастила нафтової компанії ЛУКОЙЛ.

ЛУКОЙЛ термофлекс EP 1-180 HD – мастило виготовлене на основі комплексного літєвого мила, суміші глибокоочищених мінеральних олив з низькою випаровуваністю, високою окиснювальною стабільністю, комплексу високоефективних присадок (антикорозійні, антиокиснювальні, протизношувальні та протизадирні (EP/AW)) і твердих мастильних речовин (графіт і дисульфід молібдену) для роботи в умовах граничного тертя. Мастило характеризується ефективними трибологічними властивостями, здатне працювати за дуже великих механічних навантажень, зокрема, ударних, і частому контакті з водою. Робочий діапазон температур від мінус 30 до 160 °С. Експлуатаційні характеристики: стійкість до ударних і вібраційних навантажень, відмінні високотемпературні властивості, ефективне сприйняття навантаження за низьких температур, висока водостійкість, ефективні адгезійні та антикорозійні властивості.

ЛУКОЙЛ термофлекс EP 1-180 HD – багатоцільове високо-температурне мастило. Рекомендовано для застосування в централізованих системах змащення в будівельній, лісозаготівельній, гірничій та сільськогосподарській техніці, де допускається використання мастил класу NLGI 1 з твердими мастильними речовинами; у високонавантажених підшипниках кочення і ковзання промислового устаткування, що працюють в умовах високої вологості, екстремальних і ударних навантажень.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KPF1P-30, NLGI 1.

Мастила серії ЛУКОЙЛ ПОЛІФЛЕКС Оптимум 100 (1-100; 2-100; 3-100) – виготовлені на основі суміші високоякісних мінеральних базових олив, загущених літєвим милом, з додаванням композиції високоефективних присадок (антиокиснювальні, антикорозійні, AW, адгезійні). Робочий діапазон температур від мінус 40 до 120 °С. Експлуатаційні характеристики: ефективне змащування, високі антифрикційні та протизношувальні властивості, термічна стабільність, відмінні низькотемпературні властивості, механічна і колоїдна стабільність, водостійкість, високі антикорозійні властивості, ефективна прокачуваність (для мастил категорій NLGI 1, 2).

Мастила серії ЛУКОЙЛ ПОЛІФЛЕКС Оптимум 100 – антифрикційні універсальні багатоцільові консистентні мастила. Рекомендовано для застосування в підшипниках промислового обладнання, автомобілях і сільськогосподарській техніці, централізованих системах змащування вантажних автомобілів, сільськогосподарської, позашляхової, лісозаготівельної та будівельної техніки. Дані мастила замінюють мастила марок Літол-24, ФІОЛ-1, ФІОЛ-2.

Мастила відповідають класифікації:

ЛУКОЙЛ ПОЛІФЛЕКС ОПТИМУМ 1-100 DIN 51502: K1K-40, NLGI 1;

ЛУКОЙЛ ПОЛІФЛЕКС ОПТИМУМ 2-100 DIN 51502: K2K-40, NLGI ;

ЛУКОЙЛ ПОЛІФЛЕКС ОПТИМУМ 3-100 DIN 51502: K3K-40, NLGI 3.

5.6. Авіаційні закордонні мастила

Авіаційні мастила компанії NYCO (Франція).

NYCO GREASE GN 06 – мастило на основі мінеральної оливи з кінематичною в'язкістю 5 сСт за температури 100 °С, загущеної літєвим милом, містить графіт. Робочий діапазон температур від мінус 40 до 121 °С. Експлуатаційні характеристики: ефективні змащувальні, протизношувальні, антикорозійні та антиокиснювальні властивості.

Використовується для стартерів двигунів внутрішнього згорання, а також підшипників ковзання.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-355;

Франція, стандарт (F.S.) – DCSEA355/A (ex-AIR 4206);

Великобританія, стандарт (U.K.S.) – DEF STAN 91-54 Iss. 2 Amd. 1;

AIRBUS CML 03FBC1.

NYCO GREASE GN 17 – м'яке мастило на основі синтетичної діестерної оливи, загущеної літєвим милом, містить антикорозійні, антиокиснювальні та протизношувальні присадки, як твердий

наповнювач містить 5 % дисульфиду молібдену. Робочий діапазон температур від мінус 73 до 121 °C.

Мастило рекомендовано як багатоцільове мастило для планера (приводи, двері, закрilки, шасі,...), використовується для шпонок, пазів, антифрикційних підшипників, амортизуючих підшипників і роликів та на поверхнях ковзання.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-353;

США, стандарт (U.S.S.) – MIL-G-21164 D;

F.S. – DCSEA 354/B (ex-AIR 4217, ex-DCSEA 354/A);

U.K.S. – DEF STAN 91-57 Iss. 2;

AIRBUS CML 03NEB1, ATR CML 04-002, BOEING CML D00014.

NYCO GREASE GN 10 – м'яке мастило на основі синтетичної діестерної оливи, загущеної літєвим милом, містить антикорозійні, антиокиснювальні та протизношувальні присадки. Робочий діапазон температур від мінус 73 до 121 °C.

Мастило рекомендовано як багатоцільове мастило для планера (приводи, двері, закрilки, рейки, шасі,...) більшості цивільних та військових літаків і вертольотів, використовується для дугоподібних, роликів і голчастих підшипників, редукторів і поверхонь тертя малопотужного обладнання. Використовується мастило також як засіб для антикорозійного захисту.

Технічно NYCO GREASE GN 10 можна замінити на Nycos Grease GN 148.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-354;

U.S.S. – MIL-PRF 23827 C AMDT 2 TYPE I;

F.S. – DCSEA 354/B (EX-AIR 4210);

U.K.S. – DEF STAN 91-53 Iss.3 Amd.1;

Airbus CML 03HBC1, Airbus CML 03HBD9, PWC CML PMC 79671.

NYCO GREASE GN 25013 – синтетичне мастило на основі високоякісної силіконової оливи, згущеної політетрафторетиленом,

містить антикорозійні та антиокиснювальні присадки. Робочий діапазон температур від мінус 73 до 232 °С. Експлуатаційні характеристики: мастило повністю сумісне з усіма типами еластомерів, окрім силіконових гум.

Мастило рекомендовано як багатоцільове для планера літака та гвинтокрила (двері, закрилки, шасі,...), використовується для кулькових і роликових підшипників з особливо низьким крутним моментом за низької температури, для гвинтових приводів літальних апаратів. Також застосовується як антизадирного мастила, під час збирання/демонтажу болтів і гайок коліс, так і в якості засобів тривалого захисту в режимах підвищених (високих) температур.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-372;

U.S.S. – MIL-G-25013 E;

AIRBUS CML 03JDA1, ATR CML 04-010.

NYCO GREASE GN 4343 – синтетичне мастило на основі силікону, загущеного літєвим милом. Робочий діапазон температур від мінус 65 до 175 °С.

Мастило призначене для використання на прогумованих і металевих частинах пневматичних систем, а також гумових втулках шпангоутів.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-392;

U.S.S. – SAE-AMS-G-4343;

AIRBUS CML 03JCA9, ATR CML 04-011, BOEING CML D00062

NYCO GREASE GN 22 – мастило на основі синтетичної вуглеводневої оливи з кінематичною в'язкістю 7 сСт за температури 100 °С, загущене бентонітовими глинами, містить антикорозійні, антиокиснювальні, протизношувальні/протизадирні присадки. Робочий діапазон температур від мінус 65 до 177 °С.

Мастило рекомендовано в якості багатоцільового мастила для планера (двері, закрилки, шасі,...) більшості цивільних і військових

літаків, а також вертольотів, використовується для антифрикційних підшипників і підшипників ковзання, коробок передач і редукторів.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-395;

F.S. – DCSEA 395/C (ex AIR 4222);

U.S.S. – MIL-PRF-81322 G;

U.K.S. – DEF-STAN 91-52 ISS.1 AMD.2;

AIRBUS CML 03GBB1, ATR CML 04-004B, BOEING CML D00016, D00233, D00378.

NYCO GREASE GN 69 – силіконове електроізоляційне мастило на основі термостійкої силіконової оливи, загущеної гелеутворюючою речовиною, що не плавиться. Робочий діапазон температур від мінус 54 до 204 °C.

Мастило рекомендоване для електричних з'єднань високої напруги, систем запалювання та електрообладнання, різбових і нерізбових поверхонь (з'єднань).

Специфікації мастила:

Код НАТО – NATO CODE S-736;

U.K.S. – DEF STAN 68-69 Iss.1;

F.S. – DCSEA 636/A;

U.S.S. – AS 8660.

NYCO GREASE GN 144 – м'яке мастило, виготовлене на суміші синтетичного поліальфаолефіну та естерової оливи, загущеної літієвим милом, містить антикорозійні, антиокиснювальні та протизношувальні присадки. Робочий діапазон температур від мінус 60 до 120 °C.

Мастило рекомендоване для механізму складання закрилків і передкрилків на повітряних суднах Airbus, для приводу тримера руля висоти та привідних ланцюгів Bombardier Q400.

Мастило відповідає класифікації NLGI 1, 5.

Допуски мастила:

AIRBUS CML 03GBD1.

NYCO GREASE GN 148 – мастило, виготовлене на суміші синтетичних діефірних олив та синтетичної вуглеводневої базової основи, загущене складним літієвим милом, містить антикорозійні,

антиокиснювальні, протизношувальні присадки, а також спеціальну добавку для зменшення зношування деталей в умовах дії надвисокого тиску. Робочий діапазон температур від мінус 73 до 135 °С. Експлуатаційні характеристики: відмінний захист від зношування, іржі та корозії, навіть в солоній воді; висока несуча здатність за екстремальних навантажень; тривалий термін служби; підвищена стійкість до вимивання водою та іншими рідинами запобігання обмерзанню; ефективне змащування підшипників в умовах вібрації. Рекомендоване як багатоцільове авіаційне мастило широкої сфери застосування: для змащування елементів конструкції планера (двері, закрилки, рейки, шасі, підшипники тощо) для цивільних і військових літаків, а також вертольотів; для підшипників високої та надвисокої швидкості обертання; для підшипників, що працюють в режимі коливального руху; для важконавантажених систем.

Компанія NYCO врахувала властивості різних типів мастил, що використовуються в повітряних суднах, і розробила уніфіковане мастило NYCO GREASE GN 148, що може використовуватися в максимальній кількості вузлів і агрегатів. Технічно дане мастило може замінити мастила попередніх поколінь, що відповідають вимогам MIL-PRF-23827 Тип I та II, код НАТО G-382, AIMS-09-06-001, MIL-G-25537 тощо.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО– NATO CODE G-354;

U.S.S. – MIL-PRF-23827 C Amdt 2 Type I;

U.K.S. – DEF STAN 91-53, DEF STAN 91-12;

F.S. – DCSEA 354/A, DCSEA 382;

Airbus – AIMS 09-06-002;

BOEING – BMS 3-33C;

AIRBUS CML 03GBC1, 03HBC1, 03HBD9 та 03GBD1; ATR

CML 4-004A та 04-024.

Авіаційні мастила транснаціональної корпорації Royal Dutch Shell, торгова марка «AeroShell» (Нідерланди – Великобританія).

Aeroshell Grease 7 – мастило на основі синтетичної базової естерної оливи, загущеної мікрогелем. Робочий діапазон температур від мінус 73 до 149 °С. Експлуатаційні характеристики: висока несуча здатність у широкому діапазоні температур; ефективні антикорозійні властивості; водостійкість.

Мастило рекомендоване як багатоцільове. Відповідає практично усім вимогам, що висуваються до мастил для повітряних суден з газотурбінними і поршневими двигунами, за умов, коли не виникають проблеми сумісності з ущільнювальними матеріалами. Більшість виробників пасажирських і транспортних повітряних суден схвалюють AeroShell Grease 7 як мастило загального призначення. Рекомендоване для високонавантажених зубчастих передач, приводів гвинтових механізмів та ін., а також для інструменту і авіаційних конструкцій. Оскільки мастило містить синтетичні естери, його не рекомендовано використовувати в контакті з деякими ущільнювальними матеріалами. Також дане мастило не рекомендовано змішувати з мастилами на мильній основі (за специфікацією MIL-PRF-23827C тип I), оскільки воно містить глиняну основу (відповідає специфікації MIL-PRF-23827C тип II).

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО– NATO CODE G-354;

U.S.S. – MIL-PRF-23827 C Type II;

F.S. – DCSEA 354/A.

Aeroshell Grease 22 – мастило на основі синтетичної вуглеводневої базової оливи, загущеної мікрогелем; містить пакет антиокиснювальних, антикорозійних, протизношувальних присадок, а також присадок, що підвищують несучу здатність. Робочий діапазон температур від мінус 65 до 204 °С. Рекомендоване як багатоцільове мастило для важких умов експлуатації, а також для високонавантажених, високошвидкісних підшипників, що працюють в широкому інтервалі температур і потребують мастила з високою несучою здатністю і водостійкістю (підшипники шасі, агрегати двигуна, системи управління, приводів, гвинтових домкратів, сервомеханізмів і електромоторів, підшипники роторів вертольотів, шарнірних болтів, інструментів, статичних з'єднань, тощо).

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO Code G-395;

U.S.S. – MIL-PRF-81322G;

U.S.S. – DOD-G-24508A;

U.K.S. – DEF STAN 91-52;

F.S. – DCSEA 395/A;

Russian – аналог Циатим 201 та 203, ВНП НП 207, Ера (ВНП НП 286М) та НК50.

AeroShell Grease 33 – мастило на основі синтетичної вуглеводневої оливи і естерів, загущене літієвим комплексом; містить інгібітори корозії та окиснення, а також присадки, що підвищують несучу здатність. Робочий діапазон температур від мінус 73 до 121 °С. Експлуатаційні характеристики: ефективні протизношувальні та антикорозійні властивості; тривалий термін служби; підвищена стійкість до вимивання водою, рідинами запобігання обмерзанню та іншими рідинами.

Мастило рекомендовано як універсальне мастило для планера, різних вузлів та агрегатів, що дозволяє скоротити експлуатантам асортимент мастил і ризик їх неправильного застосування.

AeroShell Grease 33 можна використовувати як багатоцільове мастило за умов, коли вказується специфікація MIL-PRF-23827C для повітряних суден, що випускаються McDonnell Douglas, Airbus, BAe Regional Aircraft, Canadair, Lockheed, Embraer, Fokker і Gulfstream (за виключенням підшипників коліс з температурою експлуатації вище 121 °С та пар тертя ковзання, де необхідно застосовувати дисульфід молібдену).

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-354;

U.S.S. – MIL-PRF-23827C (Type I);

U.K.S. – DEF STAN 91-53;

F.S. – DCSEA 354/A;

Russian – аналог Ера, ОКБ-122-7;

Airbus – AIMS 09-06-002;

BOEING – BMS 3-33C.

Авіаційні мастила компанії Anderol Speciality Lubricants в структурі спеціалізованої хімічній компанії LANXESS (Німеччина), торгова марка «Royco» (Сполучені Штати Америки).

Royco 11MS – мастило сіро-чорного кольору, базова основа – мінеральна олива, загущена неорганічним гелем; містить антикорозійну та антиокиснювальну присадки та додаток дисульфід молібдену. Робочий діапазон температур від мінус 40 до 150 °С. Експлуатаційні характеристики: висока несуча здатність, ефективні антикорозійні та антиокиснювальні властивості, висока водостійкість, надійні характеристики за низьких температур.

Мастило призначено для використання в парах тертя ковзання у важких умовах експлуатації (велике навантаження, висока температура, наявність агресивного середовища); рекомендовано використовувати мастило у вузлах шасі повітряних суден.

Мастило відповідає класифікації NLGI 1.

Специфікації мастила:

Код НАТО – NATO CODE O-155;

U.S.S. – MIL - G - 7711A.

Допуск виробників Boeing, McDonnell Douglas.

ROYCO 22CF – мастило коричневого кольору на основі синтетичної оливи з високим індексом в'язкості (поліальфаолефіни), загущеної неорганічним гелем; містить антиокиснювальні, антикорозійні, протизадирні присадки та добавки для захисту від іржі. Робочий діапазон температур від мінус 54 до 177 °С. Експлуатаційні характеристики: висока несуча здатність та ефективні змащувальні властивості за високих і низьких температур; мінімальний опір запуску за екстремально низьких температур; високі антиокиснювальні та антикорозійні властивості в жорстких умовах експлуатації за температурно-навантажувальним діапазоном; підвищена водостійкість; тривалий термін служби.

Мастило рекомендовано як багатоцільове мастило у багатьох галузях економіки. Мастило призначено для використання в підшипниках коліс повітряних суден, приладах, коробках передач, підшипниках ротора, приводах, для високошвидкісних пар тертя.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила:

Код НАТО – NATO CODE G-395;
U.S.S. – MIL-PRF-81322G.

ROYCO 64 – мастило на основі термічно стійких естерів, загущених 12-гідроксистеаратом літію; містить антиокиснювальні, антикорозійні, AW (протизношувальні)/EP (протизадирні) присадки, дрібнодисперсні частинки дисульфиду молібдену «Moly». Робочий діапазон температур від мінус 73 до 135 °C. Експлуатаційні характеристики: висока несуча здатність за великих навантажень; надійні антиокиснювальні та антикорозійні властивості; ефективні протизношувальні та протизадирні властивості; стійкість до градієнту швидкості зсуву; захист контактних поверхонь в граничному та сухому режимах мащення через високу адгезію дрібнодисперсних частинок дисульфиду молібдену; проникнення в поверхневі шари металевих поверхонь та формування стійкої захисної плівки.

Мастило рекомендовано використовувати для сталевих пар тертя ковзання, антифрикційних високонавантажених підшипників низької та середньої швидкості, що працюють в умовах дії екстремально низьких і високих температур.

Мастило не рекомендовано застосовувати у високошвидкісних антифрикційних підшипниках без попередньої оцінки. Стійкість дисульфиду молібдену та високі проникаючі властивості синтетичної базової основи ускладнюють вилучення цього матеріалу з поверхонь. Крім того, компоненти мастила під час експлуатації можуть призвести до пом'якшення натурального каучуку та неопрену, а також деяких видів фарб.

Мастило відповідає класифікації NLGI 2.

Специфікації мастила та допуски:

Код НАТО – NATO CODE G-353;

U.S.S. – MIL-G-21164D;

U.K.S. – DEF STAN 91-57;

F.S. – DCSEA 353/A (ex AIR 4217/A).

5.7. Авіаційні мастила країн східної Європи

Авіаційні мастила компанії WEGO (Чеська Республіка).

Циатим-201 WEGO – мастило на основі малов'язкої мінеральної базової оливи, літєвого загусника; містить поліфункціональний пакет присадок. Робочий діапазон температур від мінус 60 до 90 °С. Експлуатаційні характеристики: ефективні антикорозійні, антифрикційні та протизношувальні властивості; відмінні низькотемпературні властивості та морозостійкість; висока стійкість до вимивання водою; подовження терміну служби пар тертя.

Мастило призначене для вузлів тертя, що працюють з малим зусиллям зсуву за невисоких навантажень, для авіаційної техніки, радіотехнічного обладнання, електромеханічних приладів і точних механізмів. Мастило також рекомендоване для наземних механізмів, вузлів тертя автомобільного транспорту, що працює в умовах низьких температур.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: K1E-60, NLGI 1; ГОСТ 23258: Н-Либ/9-1; TU-1007 (Угорщина), NLGI 1, STAS 8961-83 (Румунія).

Авіаційні мастила компанії «Експерт-Ойл».

НК-50 (ТУ 38.1011219) – мастило темно-зеленого кольору, виготовляється загущенням залишкових нафтових авіаційних олив (МС-20 або МК-22) натрієвим милом стеаринової та олеїнової кислот; містить колоїдний графіт. Робочий діапазон температур від мінус 15 до 120 °С. Експлуатаційні характеристики: незважаючи на невисоку температуру краплепадіння мастила (200 °С), його рекомендують короткотривало використовувати до 180 °С; неефективні низькотемпературні властивості; погана водостійкість (мастило під час зберігання у дерев'яній тарі здатне поглинати воду з повітря, при цьому властивості мастила в поверхневому шарі істотно змінюються (знижується температура краплепадіння, межа міцності тощо).

Мастило призначене для підшипників ступиць шасі повітряних суден та для шліцьових з'єднань повітряних гвинтів.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KF4K-15; ГОСТ 23258-78: УНа 2/15-г4.

Мастило СЕДА (ТУ 38.1011242 змін. 1-4) – композиція складних ефірів (естерів), загущена комплексним милом стеарату та ацетату кальцію; містить протизношувальні й антиокиснювальні присадки. Робочий діапазон температур від мінус 60 до 120 °С. Експлуатаційні характеристики: ефективні змащувальні і низькотемпературні властивості; низька випаровуваність; задовільна водостійкість; зумовлює набухання гуми на основі нітрільних і силоксанових каучуків.

Мастило призначене для змащення слабонавантажених швидкісних підшипників кочення електричних машин (електрогенераторів, стартер-генераторів) повітряних суден.

Мастило ВНП НП-261 Сапфір (ТУ 38.1011051-87) – мастило на основі термостійких олив та загусників. Робочий діапазон температур від мінус 40 до 150 °С, короткочасно до 200 °С. Експлуатаційні характеристики: високі термостійкість, механічна та антиокиснювальна стабільності.

Мастило призначене для конічних роликів підшипників ступиць коліс шасі, що тривалий час працюють в широкому температурному діапазоні в умовах різкозмінних навантажень і частот обертання. Мастило застосовується в шліцевих з'єднаннях повітряних гвинтів літаків і гвинтокрилів, в різбових з'єднаннях.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: K3N-55.

Мастило Ера (ВНПНП-286М) (ТУ 38.101950-83) – суміш олив гідрокрекінгу та гідроізомеризації, загущена кислотами гідрованої рицинової олії та літєвим милом стеаринової кислоти; містить протизадирну й антиокиснювальну присадки. Робочий діапазон температур від мінус 60 до 120 °С. Експлуатаційні характеристики: високі антиокиснювальні та антикорозійні властивості; висока механічна стабільність; ефективні протизадирні та протизношувальні характеристики; інертність при контакті з гумою; водостійкість; висока морозостійкість; низька колоїдна стабільність.

Мастило застосовується в зубчастих передачах, підшипниках ковзання та кочення різних систем управління повітряних суден; застосовується в підшипниках ротора гіроскопа.

Мастило відповідає класифікації DIN 51502: KP2-3K-60.

5.8. Приладові та захисні мастила

Приладові мастила виробляють в невеликих кількостях. Багато з них готують в напівпромислових і навіть лабораторних масштабах. У зв'язку з великою різноманітністю приладові мастила ділять на чотири групи:

- для електромеханічних приладів,
- гіроскопічні,
- годинникові та телефонні,
- оптичні.

Мастила для електромеханічних приладів.

Мастило ОКБ-122-7 (ГОСТ 18179) – загущене сумішшю церезину (озокеритового або нафтового) і літєвого мила.

Мастило ОКБ-122-7 характеризується ефективними захисними властивостями, водостійкістю, низькою випаровуваністю, хімічною та колоїдною стабільністю (табл. 5.16). Небажаною властивістю мастила ОКБ-122-7 є значне термозміцнення за температури 120 °С. Механізм цього явища ґрунтується на цементації мастила воском, що присутній в мастилі як загусник, а після розплавлення застигає. Мастило ОКБ-122-7 зберігає стабільність під час тривалого зберігання. Допускається його використання в постійно працюючих приладах і механізмах без зміни протягом 10 років. Практичне використання показує, що мастило ОКБ-122-7 зберігає свої властивості протягом 5–8 років.

Мастило застосовується як багатоцільове приладове мастило для багатьох галузей промисловості (прецизійних підшипників, точних механізмів і електромашин). ОКБ-122-7 – основне мастило для роликів і кулькових підшипників координатно-розточувальних верстатів.

Таблиця 5.16

Технічні характеристики мастила ОКБ-122-7

Найменування показника	Значення
Загусник	Li
Температура застосування, min–max, °C	Мінус 60–120
Межа міцності за температури 50 °C, Па, не менше	150
Колоїдна стабільність, %, не більше	10
В'язкість ефективна, Па·с: за температури мінус 50 °C) (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹), не менше	1,2

Маркування мастила ОКБ-122-7:

- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: KSi2K-60.

Мастило ЦИАТИМ-202 (ГОСТ 11110) – нафтова олива, загущена літєвим милом вищих жирних кислот з додаванням антиокиснювальної присадки. Мастило ЦИАТИМ-202 дуже близьке за складом до мастила ЦИАТИМ-201, але готується на більш в'язкій оливі. Тому існує обмеження щодо його застосування за низьких температур (нижче мінус 40 °C). Не рекомендується застосування мастила за температур вище 80–90 °C через невисоку межу міцності. Однак в герметичних вузлах тертя мастило ЦИАТИМ-202 працездатне і до 120 °C. Мастило характеризується ефективною водостійкістю та низькою випаровуваністю, високими захисними властивостями та колоїдною стабільністю (табл. 5.17).

Це спеціалізоване приладове мастило. У минулому його застосовували в підшипниках гіроскопів. У зв'язку з удосконаленням гіроскопічних приладів і появою нових мастил (ВНІНП-228, ВНІНП-260 і ін.) мастило ЦИАТИМ-202 для цих цілей зараз майже не застосовується. Однак його широко використовують для змащування швидкісних підшипників, невеликих зубчастих передач та інших вузлів тертя приладів і точних механізмів.

Таблиця 5.17

Технічні характеристики мастила ЦИАТИМ-202

Найменування показника	Значення
Загусник	Li
Пенетрація за температури 25 °С (60 подвійних тактів), мм·10 ⁻¹	265–325
Температура краплепадіня, °С, не нижче	175
Колоїдна стабільність, %, не більше	20
Межа міцності на зсув, за температури 50 °С, Па,	150
В'язкість ефективна, Па·с, не більше: за температури мінус 30 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹)	1300

Маркування мастила ЦИАТИМ-202:

- за ДСТУ 4226: НЛи 5/12-2;
- за класифікацією NLGI 2;
- за класифікацією DIN 51502: K2K-50.

Гіроскопічні мастила.

Підшипники ротора гіроскопа працюють в екстремальних умовах. Частоти обертання підшипників гіроскопа сягають багатьох десятків тисяч обертів за хвилину. Нерідко гіроскоп використовується в середовищі інертного газу (гелій, водень) або вакуумі, що створює специфічні труднощі. У цих умовах різко підвищуються вимоги до протизношувальних властивостей мастил. Крім цього, мастило повинно без заміни забезпечити безвідмовну службу гіроскопа протягом багатьох років. Підвищені вимоги до мастила зумовлені ще й малими розмірами та високою точністю роботи гіроскопа. Це вимагає більш ніж стерильної чистоти мастила. Гіроскопічні мастила готують в герметичних боксах на особливо очищених компонентах.

Мастило ВНІНП-223 (ГОСТ 12030) – діоктилсебацінат, загущений комплексним натрієвим милом, містить антиокиснювальну і протизношувальну присадки. Характеризується високим ступенем очищення. Мастило ВНІНП-223 працездатне в температурному діапазоні мінус 45–150 °С. У недостатньо герметизованих вузлах тертя мастило застосовують за температури до 120 °С (табл. 5.18).

Призначене мастило для змащування швидкохідних приладових підшипників кочення (до 60 тис. хв⁻¹), підшипників роторів гіроскопічних приладів, що працюють за залишкового тиску до 10 Па (0,1 мм рт.ст.), підшипників ковзання і малопотужних

зубчастих передач. Мастило ВНІНП-223 також застосовується в прецизійних кулькопідшипниках швидкісних верстатів при D_n до 500 тис. $\text{мм} \cdot \text{хв}^{-1}$, а також в системі управління космічної та ракетної техніки.

Таблиця 5.18

Технічні характеристики мастила ВНІНП-223

Найменування показника	Значення
Температура краплепадіння, °С, не нижче	180
Пенетрація за температури 25 °С, $\text{мм} \cdot 10^{-1}$, у межах	320–370
В'язкість ефективна за температури 0 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с^{-1}), Па·с, не більше	60
Межа міцності, Па, за температури 20 °С	150
Колоїдна стабільність, %, не більше	15

Мастило ВНІНП-228 (ОСТ 38.01438) – суміш нафтової оливи і діоктилсебацнату, загущена комплексним натрієвим милом, містить антиокиснювальну і протизношувальну присадки. Характеризується кращими змащувальними властивостями і більшою працездатністю за високої температури застосування, у порівнянні з мастилом ВНІНП-223. Мастило ВНІНП-228 працездатне за залишкового тиску 13,3 Па і температури мінус 5–150 °С (табл. 5.19).

Таблиця 5.19

Технічні характеристики мастила ВНІНП-228

Найменування показника	Значення
Температура краплепадіння, °С, не нижче	180
Пенетрація за температури 25 °С, $\text{мм} \cdot 10^{-1}$, у межах	320–370
В'язкість ефективна за температури 0 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с^{-1}), Па·с, не більше	40
Межа міцності, Па, за температури 20 °С, не менше	110
Колоїдна стабільність, %, не більше	14

Застосовується для змащування спеціальних швидкісних кулькопідшипників з частотою обертання до 60000 хв^{-1} , чутливих опор точних механізмів і вузлів тертя лічильно-обчислювальних машин.

Мастило ВНІНП-260 (ГОСТ 19832) – базова високов'язкісна високоіндексна нафтова олива МС-20, загущена комплексним натрієвим милом, містить протизношувальну й антиокиснювальну

присадки. Завдяки виготовленню на важкій нелеткій оливі МС-20 мастило можна застосовувати у глибокому вакуумі. До переваг необхідно віднести більший термін служби, ніж інших гіроскопічних масил. Працездатне при залишковому тиску 13,3 Па і за температури від мінус 50 до 180 °С (табл. 5.20).

Застосовується в швидкісних кулькопідшипниках з частотою обертання до 60000 хв⁻¹.

Таблиця 5.20

Технічні характеристики мастила ВНІНП-260

Найменування показника	Значення
Температура краплепадіння, °С, не нижче	200
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	320–360
В'язкість ефективна за температури 0 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹), Па·с, не більше	100
Межа міцності на зсув за температури 50 °С, Па, у межах	50–180
Колоїдна стабільність при навантаженні 3 Н, % виділеної оливи, не більше	8

Маркування мастила ВНІНП-260:

- за ДСТУ 4226: ПкНа 5/18-1.

5.9. Годинникові та телефонні мастила

Годинникове РС-1 загального призначення (ГОСТ 21532) – мастило одержують компаундуванням фракцій вакуумної перегонки нафтової оливи і кісткової олії з церезином і воском (табл. 5.21). До переваг мастила РС-1 можна віднести низьку випаровуваність і підвищену адгезію. Недоліком мастила є низька межа міцності.

Основною сферою застосування мастила є мікровузли. Мастило РС-1 вузькоспеціалізоване. Ним змащують вузли заведення і переведення стрілок наручних і кишенькових годинників, а також важільних систем приладів, що працюють за температур від мінус 10 до 40 °С.

Маркування мастила РС-1:

- за ДСТУ 4226: ПТ 1/4 нп 00.

Таблиця 5.21

Технічні характеристики мастила РС-1

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Однорідна мазь без грудок, від світло-жовтого до коричневого кольору
Кінематична в'язкість за температури 70 °С, м ² /с (сСт), у межах	(15–19) · 10 ⁻⁶
	(15–19)
Температура краплепадіння, °С, не нижче	40
Кислотне число, мг КОН на 1 г мастила, не більше	0,7
Випаровуваність, %, не більше	0,45
Колоїдна стабільність в % виділеної оливи, не більше	25
Корозійна активність на сталі та латуні	Витримує

Мастило ЛПП-7 (ТУ 38 101702) – жовта або світло-коричнева вазеліноподібна мазь. Завдяки приготуванню на алюмінієвому милі підвищується липкість і водостійкість мастила, а введення присадки ДАФ (ефіру фталевої кислоти і спиртів С₇-С₉) сприяє поліпшенню його консерваційних властивостей стосовно міді у вологій атмосфері.

Мастило ЛПП-7 вузькоспеціалізоване. Ним змащують деталі декадно-крокових шукачів автоматичних телефонних станцій.

5.10. Оптичні мастила

Склад і властивості оптичних мастил гарантують відсутність жирових нальотів на склі приладів. Мастила забезпечують тривалу роботу приладів (5–10 років і більше) без заміни й поповнення.

Мастила АЦ-1, АЦ-2, АЦ-3 (ТУ 38 101383) наносять на поверхні тертя приладів і точних механізмів, на нарізні сполучення навідних гвинтів, на шестерні і черв'ячні передачі біноклів і теодолітів. Більш щільні мастила АЦ-1 і АЦ-2 використовують в з'єднаннях, що мають великі щілини: АЦ-1 при щілинах понад 50 мкм, АЦ-2 при щілинах від 20 до 50 мкм, АЦ-3 менше 20 мкм. Зазначені мастила водостійкі, колоїдно- і хімічно стабільні та працездатні протягом тривалого часу. На оптико-механічних

заводах в мастила АЦ, а також СОТ, СК, МЗ-5, Крон вводять за необхідністю колоїдний графіт (С-1 або С-2). Такі мастила призначені для вузлів тертя, що працюють за підвищених навантажень. Суміші з графітом додатково маркують. Наприклад, АЦ-1-5Г позначає суміш мастила АЦ-1 з 5 % графіту.

Оптичне мастило АЦ-1 (ТУ 38.101383) – суміш діоктилсебацінату і оливи МС-8п у співвідношенні 2:3, загущена церезином, алюмінієвим милом і солями жирних кислот, містить антиокиснювальну присадку. Водостійке, характеризується високою хімічною та колоїдною стабільністю, ефективними протизношувальними характеристиками, працездатне протягом тривалого часу в діапазоні температур від мінус 60 до 65 °С (табл. 5.22).

Таблиця 5.22

Технічні характеристики мастила АЦ-1

Найменування показника	Значення
Температура краплепадіння, °С, не нижче	100
Межа міцності, Па:	
за температури 20 °С, в межах	900–1100
за температури 70 °С, не менше	600
В'язкість, Па·с:	
за температури мінус 50 °С	2000
за температури мінус 20 °С, не більше	1500
за температури 0 °С	65
за температури 20 °С	35
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	250
Механічна стабільність:	
вихідна межа міцності під час розриву за температури 20 °С, Па	800
індекс руйнування, %	45
індекс відновлення, %	90
Випаровуваність за 1 год., %:	
за температури 100 °С, у межах	1–5
за температури 150 °С	20
Колоїдна стабільність, %, не більше	12

Крон І і ІІІ (ТУ 38 001191-74) близькі за призначенням й основними характеристиками до мастил серії АЦ, але мають кращі протизношувальні та протизадирні характеристики. Ці мастила

використовують для окулярів з багатозахідними різьбами, де мастила АЦ застосовувати не рекомендується, так як вони порушують плавність ходу та зумовлюють заїдання. При щілинах в різьбі понад 20 мкм використовують мастило крон І, що має щільну консистенцію. У вузлах з щілинами до 20 мкм, що працюють з малими навантаженнями, використовують м'яке мастило крон ІІІ.

Мастило СОТ (ТУ 38 101382) відрізняється від мастил серії АЦ і Крон тим, що містить неорганічний загусник силікагель. Це покращує його працездатність за підвищених температур. СОТ застосовують замість мастил АЦ і Крон для оптичних приладів – фото- і кіноапаратів у тропічному виконанні при щілинах в різьбах понад 50 мкм. Для підвищення протизношувальних характеристик до складу мастила додають рицинову олію. Як антисептик додають 4-капроілрезорцин. Мастило СОТ завдяки його високій адгезії можна використовувати не тільки для змащування деталей тертя, але й в діапазоні температур від мінус 50 до 85 °С як протиобсипаючий компонент.

Мастила 2СК, 3СК, 4СК (РТМ 3-396) крім оливної основи та вуглеводневого загусника містять каучук. За складом і властивостями аналогічні мастилам серії АЦ. При переході від 2СК до 3СК і далі до 4СК зростає концентрація загусника (церезину 80) консистенція мастила. Мастила серії СК не рекомендують застосовувати для роботи в контакт з латунними деталями. Вони призначені для вузлів тертя, де необхідна висока адгезія мастила. Мастилом 2СК змащують каретки з оптичними деталями, що мають нарізні сітки, мастилом 3СК – різьби окулярів, шестерні та з'єднання з щілиною понад 50 мкм. Мастило 4СК використовують для ущільнення кришок головок прицільних оптичних приладів.

Мастило ВНІІІІ-299 (ТУ 38 101324) – кремнійорганічна рідина, загущена модифікованим силікагелем. Висока колоїдна стабільність і адгезія; підвищена в'язкість і мала залежність мастила від зміни температури забезпечують плавний хід і чітке фіксування рухомих деталей кіно- і фотоапаратури взимку і влітку (табл. 5.23). Діапазон робочих температур від мінус 30 до 50 °С.

Область застосування мастила – механізми панорамних пристроїв кіно- і фотоапаратури.

Таблиця 5.23

Технічні характеристики мастила ВНІНП-299

Найменування показника	Значення
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	310–340
В'язкість ефективна за температури 0 °С (середній градієнт швидкості деформації 10 с ⁻¹), Па·с, не більше	680
Межа міцності, Па, за температури 20 °С	280
Колоїдна стабільність, %, не більше	3

5.11. Консерваційні (захисні) мастила

Агрінол ЗЕС (ТУ У 23.2-30802090) – циліндрова олива Ц-52, загущена алюмінієвим милом СЖК і петролатумом. Характеризується високою водостійкістю і адгезією, ефективними консерваційними властивостями. Діапазон робочих температур від мінус 50 до 100 °С (табл. 5.24).

Мастило Агрінол ЗЕС застосовується для захисту від корозії грозозахисних тросів і арматури високовольтних ліній електропередач усіх класів напруги, а також різних машин, механізмів і інших металевих виробів з чорних і кольорових металів в умовах експлуатації, транспортування і зберігання на відкритих майданчиках. Мастило може застосовуватися у всіх кліматичних зонах, зокрема в сухих і вологих тропіках, в умовах морського туману та контакту з морською і прісною водою, а також за безпосереднього впливу сонячних променів і нагріванні поверхні.

Таблиця 5.24

Технічні характеристики мастила ЗЕС

Найменування показника	Значення
Загусник	АІ вуглеводневий
Температура краплепадіння, °С, не нижче	105
Температура застосування, min–max, °С	мінус 50–100
Температура сповзання, °С, не нижче	-
Пенетрація за температури 25 °С, мм·10 ⁻¹ , у межах	270–335
Визначення схильності до сповзання	Витримує
Корозійний вплив на метали	Витримує

Маркування мастила Агрінол ЗЕС:

- за класифікацією NLGI 1, 2;
- за класифікацією DIN 51502: OG 1/2 G-50.

Мастило Гарматне (ПВК) (ГОСТ 19537) – нафтова олива, загущена петролатумом і церезином, містить антикорозійну присадку. Основні експлуатаційні характеристики гарматного мастила: високі адгезійні та консерваційні властивості, водостійкість, утримується на похилих і вертикальних поверхнях (табл. 5.25).

Мастило призначене для захисту від корозії поверхонь металевих виробів за температур від мінус 50 до 50 °С в умовах складського зберігання та консервації (табл. 5.25).

Маркування мастила Гарматне:

- за ДСТУ 4226: 3Т5/5-5;
- за класифікацією NLGI 5, 6;
- за класифікацією DIN 51502: М 5/6 С-50.

Таблиця 5.25

Технічні характеристики мастила Гарматне

Найменування показника	Значення
Загусник	Тверді вуглеводні
Температура краплепадіння, °С, не нижче	60
Температура застосування, min–max, °С	мінус 50–50
Температура сповзання, °С, не нижче	50
Пенетрація за температури 25°С, мм·10 ⁻¹ , у межах	90–150 (без перемішування)
Корозійний вплив на метали	Витримує (мідь)

Питання для самостійної роботи

1. Охарактеризуйте відмінність мастил загального призначення для підвищених температур від мастил загального призначення для звичайних температур.
2. Охарактеризуйте асортимент багатоцільових мастил.
3. Опишіть закордонні аналоги вітчизняних мастил.
4. Опишіть асортимент вітчизняних і закордонних авіаційних мастил.
5. Охарактеризуйте основні властивості мастил.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ

Сутність виготовлення ПМ полягає у створенні структурованої колоїдної системи, що має необхідні експлуатаційні характеристики. Тому під час виробництва мастил для одержання необхідної структури слід ретельно витримувати технологічні режими: температуру й тривалість змішування компонентів, охолодження та гомогенізацію суміші, додавання присадок, додатків, модифікаторів і наповнювачів. Для одержання мастил можуть використовуватися готові загусники. Такі загусники, як мила й полісечовини, можуть також готуватися *in situ*, тобто, у процесі приготування самого мастила змішуванням реагентів у дисперсійному середовищі.

6.1. Основи технологій виробництва пластичних мастил

Виробництво мастил різних типів має свої особливості. Розглянемо загальні основні питання.

Приготування мастил з готових загусників полягає в інтенсивному механічному диспергуванні загусника в оливі. Для вуглеводневих і деяких мильних мастил буває досить простого перемішування при нагріванні. Такі загусники, як глини, аеросил вимагають більш активного впливу, до яких відносяться циркуляція суміші по контуру, проміжна гомогенізація.

Приготування загусника *in situ* відбувається під час змішування реагентів в дисперсійному середовищі або його частини. Наприклад, для приготування мила в реактор завантажують дисперсійне середовище, жири та водний розчин (або суспензію) гідроксиду металу. Суміш нагрівають до 200 °С і більше та перемішують протягом заданого часу (10-40 хв.). У реакторі відбувається омилення жиру з утворенням мила й гліцерину. Гліцерин залишається в мастилі, а надлишок води випаровується. Для цього використовуються спеціальні випарні апарати. Повністю воду з

мастила видалити не можна, і тому частина її (до декількох відсотків на мастило) залишається. Іноді це виявляється корисним. Наприклад, вода в гідратованих кальцієвих змащеннях служить стабілізатором їх структури. Іншим прикладом приготування загусника *in situ* може служити одержання полісечовини. Для цього у дисперсійному середовищі послідовно змішують аміни та ізоціанати, спостерігаючи в процесі реакції між ними інтенсивне загущення суміші з виділенням тепла.

Завершується стадія диспергування загусника освітленням гомогенного розплаву або тонкої суспензії.

Охолодження – відповідальна стадія, на якій починається утворення структури мастила. Воно починається в реакторі та триває в спеціальних скребкових холодильниках. Існують інші способи охолодження, наприклад, в тонкому шарі на обертових барабанах. На завершальній стадії процесу охолодження до складу мастила додають більшість присадок і наповнювачів.

Гомогенізація мастила завершує утворенням її структури. Вона полягає в інтенсивному механічному впливі на гель. Найпростішим гомогенізатором є триваликові змішувачі для фарб, в яких через щілини між обертовими валками пропускається мастило. Більш ефективні клапанні і роторно-щілинні гомогенізатори, в яких мастило пропускається з великою швидкістю під тиском через малі регульовані щілини. Існують гомогенізатори та інших типів.

Деаерація – стадія, якою іноді нехтують. Проте видалення повітря з готового мастила покращує його структуру й зовнішній вигляд.

Фільтрація вихідних компонентів і готових мастил також необхідна для одержання якісного продукту з задовільними антифрикційними характеристиками. З цією метою мастила пропускають через металеві сітки, патронно-щілинні фільтри або фільтри інших, більш складних конструкцій.

Особливості технологічних процесів виробництва мастил та їх апаратне оформлення в першу чергу визначаються природою загусника. Найбільш простою є технологія виготовлення вуглеводневих мастил, що складається з попередньої підготовки

вихідних компонентів (тверді вуглеводні, оливи), їх поєднанні під час розплавлення, зневодненні розплаву та його охолодженні. При виготовленні мастил на високодисперсному гідрофобізованому діоксиді кремнію, органоглинах, олеофільному графіті, сажі, пігментах та інших неорганічних та органічних загусниках основна стадія технологічного процесу зводиться до механічного диспергування загусника в оливному середовищі та гомогенізації. Технологія виготовлення мильних мастил та на похідних сечовини, складна та багатостадійна, потребує спеціального апаратурного оформлення.

Процес виготовлення мастил на мильних загусниках складається з наступних основних стадій: підготовки та дозування сировини, одержання загусника, його термомеханічного диспергування, охолодження суміші, гомогенізації, фільтрації, деаерації та фасування.

Існує три основні методи виготовлення мастил: періодичний, напівбезперервний та безперервний.

Властивості ПМ залежать не тільки від жирних і карбонових кислот, катіонів металів і базової сировини, концентрації і величини рН мила (надлишку лугу або кислоти), але також в значній мірі від технології їх виробництва. Принципово, спочатку можна отримувати мило, а потім розчинювати його у оливі за високих температур. Під час охолодження в строго контрольованих умовах мила кристалізуються і утворюють гелеподібну мильну групу. Однак в більшості випадків жирні кислоти або тригліцериди в середовищі базової оливи взаємодіють з водним розчином лугу. Після омилення реакційну суміш нагрівають до утворення кристалічної рідини (як у випадку одержання літєсвих мильних мастил) або до одержання гомогенної рідини (як у випадку виробництва інших мильних мастил, наприклад натрієвих комплексних мастил).

Під час виробництва деяких мастил (наприклад натрієвих) максимальна робоча температура набагато нижча за температуру, за якої утворюються кристалічні системи. Різні максимальні робочі температури, навіть при застосуванні одного і того ж загусника, можуть забезпечити одержання мастил з різними властивостями.

У даний час більшість ПМ отримують за допомогою періодичних процесів. Для забезпечення сталості якості продуктів потрібна спеціальна апаратура. Через недостатню гнучкість експлуатації установки безперервної дії застосовують лише в рідкісних випадках.

Стадії виробництва залежать головним чином від загусника. Однак мастила, присадки та наявна апаратура також впливають на виробництво ПМ. Для прикладу, процес виробництва простих літєвих мастил складається з наступних стадій:

- розпорошення в оливі вихідної сировини, що піддається омиленню або нейтралізації;
- додавання гідроксидів металів, суспендованих або розчинених у воді;
- нагрівання для прискорення реакцій омилення і нейтралізації;
- дегідратація мильної дисперсії підвищенням температури та додаванням оливи;
- кристалізація повністю або частково розчиненого мила при відповідному охолодженні;
- додавання присадок;
- гомогенізація за допомогою гомогенізатора або без нього;
- регулювання рівня заданої пенетрації перемішаного мастила: консистенції (якщо результати відхиляються від заданої величини, тобто мастило занадто густе) знову додають оливу та присадки й повторюють гомогенізацію;
- фільтрування та у деяких випадках деаерація;
- тимчасове зберігання в резервуарах або фасується у дрібну тару;
- контроль показників якості.

6.2. Технологічна схема виробництва мильних мастил періодичним способом

Принципова технологічна схема установки для виробництва мильних мастил періодичним методом наведена на рис. 6.1.

Установка забезпечує приготування мастил на будь-яких милах. При цьому мила одержують безпосередньо в процесі

приготування мастила (in situ), омилюючи жири гідроксидами металів в 1/3–2/3 частинах дисперсійного середовища. Установка також може бути використана для приготування вуглеводневих мастил.

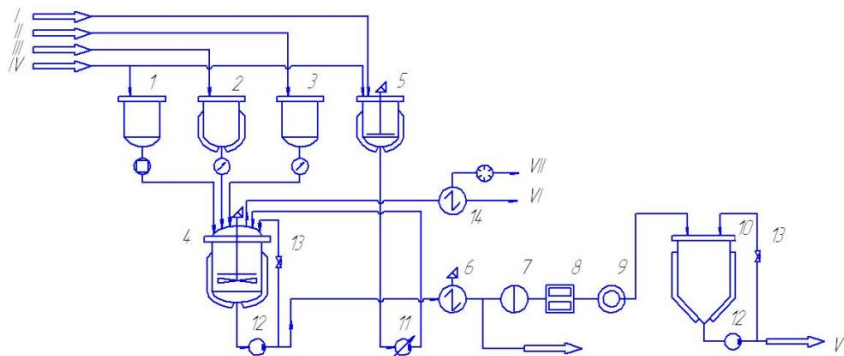


Рис. 6.1. Технологічна схема установки виробництва мильних мастил періодичним методом:

- 1–3 – сировинні місткості; 4 – скребково-лопатевий апарат;
 5 – апарат для виготовлення концентрату присадок;
 6 – скребковий холодильник; 7 – фільтр; 8 – гомогенізатор; 9 – деаератор;
 10 – накопичувач; 11 – дозувальні пристрої; 12 – насоси;
 13 – гомогенізуючі клапани; 14 – конденсатор; 15 – насос вакуумний;
 I – присадки; II – компоненти, що омиляються; III – розчин (суспензія) гідроксиду металу; IV – олива; V – готова продукція (мастило) на фасування; VI – конденсат; VII – повітря – неконденсовані гази

При цьому скребковий холодильник 6 в разі необхідності може бути замінений на холодильник барабанного типу. Більшість вуглеводневих мастил не гомогенізують. Нерідко в реакторі 4 повністю завершують охолодження мастила, подаючи в його сорочку холодоагент. Цей реактор є основним апаратом в періодичній схемі виробництва мастил. Він повинен бути обладнаний скребково-лопатевим пристроєм. У ньому послідовно здійснюють змішування компонентів, омилення жирів або нейтралізацію кислот, зневоднення мильно-масляного концентрату,

термообробку, часткове або повне охолодження обробленням розплаву мила залишилася частиною оливи і подачі в сорочку реактора холодоагенту. Приготування мастила за цією схемою здійснюється наступним чином.

Установка забезпечує виготовлення мастил на будь-яких милах. При цьому мила одержують безпосередньо під час виготовлення мастила. Установка також може використовуватись при виготовленні вуглеводневих мастил. Виготовлення мастила за цією схемою виконують наступним чином. У реактор 4, при працюючому центральному перемішуючому пристрої, дозаторами 11 з місткостей 1, 2 та 3 відповідно, завантажують розрахункову кількість дисперсійного середовища, задану масу компонентів, що повинні омилюватись та відповідну кількість водного розчину (суспензії) гідроксиду металу.

Подають в сорочку реактора 4 теплоносії, суміш нагрівають до 90–100 °С при працюючих перемішуючих пристроях та циркуляції вмісту реактора за допомогою насосу 12 через гомогенізуючий клапан 13. При цьому відбувається омилення жирів. Коли омилення закінчено, з мило-оливної суміші вилучають вологу, повнота вилучення якої залежить від типу мастила. На цій стадії реактор підключають до вакуумного насосу 15 через конденсатор 14. Після вилучення вологи та відповідної термообробки мастило охолоджують. Якщо мастило не гомогенізують, тоді його або відкачують безпосередньо в тару, або в місткість-накопичувач 10 та потім на фасування.

За спрощеною схемою готують гідратовані Са-мастила – солідоли. У цьому випадку в основному процес здійснюється в реакторі 4, подаючи в його сорочку при нагріванні водяну пару, а при охолодженні – воду. У разі високотемпературних мастил, наприклад літєвих або комплексних кальцієвих, після зневоднення мильно-масляний концентрат нагрівають до необхідної температури термообробки (210–230 °С) при безперервному перемішуванні та розплавлення мила, що утворилося за цих умов, витримують протягом передбаченого технологічним регламентом часу (10–40 хв.). Потім, не припиняючи перемішування, розплав мила охолоджують до 165–180 °С, подаючи в реактор решту оливи, а в його сорочку –

холодоагент. Температуру охолодження розплаву мила визначають типом і складом мастила. При оптимальній для кожного типу мастила температурі його витримують заданий час (ізотермічна кристалізація) і після додаткового охолодження до 150–160 °С дозувальним насосом 11 з апарату 5 в реактор 4 завантажують присадки. Якщо присадки за цієї температури не термостабільні, їх подають на другу сходинку скребкового холодильника 6, де температура мастила на вході сягає 90–100 °С.

У скребковому холодильнику 6, в сорочку якого подається холодоагент, мастило охолоджують до 50–60 °С. Як холодоагент застосовують охолоджену до 3–5 °С воду, що циркулює в замкнутій системі: скребковий апарат – холодильна установка – скребковий апарат. У разі відсутності холодильної установки використовують знесолену воду з температурою 20–25 °С. Таке охолодження можливе тільки за умови ретельного та глибокого очищення води, що не забруднює поверхню охолодження апарату. При великому забрудненні поверхні очищення виявиться економічно менш вигідним, ніж створення замкнутої системи охолодження. Застосування розсолу з температурою до мінус 10–15 °С у замкнутій системі охолодження як холодоагент є недоцільним, оскільки різко підвищується в'язкість продукту в пристінному шарі, збільшується витрата енергії на привід і в кінцевому рахунку погіршуються умови охолодження через велике виділення тепла дисипації. Після охолодження мастило, пройшовши послідовно через фільтр 7, гомогенізатор 8 і деаератор 9, надходить в накопичувачі 10, з яких фасується в тару. Часткове скорочення циклу при періодичному способі виробництва й підвищення ефективності процесу можливо спільним завантаженням реагентів дозувальними насосами через спеціальний змішувач, а також скороченням часу зневоднення при підводі додаткового тепла через теплообмінник, що включається в циркуляційну систему реактора 4.

Періодичний процес при сучасному апаратурному оформленні відрізняється гнучкістю, що дозволяє виробляти практично будь-які мильні та вуглеводневі мастила. Останні одержують в реакторі після зневоднення твердих вуглеводнів (парафіну, церезину або петролатуму) за температури 105–110 °С,

їх диспергування в оливі з подальшим охолодженням в скребковому холодильнику або за допомогою спеціального холодильного барабану. Описана технологічна схема рекомендується при відносно невеликих обсягах (до 2000 т в рік) виробництва мастил.

Періодичний процес при сучасному апаратурному оформленні дозволяє виготовляти майже усі мильні та вуглеводневі мастила. Останні одержують в реакторі після зневоднення твердих вуглеводнів (парафіну, церезину або петролатуму) за температури 105–110 °С, їх диспергування в оливі з охолодженням у скребковому теплообміннику або за допомогою спеціального холодильного барабану.

6.3. Технологічна схема виробництва мильних мастил періодичним способом з використанням автоклав-контакторів

Більш досконала схема виробництва мастил на мильних загусниках (у разі використання природних жирів – гліцеридів кислот) періодичним способом наведена на рис. 6.2.

Вона відрізняється застосуванням на стадії омилення жирів контактора-автоклава 4. Установка призначена для виробництва різних мильних мастил. Поряд з приготуванням мильного загусника безпосередній, але у процесі виробництва мастил можливе приготування загусника, катіоном якого є важкі метали, наприклад свинець, по реакції подвійного обміну через натрієві мила. Такий процес називають приготуванням мастил періодичним способом у два або три етапи.

Процес здійснюється в такий спосіб. Сировинні компоненти мастил (дисперсійне середовище, розплавлені жири, водний розчин або суспензія гідроксиду металу) через дозатори 15 в заданих співвідношеннях з ємностей 1, 2 і 3 подаються в автоклав-контактор 4, що працює при надлишковому тиску до 1 МПа. У автоклаві-контакторі за підвищеної температури (130–200 °С залежно від типу мастила) за 20–40 хв. відбувається омилення жирів з утворенням мильно-масляного концентрату. Контактор обігрівається теплоносієм, що циркулює через сорочку апарату. Гаряча реакційна суміш, що перебуває під тиском, з контактора надходить у пара-

лельно (за необхідності може бути послідовно) працюючі реактори 5 і 6, обладнані скребково-лопастевим пристроєм. У цих апаратах мильна основа при нагріванні обробляється другою частиною (порцією) масла. Реактори 5 та 6 обладнані системою для видалення парів води та їх конденсації: конденсатор 13 і вакуумний насос 14.

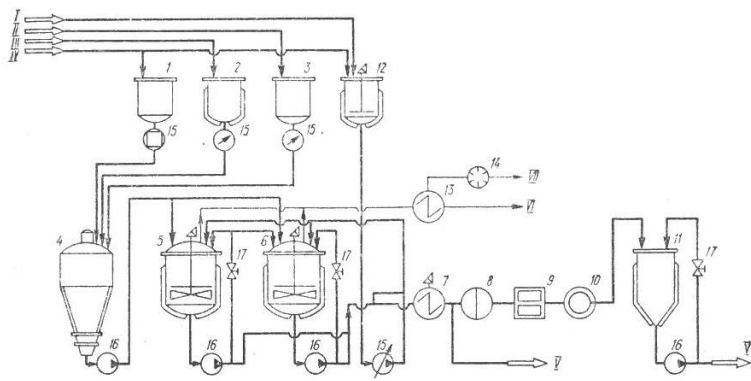


Рис. 6.2. Принципова технологічна схема установки для виробництва мильних мастил періодичним способом із застосуванням автоклава-контора:

1–3 – сировинні ємності; 4 – автоклав-контактор; 5, 6 – скребково-лопастевий апарат; 7 – скребковий холодильник; 8 – фільтр;

9 – гомогенізатор; 10 – деаератор; 11 – накопичувач; 12 – апарат для приготування концентрату присадок; 13 – конденсатор; 14 – насос вакуумний; 15 – дозувальні пристрої; 16 – насоси;

17 – гомогенізовані клапани;

I – присадки; II – розчин (суспензія) гідроксиду металу; III – обмилюючі компоненти; IV – олива; V – готова продукція (мастило) на фасування;

VI – конденсат; VII – повітря-несконденсовані гази.

Для більшості мильних мастил після випаровування води та термомеханічного диспергування загусника в реакторах 5 і 6 (тривалість циклу 2–3 год) утворений розплав охолоджується безпосередньо в реакторах 5 і 6 останньою порцією оливи, а потім – у скребковому холодильнику 7. Присадки та наповнювачі залежно

від їх призначення, складу і властивостей з апарату 12 у вигляді розчину або суспензії в оливі подаються дозувальним насосом 15 в реактори 5 або 6 або на другу сходинку скребкового холодильника 7. Одержане мастило фільтрується 8, гомогенізується 9 і деаеруються 10. Потім надходить в ємності-накопичувачі 11 і на фасування.

Під час виробництва мастил на милах полівалентних металів у контакторі 4 готують, як правило, Na-мило, з якого у реакторі 5 при взаємодії з відповідною водорозчинною сіллю важкого металу одержують необхідне мило, з якого ретельно вимивають водорозчинні солі. Потім вологе мило змішують з маслом і одну частину суспензії відкачують у реактор 6 для полегшення видалення води. Після видалення води у реакторах 5 і 6 здійснюють термомеханічне диспергування загусника в оливі. Після додаткової обробки розплаву оливою його охолоджують і мастило піддають оздоблювальним операціям і фасують. Використання автоклава-контактора під час виробництва мастил на вітчизняних заводах широкого поширення не одержало на відміну від зарубіжних схем виробництва. Однак включення контактора в схему установки по виробництву мастил, де як омилювану сировину використовують природні жири (гліцериди кислот), істотно скорочує час їх приготування та дозволяє економити дорогі обмилюють компоненти.

Заслугує на увагу періодичний процес виробництва ПМ із застосуванням автоклава-контактора спеціальної конструкції. Принципова технологічна схема даного процесу приведена на рис. 6.3. Установка призначена для одержання різних мильних мастил. У автоклав-контактор 4 завантажують частину дисперсійного середовища, обмилюючі компоненти, гідроксид металу і підвищують температуру до заданого рівня, подаючи в сорочку контактора і його внутрішній змієвиковий пристрій теплоносії.

Для завершення омилення потрібно не більше 30 хв. При необхідності з автоклава-контактора 4 можна видаляти вологу, підключивши його до вакуумної системи: конденсатор 10 і вакуум-насос 11. У контакторі 4 можна завершити приготування мастила, завантаживши в нього залишкову кількість масла, усі необхідні

присадки та підключивши подачу холодоагенту в сорочку та змійовиковий пристрій контактора.

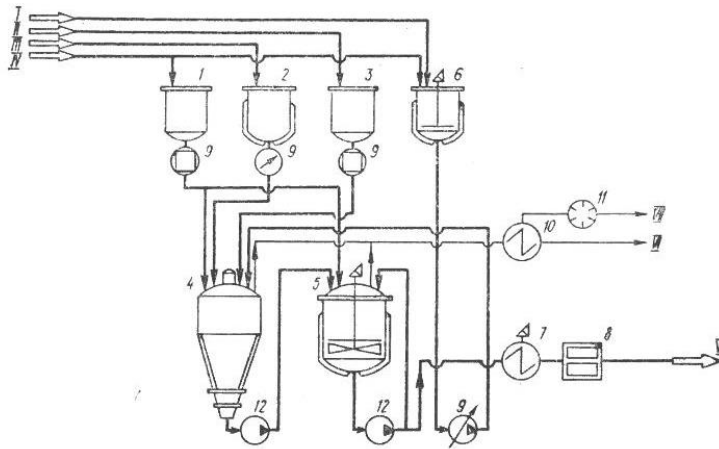


Рис. 6.3. Принципова схема установки типу «Стратком» для виробництва мильних масил періодичним способом:

1–5 – сировинні ємності; 4 – автоклав-контактор «Стратком»;
5 – скребково-лопатевої апарат; 6 – апарат для приготування концентрату присадок; 7 – скребковий холодильник типу «вотатор»; 8 – гомогенізатор;
9 – дозувальні пристрої; 10 – конденсатор; 11 – насос вакуумний;
12 – насоси; I–VII – позначення див. рис. 6.2.

По мірі зниження температури та збільшення в'язкості вмісту у контакторі швидкохідна мішалка спеціальної конструкції перетирає (гомогенізує) циркулююче мастило. Особливо сприятливо це позначається на якості літєвих масил. Однак в більшості випадків мильний концентрат з автоклава-контактора 4 насосом 12 перекачують в апарат зі скребково-лопатевою мішалкою 5, куди подають масло, присадки і завершують приготування мастила. Потім мастило через холодильник 7 гомогенізатор 8 направляють на фасування. Цикл приготування гідратованого кальцієвого мастила на цій установці становить 1,5–2 год, натрієвої або літєвої – близько 3 год.

6.4. Технологічна схема виробництва мильних мастил напівбезперервним способом

Переваги періодичного та безперервного процесів виробництва мастил можна реалізувати, використавши напівбезперервний процес, що забезпечує високу продуктивність виробництва мастил, а також оптимальний рівень їх якості. Технологічна схема такої установки з використанням сучасного обладнання та методів контролю якості напівпродуктів та готового мастила наведена на рис. 6.4.

Установка призначена для виробництва напівбезперервним методом будь-яких типів мильних мастил на стеариновій, олеїновій, 12-оксистеариновій кислотах, на природних та синтетичних жирах. Як дисперсійне середовище можуть використовуватись оливи різної природи (нафтові, синтетичні та їх суміші) залежно від галузі застосування мастил та вимог до них. Підготовлену сировину з місткостей 1–3 через дозатори 16 подають в реактори 4 з високообертovими мішалками, що дозволяють інтенсивно перемішувати малов'язку суспензію.

Омилену реакційну суміш, що готують в одному з паралельно діючих реакторів 4, подають дозуючим насосом 16 в трубчастий змійовик випарного апарату 5, в якому суміш зневоднюють під вакуумом через тепло попереднього нагрівання в апаратах 4, а також тепла, що передається теплоносієм.

З циркуляційного контуру зневоднену суміш перекачують дозувальним насосом 16 через скребковий теплообмінник 8 на термообробку в реактор 9. У цьому реакторі суміш витримують за необхідної температури заданій за технологією час. За цієї температури проводять ізотермічну кристалізацію. Після цього суміш охолоджують та дозувальним насосом 16 з апарату 10 у реактор 9 завантажують присадки. Після замішування присадок вміст реактора 9 насосом 16 перекачують в скребковий холодильник 11, фільтр 12, гомогенізатор 13 та деаератор 14, а потім у місткість-накопичувач 15 та на фасування.

Кількість періодично діючих реакторів 4 та їх об'єм підбираються так, щоб забезпечити безперервну роботу вузла зневоднення, а також всього ланцюга апаратів після реактора 4.

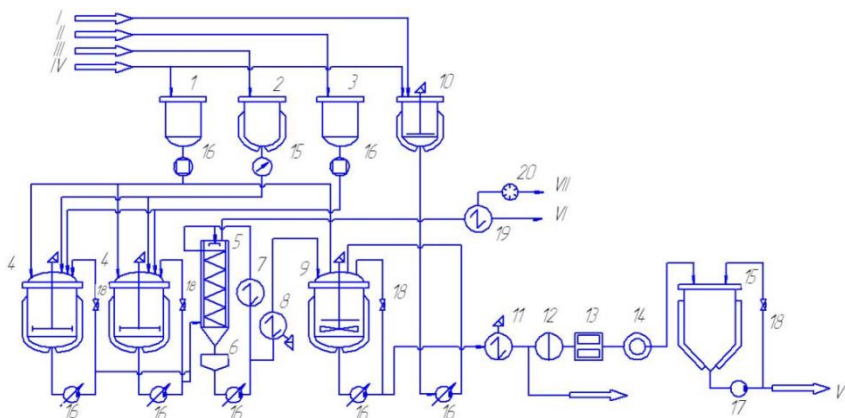


Рис. 6.4. Технологічна схема установки виробництва мильних масил напівбезперервним методом:

1–3 – сировинні місткості; 4 – реактори-змішувачі; 5 – випарний апарат;
6 – буферна місткість; 7 – теплообмінник; 8 – скребковий теплообмінник;
9 – скребково-лопатевий апарат; 10 – апарат для виготовлення концентрату присадок; 11 – скребковий холодильник; 12 – фільтр;
13 – гомогенізатор; 14 – деаератор; 15 – накопичувач; 16 – дозувальні пристрої; 17 – насос; 18 – гомогенізуючий клапан; 19 – конденсатор;
20 – насос вакуумний;

I – присадки; II – компоненти, що омиляються; III – розчин (суспензія) гідроокису металу; IV – олива; V – готова продукція (мастило) на фасування; VI – конденсат; VII – повітря – неконденсовані гази

Довготривалий досвід роботи установок напівбезперервної дії з виробництва масил масового призначення підтверджує перспективність їх застосування. Рекомендована продуктивність таких установок від 2 до 10 тис. т/рік.

6.5. Технологічна схема виробництва мастил на готових повітряно-сухих милах напівбезперервним способом

На готових повітряно-сухих милах в промислових умовах реалізуються схеми виробництва натрієвих, літєвих та інших мастил. Процес полягає в термомеханічному диспергуванні мильного загусника в дисперсійному середовищі до утворення ізотропного (однорідного) розплаву з наступним його охолодженням і обробленням на оздоблювальних операціях. Напівбезперервна схема імпортої установки для виробництва мастил на сухому оксистеараті літію у тому вигляді, в якому вона реалізована для виробництва мастил типу Літол-24, показана на рис. 6.5. Сухе мило може поставлятися в готовому вигляді або готуватися безпосередньо на установці.

Для одержання сухого мила обмилуючу сировину та водний розчин (суспензія лугу NaOH) в необхідних кількостях змішують в по чергово діючих реакторах, забезпечених пристроєм і сорочкою для подачі теплоносія. По завершенні реакції омилення або нейтралізації (для жирних кислот) водна суспензія (пульпа) мила надходить на сушку в вакуумний барабанний апарат безперервної дії.

Повітряно-сухе мило ерліфтом подається в ємність 2, потім дозатором 11 – в один з двох, паралельно встановлених реакторів 3, куди попередньо з ємності 1 через дозатор 11 завантажуються 2/3 необхідної кількості оливи. Суспензія мила в олії після ретельного перемішування дозувальним насосом 11 прокачується через електричний трубчастий нагрівач 5, де нагрівається до 205–210 °С. Потім розплав, змішуючись із залишком олії і присадками у змішувачі 6, надходить в деаератор 7. Розчин (суспензія) присадок в оліві в змішувач 6 подається насосом 11 з апарату 4. У деаератори 7 з мильно-оливного розплаву в результаті створюваного вакууму насосом 14 видаляється повітря.

Потім розплав направляється для охолодження в скребковий холодильник 8. Охолоджене мастило надходить в ємність-накопичувач 9, потім на фасування; некондиційний продукт через ємність-накопичувач 10 направляється на повторну переробку. Відзначимо, що у всіх циркуляційних (циркуляція створюється

насосами 11) контурах встановлені редукційні (гомогенізуючі) клапани 12.

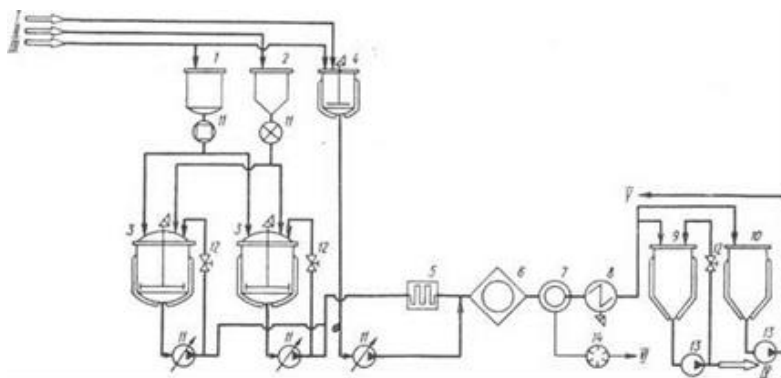


Рис. 6.5. Принципова технологічна схема установки для виробництва мастил на готовому повітряно-сухому оксистеараті літію безперервним способом:

1, 2 – сировинні ємності; 3 – реактори; 4 – апарат для приготування концентрату присадок; 5 – термоблок; 6 – змішувач; 7 – деаератор; 8 – скребковий холодильник; 9, 10 – накопичувач; 11 – дозувальні пристрої; 12 – гомогенізуючі клапани; 13 – насоси; 14 – насос вакуумний; I – присадки; II – повітряно-сухий оксистеарат літію; III – олива; IV – готова продукція (мастило) на фасування; V – некондиційний продукт; VI – повітря.

6.6. Технологічна схема виробництва мильних мастил безперервним способом

За підвищення продуктивності установок понад 10 тис. т/рік проявляються негативні особливості напівбезперервних та періодичних технологічних схем виробництва мастил, пов'язані з застосуванням громіздких і металоємних апаратів з мішалками, кількість та об'єм яких зростає за підвищення потужності установок. При цьому суттєво збільшуються енергетичні затрати. Необхідність циклічного

вмикання апаратів з мішалками при напівбезперервних процесах викликає труднощі при регулюванні процесу. Ці недоліки можна усунути при використанні безперервної технологічної схеми. В установках такого типу використовують систему безперервного дозування вихідних компонентів, ефективний реактор для одержання мильної основи, скребкові апарати оригінальної конструкції для нагрівання та охолодження в широкому інтервалі температур, прилади контролю процесу за стадіями та автоматичне регулювання процесу за характеристиками в'язкості та міцності.

Принципова технологічна схема установки виробництва мильних мастил безперервним способом, реалізована у промислових умовах потужністю більше 10 тис. т/рік наведена на рис. 6.6.

Дозуючим насосом 4 з місткостей 1–3 оливу, компоненти, що омиляються та розчин гідроксиду металу подаються в поточний змішувач 5, де вони інтенсивно перемішуються. Оливу перед подаванням в поточний змішувач нагрівають до заданої температури в теплообміннику 6. У поточному змішувачі 5 відбувається не тільки змішування, але й часткове омилення (нейтралізація) жирових компонентів. Ступінь глибини омилення залежить від складу жирів, що омиляються, температури, часу перебування продукту в апараті та ефективності змішування. Потім суміш подається в трубчастий змійовик випарного апарату 7, в якому за підвищеної температури (140–180 °C) та тиску близько 1 МПа закінчується реакція омилення жирів. Тиск в системі залежно від температури регулюється відповідним клапаном.

Автоматична система контролює та регулює вміст вільного лугу в продукті на виході зі змійовика випарника. Водооливна суспензія мила зі змійовика через розподільний пристрій подається в випарну камеру апарату 7, де зневоднюється.

Зневоднений продукт дозувальним насосом 11, продуктивність якого контролюється рівнем у випарнику, подається на термообробку в скребковий теплообмінник 12, потім змішуючись в насосі 13 з залишками оливи та присадками, подається в скребковий холодильник 15. Необхідне змішування досягається при циркуляції мастила насосом 13 через гомогенізуючий клапан 20.

Охолоджене мастило після скребкового холодильника 15 подається на фільтрування 16, гомогенізацію 17 та деаерацію 18, потім в місткість-накопичувач 19 та на фасування. Якість мастила – границя міцності, в'язкість, пенетрація – на вході в місткість-накопичувач 19 контролюється спеціальним пристроєм.

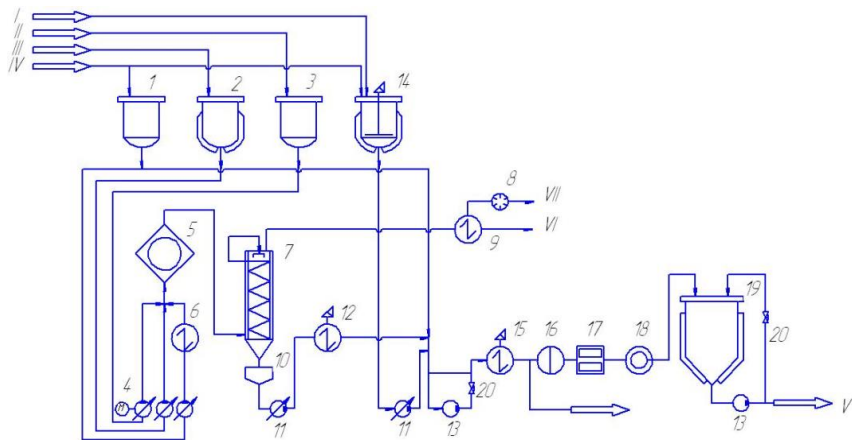


Рис. 6.6. Технологічна схема установки виробництва мильних мастил безперервним методом:

- 1–3 – сировинні місткості; 4 – дозуючий насосний агрегат; 5 – змішувач;
 6 – теплообмінник; 7 – випарний апарат; 8 – повітряний насос;
 9 – конденсатор; 10 – буферна місткість; 11 – дозувальні насоси;
 12 – скребковий теплообмінник; 13 – насоси; 14 – апарат для виготовлення концентрату присадок; 15 – скребковий холодильник;
 16 – фільтр; 17 – гомогенізатор; 18 – деаератор; 19 – накопичувач;
 20 – гомогенізуючий клапан;
 I – присадки; II – компоненти, що омиляються; III – розчин (суспензія) гідроокису металу; IV – олива; V – готова продукція (мастило) на фасування; VI – конденсат; VII – повітря – неконденсовані газы

Застосування наведеної безперервної технологічної схеми виробництва мастил масового призначення забезпечує порівняно з періодичними та напівбезперервними процесами суттєві техніко-економічні переваги: зменшує металоємкість основного обладнання в 5–6 разів, зменшує об'єм виробничих приміщень в 3–4 рази,

капітальні затрати на 25–30 %, знижує вартість продукції на 7–8 % тощо.

6.7. Технологічна схема виробництва мастил на неорганічних загусниках

Виробництво мастил на неорганічних загусниках (модифіковані осаджені та пірогенні силікагелі, бентонітові глини, пігменти, сажі тощо) відрізняється від виробництва мильних мастил та складається з наступних основних стадій:

- диспергування загусника в оливному середовищі при постійному перемішуванні;
- нагрівання суміші для випаровування зайвої вологи (за необхідності);
- механічна обробка мастила.

Принципова схема виробництва мастил на неорганічних загусниках наведена на рис. 6.7.

Дозувальним насосом 5 закачують з місткості 1 в апарат з скребково-лопатевим перемішувальним пристроєм 6 задану кількість дисперсійного середовища. Через дозатор 7 з місткості 2 завантажують присадки та, за необхідності, диспергатор. Потім, вмикають перемішуючий пристрій та подачу теплоносія в сорочку апарату 6 та через дозатор 8 із бункеру 3 завантажують загусник. При завантаженні загусника в апарат 6 вмикають насос 9 та циркулюють суміш по контуру; апарат 6 – насос 9 – гомогенізуючий клапан 18 – апарат 6. Після рівномірного розподілення загусника в оливні суміш з апарату 6 насосом 7 перекачують в скребково-лопатевий апарат 10, в який дозатором 8 з місткості 4 завантажують графіт.

Температуру суміші підвищують до 105–110 °С та вилучають вологу, підключивши апарат 10 до вакуумного насосу 11 через конденсатор 12. Потім суміш фільтрують 13, додатково гомогенізують 14, деаерують 15 та перекачують в місткість-накопичувач 16. З накопичувача мастило насосом подають на фасування.

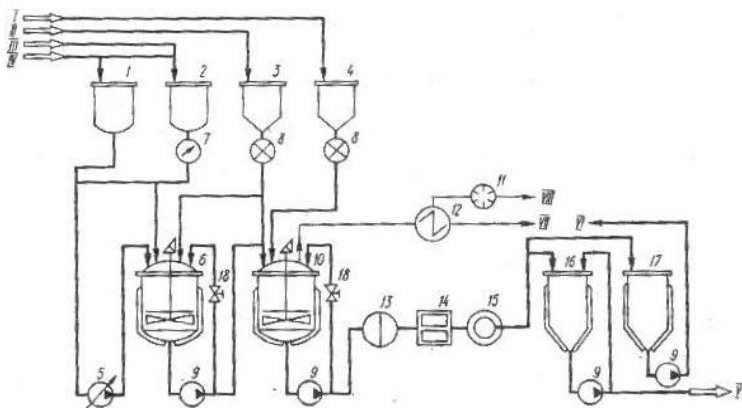


Рис. 6.7. Принципова схема виробництва мастил на неорганічних загусниках:

- 1–4 – сировинні місткості; 5 – дозуючий насосний агрегат;
 6, 10 – скребково-лопатевий апарат; 7, 8 – дозатори; 9 – насоси;
 11 – насос вакуумний; 12 – конденсатор; 13 – фільтр; 14 – гомогенізатор;
 15 – деаератор; 16, 17 – накопичувач; 18 – гомогенізуючі клапани;
 I – графіт, дисульфід молібдену; II – аеросил, бентоніт; III – присадки;
 IV – олива; V – готова продукція (мастило) на фасування;
 VI – некондиційний продукт; VII – конденсат;
 VIII – повітря – неконденсовані газы

6.8. Технологічна схема виробництва вуглеводневих мастил

Виробництво вуглеводневих мастил складається з наступних стадій:

- ретельне змішування профільтрованих компонентів;
- термомеханічне диспергування вуглеводневих загусників у дисперсійному середовищі;
- швидке охолодження розплаву в тонкому шарі;
- фасування готового продукту.

Принципова технологічна схема установки виробництва

вуглеводневих мастил наведена на рис. 6.8.

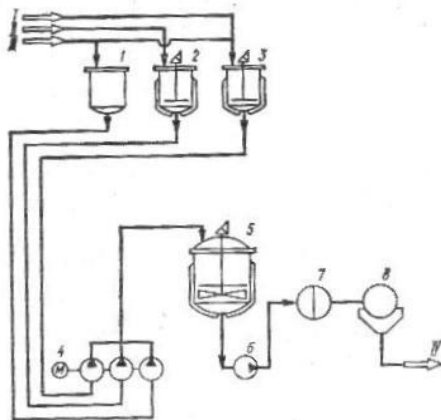


Рис. 6.8. Принципова технологічна схема установки виробництва вуглеводневих мастил:

- 1–3 – сировинні місткості; 4 – дозуючий насосний агрегат;
 5 – скребково-лопастевий апарат; 6 – насос; 7 – фільтр;
 8 – охолоджуючий пристрій барабанного типу;
 I – присадки; II – тверді вуглеводні; III – олива;
 IV готова продукція (мастило) на фасування

З місткостей 1 та 2 дозувальним насосом 4 в апарат 5 завантажують оливу та розплавлені тверді вуглеводні, а з місткості 3 присадки. Вмикають перемішуючий пристрій та нагрівання апарату. Температуру суміші в апараті підвищують до 120–140 °С, потім насосом 6 розплав подають через фільтр 7 на поверхню барабану холодильного пристрою 8 та на фасування.

6.9. Технологічні аспекти виробництва мастил для автомобільної техніки

Для змащування низки механізмів і деталей автомобіля використовують густі мазеподібні продукти – пластичні мастила.

У загальному випадку, технологія виробництва автомобільних мастил у цілому включає усі підготовчі та виробничі процеси, описані

у розділі 5.1. Особливість полягає у використанні та комбінації загусників.

Під час експлуатації автомобілів найбільше застосування одержали мильні та вуглеводневі мастила. Основне призначення мастил подібне як і олив – зменшення зношування деталей, зниження коефіцієнта тертя та захист металів від корозії. Їх застосовують в основному для змащування таких вузлів тертя, з яких рідкі ММ – оливи витікають, або які піддаються сильному впливу бруду, пилу й працюють в умовах вологого середовища (з'єднання ходової частини, тяги рульового управління, а також окремі вузли двигуна і трансмісії).

Мильні мастила. Загусниками у мильних мастилах є мила (солі вищих жирних кислот). Причому все частіше застосовують комплексні мила (вони представляють собою комплекс мила та іншої солі того ж металу). Мила для виробництва автомобільних мастил одержують нейтралізацією вищих жирних кислот гідроокисами металів – лугами.

Для виробництва мил у процесі приготування автомобільних мастил використовують індивідуальні жирні кислоти, одержані з природних жирів та синтетичні жирні кислоти, одержувані окисненням парафіну. Мастила на синтетичних жирних кислотах є повноцінними заміниками мастил на натуральних жирах. Їх називають синтетичними на відміну від жирових.

Хоча на сьогодні досить відомі автомобільні мастила, загущені милами літію, натрію, кальцію, цинку, стронцію, барію, алюмінію, свинцю, широко застосовують тільки кальцієві, літієві, натрієві, барієві й алюмінієві мастила.

Вуглеводневі мастила. Їх одержують плавленням нафтових олив з твердими вуглеводнями – парафіном, церезином, а також з побічним продуктом депарафінізації – петролатумом, що становить собою складну суміш парафінів і церезинів різної молекулярної маси. Вуглеводневі мастила займають виняткове місце серед консерваційних (захисних) мастил завдяки таким властивостям, як невисока температура плавлення і оборотність структури, абсолютна нерозчинність у воді і мала проникність через них водяної пари. Їх можна легко наносити на металеві деталі і поверхні, занурюючи, наприклад, у розплавлене мастило за 60–120 °С, розпиленням, за допомогою пензля тощо.

Фіол-2У – нафтова олива, загущена гідрооксистеаратом літію. Містить антиокиснювальну присадку і антифрикційну добавку. Характеризується високими антиокиснювальною, механічною та колоїдною стабільністю, задовільними протизношувальними та протизадирними властивостями. Водостійка, працездатна за температур мінус 40–120 °С. Застосовуються для змащування голчастих підшипників карданного валу автомобілів. Замінники – ШРУС-4, мастило № 158.

Літол 459/5 – мінеральна олива, загущена літієвими милами стеаринової та 12-гідрооксистеаринової кислот. Містить антиокиснювальну присадку. Водостійка, працездатна за температур мінус 40–120 °С, короткочасно до 130 °С. Служить для змащування переривача-розподільвача системи запалювання автомобілів.

СЦ-15 – суміш мінеральних олив, загущених літієвим милом кислот гідрованої рицинової олії. Має антиокиснювальну та в'язкісну присадки і оксид цинку. Характеризується достатньо задовільною термічною, колоїдною і антиокиснювальною стабільністю, а також консерваційними та адгезійними властивостями. Водостійка, працездатна за температур мінус 40–130 °С. Застосовують для змащування шарнірів і осей приводу акселератора, важелів увімкнення, шліцевих з'єднань, механізмів склопідмачів автомобілів. Замінювач – Літол-24.

ШРУС-4 – мінеральна олива, загущена гідроксистеаратом літію. Містить антиокиснювальну і протизадирну присадки, а також антифрикційні добавки. Водостійка. Характеризується високими механічною й антиокиснювальною стабільністю, а також задовільними протизношувальними та протизадирними властивостями. Працездатна за температур мінус 40–120 °С. Призначена для змащування шарнірів різних кутових швидкостей повнопривідних автомобілів та інших вузлів тертя. Замінювач – мастило № 158.

№ 158 – мінеральна олива, загущена, літієво-кальцієвим милом кислот рицинової олії та каніфоллю. Має антиокиснювальну присадку. Характеризується високими механічною і антиокиснювальною стабільністю, а також високими протизношувальними та протизадирними властивостями. Водостійкість задовільна. Працездатна за температур мінус 30–110 °С. Призначена для змащування підшипників кочення автотракторного обладнання, голчастих підшипників кардан-

них шарнірів непостійної кутової швидкості. Мастило закладають у закриті підшипники та не поповнюють протягом усього терміну експлуатації. Замінювач – ШРУС-4.

Карданне мастило АМ одержують загущенням мінеральної та рицинової оливо і каніфолі кальцієвим милом. Призначене для змащування карданних шарнірів передніх мостів автомобілів. Оскільки це мастило вимивається із вузлів тертя, температурний діапазон його застосування від мінус 20 до 100 °С. Замінники – Літол-24, ШРУС-4.

6.10. Використання пластичних мастил для авіаційної техніки

Пластичні мастила, приладові мастила, тверді мастильні покриття та пасти для агрегатів, вузлів тертя і приладів літальних апаратів, допущені до застосування на авіаційній техніці в Україні під час технічного обслуговування наведені у таблиці 6.1.

Пластичні мастила допущені до застосування для змащення вузлів і агрегатів вітчизняних вертольотів за типом вертольотів сезонної експлуатації наведено наведені в таблиці 6.2. Температурні умови застосування мастил і їх сумішей в головних редукторах, агрегатах трансмісій, несучих системах, вузлах і агрегатах вертольотів визначаються нормативно-технічною документацією до відповідної авіаційної техніки.

Пластичні мастила та оливи допущені до застосування для захисту від корозії поверхонь двигунів, агрегатів і деталей повітряних суден при їх консервації, наведені у таблиці 6.3.

Порядок і умови зберігання авіатехніки здійснюється за ОСТ 1.90109 «Консервація авіаційних приладів, агрегатів, авіаційного обладнання та запасних частин до них».

Консервація систем змащування авіаційної техніки проводиться робочим мастилом відповідно до ОСТ 1.90277 «Консервація авіаційних двигунів і запасних частин до них».

У таблиці 6.4 наведено основні ММ, що застосовуються в Україні під час обслуговування літаків брендів Boeing та Airbus.

Таблиця 6.1

**Пластичні мастила, пасти, приладові та консерваційні мастила,
допущені до застосування на авіатехніці України під час проведення ТО**

Марки мастил	Тип ПС															
	АН-30	АН-70	АН-74	Л-410	Л-610	МІ-2	МІ-6	МІ-8	МІ-10К	МІ-38	К-32	К-126	В-3	К-26	АН-2	МІ-26Т
Пластичні мастила																
ЦИАТИМ-201	+		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
ЦИАТИМ-203	+															
НК-50	+		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
ЦИАТИМ-221	+				+			+	+		+	+				+
ВНИИНП-207								+								
ОКБ-122-7	+		+	+	+	+		+	+				+			
Атланта																
ВНИИНП-282			+					+								
Сапфир	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
БУ	+							+			+	+			+	
Эра																
АМС-3		+	+								+	+				+
МС-70																

Закінчення таблиці 6.1

Марки мастил	АН- 30	АН- 70	АН- 74	Л- 410	Л- 610	МІ-2	МІ-6	МІ-8	МІ- 10К	МІ- 38	К- 32	К- 126	В- 3	К- 26	АН- 2	МІ- 26Т
ВНИИНП- 246												+				
СЕДА																
Мастила																
ВНИИНП- 232	+		+	+												+
ПФМС-4с								+								
ВНИИНП- 225				+				+								
Приладові мастила																
132-08	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
МН-60У								+								
ВМ-4																
МП-601																
Мастило консерваційне																
Гарматне (ГВК)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
К-17	+			+			+	+	+						+	+

Таблиця 6.2

**Марки олив та пластичних мастил, допущених до застосування
для вузлів і агрегатів вертольотів авіаційної техніки України**

Тип вертольоту	Сезон застосування	Найменування вузлів і агрегатів							
		Головний редуктор	Осьові шарніри втулки несучого гвинта	Проміжний та хвостовий редуктор	Горизонтальні шарніри втулки рульового гвинта	Кардани шарнірів головного валу	Горизонтальні та вертикальні шарніри втулки несучого гвинта	Шарніри хвостового гвинта	Осьові шарніри втулки рульового гвинта
МИ-2	літо	СМ-9	МС-20	ТСгип	ЦИАТИМ-201	ТСгип	ТСгип	ТСгип	ЦИАТИМ-201
	зима	СМ-9	ВНИИНП-25, МС-14, СМ-10 *	СМ-9	ЦИАТИМ-201	ТСгап	СТИ-9	ТСгип	ЦИАТИМ-201
МИ-6 і його мод.	літо	СМ-11,5	МС-20	ТСгип, 50/50**	ТСгип	ТСгип	ТСгип	ТСгип	МС-20
	зима	СМ-8	ВНИИНП-25, МС-14, СМ-10 *	СМ-9	СМ-9	ТСгип	СМ-9	ТСгип	ВНИИНП-25, МС-14, СМ-10*
МИ-8	літо	Б-3В	МС-20	ТСгип, 50/50 **	ТСгип	ТСгип	ТСгип	ТСгип	МС-20

Завершення таблиці 6.2

Тип вертольоту	Сезон застосування	Головний редуктор	Осьові шарніри втулки несучого гвинта	Проміжний та хвостовий редуктор	Горизонтальні шарніри втулки рульового гвинта	Кардани шарнірів голов-ного валу	Горизонтальні та вертикальні шарніри втулки несучого гвинта	Шарніри хвостового гвинта	Осьові шарніри втулки рульового гвинта
і його мод.	зима	Б-3В	ВНИИНП-25, МС-14, СМ-10*, СМ-12	СМ-9	СМ-9	СМ-9	СМ-9	ТСгип	ВНИИНП-25, МС-14, СМ-10*, СМ-12
МИ-10К	літо	СМ-11.5	МС-20	ТСгип, 50/50 **	ТСгип	ТСгип	ТСгип	ТСгип	МС-20
	зима	СМ-8	ВНИИНП-25, МС-14, СМ-10 *	СМ-9	СМ-9	ТСгип	СМ-9	ТСгип	ВНИИНП-25, МС-14, СМ-10 *
МИ-26Т	літо	Б-3В	ЦИАТИМ-201	Б-3В	ТСгип	ТСгип	ТСгип	ТСгип	ЦИАТИМ-201
	зима	Б-3В	ЦИАТИМ-201	Б-3В	СМ-9	ТСгип	СМ-9	ТСгип	ЦИАТИМ-201
КА-32	літо	Б-3В	МС-20						
	зима	Б-3В	ВНИИНП-25						
КА-26	літо	МС-20	МС-20				МС-20		
	зима	МС-20	ВНИИНП-25				ВНИИНП-25		

* Суміш олив СМ-10 (75 % МС-14 +25 % ДОС) застосовується до температури зовнішнього повітря мінус 40 °С

** Суміш олив 50/50 (50 % ВНИИНП+50% АМГ-10)

Таблиця 6.3

**Оливи та пластичні мастила, допущені до застосування для захисту від корозії
поверхонь двигунів, агрегатів і деталей ПС під час їх консервації**

Найменування продукту	Марка	Примітки
Оливи	МС-8П, МС-8РК	
Суміш олив (75% МС- ВП+25% МС-20)	СМ-4,5	
Мастило консерваційне	К-17	
Пластичні мастила	ПВК	Використання мастила ПВК для внутрішніх консервації поршневих авіаційних двигунів замість мастила К-17 забороняється
Олива	МС-20 з присадкою АКОР	Присадка АКОР-1 вводиться в робочу оливу МС-20 в кількості 10–25% об. Перед змішуванням оливи з присадкою АКОР-1 олива підігрівається до температури 15–20°C, а присадка до 50–60°C. Приготовані консерваційні суміші дозволяється зберігати при температурі не нижче 15–20°C не більше 6 місяців. Перед використанням суміші необхідно ретельно перемішати.
Синтетична олива	Б-ЗВ, ИПМ-10	Використовується для консервації масляної системи двигунів, працюючих на цих оливах.

Таблиця 6.4

Масильні матеріали Nycos для літаків Boeing та Airbus

Посилання	Опис	Специфікація	Торгівельна марка NYCO
02-005	Протизношувальна присадка	LUBRIZOL 1395	LUBRIZOL 1395
03-001	Мінеральна олива (низькотемпературна)	MIL-L-7870	NYCOLUBE 7870
03-001 A	Мінеральна олива (консерваційна)	W-L-800	NYCOLUBE 30
03-002	Синтетична олива для ГТД	MIL-PRF-23699	TURBONYCOIL 600
03-003	Синтетична олива для ГТД	MIL-PRF-7808	TURBONYCOIL 160
03-007	Масило	AIR 3511 MIL-L-6085	NYCOLUBE 113
03-008	Олива для консервації паливної системи	MIL-L-6081 AIR 3516	TURBONYCOIL 3516
04-001	Пластичне мастило для кулькових підшипників	MIL-G-3545 AIR 4205	NYCO GREASE GN 05
04-002	Графітне мастило	AIR 4206	NYCO GREASE GN 06
04-003	Графітне мастило для різьбових з'єднань	MIL-T-5544 AIR 4247	NYCO GREASE GN GA 47
04-004	Синтетичне мастило для високих навантажень	MIL-PRF-23827 AIR 4210	NYCO GREASE GN 10
04-004A	Синтетичне мастило для високих навантажень	MIL- PRF-81322 AIR 4222	NYCO GREASE GN 22

Закінчення таблиці 6.4

Посилання	Опис	Специфікація	Торгівельна марка NYCO
04-005	Синтетичне мастило з широким температурним діапазоном застосування	AIR 4207	NYCO GREASE GN 07
04-006	Мастило бензиностійке	MIL-G-6032 AIR 4214	NYCO GREASE GN HC
04-007	Молібден сульфідний порошок	AIR 4223	NYCO 4223
04-010	Мастило для кулькових та роликових підшипників	MIL-G-25013	NYCO GREASE GN 25013
04-011	Силіконове мастило для пневмосистем та ущільнювачів	MIL-G-4343	NYCO GREASE GN 4343
04-012	Чистий мінеральний вазелін чи петролатум	VV-P-236 AIR 3565	NYCO 65 VASELINE
04-013	Мастило стійке до корозійно-механічного зношування	MIL-G-25537	NYCO GREASE GN 46
04-015	Мастило	MCS-352	MCS-352
04-019	Мінеральне мастило	AIR 4215	NYCO GREASE GN 15
04-022	Синтетичне мастило для високих навантажень	MIL-PRF-81322 AIR 4222	NYCO GREASE GN 22
04-024A	Синтетичне мастило для закриток та передкрилок літаків	MIL-G-23827 AIR 4210	NYCO GREASE GN 10
04-024B	Авіаційне мастило (AIMS 09.06.001)	NYCO GREASE144	NYCO GREASE GN 144

6.11. Технологічні основи застосування жирів у виробництві мастильних матеріалів

Як відомо, Україна належить до енергодефіцитних країн, оскільки забезпечена власними паливно-енергетичними ресурсами лише на 53 %. Залежність від імпорту нафти більшість розвинених країн розглядають, як проблему національної й енергетичної безпеки. Окрім того, широке використання нафтопродуктів як джерел енергії становить значну небезпеку для навколишнього природного середовища. Залежність від імпорту нафти, ціна на яку підвищується щорічно, а також значно погіршується екологічний стан довкілля та стимулює інтенсивний пошук альтернативних поновлювальних джерел енергії.

Надзвичайно важливим на сьогодні є збереження екологічного балансу з навколишнім середовищем, контроль та управління екологічними і біологічними впливами. Це, перш за все, відноситься до перероблення відпрацьованих у машинах ММ.

Мастильні матеріали на основі продуктів рослинного і тваринного походження широко використовувалися в техніці, починаючи з бронзового періоду, аж до середини XX ст. – топліні яловичий та свинячий жири (мастило для осей коліс залізничних вагонів), оливкова олія (моторні оливи), спермацетовий, китовий жир (індустріальні мастила для текстильного обладнання, оливи для трансмісій), ріпакова олія (технологічна олива для металообробки), кокосова олія (технологічні оливи для прокатки металів), талова олія (компонент циліндрових олив).

Переваги та недоліки використання рослинних і тваринних жирів як основи для екологічно прийнятих мастил наведені в табл. 6.5.

Полярна природа жирів дозволяє ними очищувати поверхні контакту від бруду під час тертя та утримувати частки у своїй структурі. Також полярність природних жирів надає їм більш високу спорідненість до металевих поверхонь, ніж неполярних мінеральних олив.

Таблиця 6.5

**Переваги та недоліки природних жирів
як мастильних матеріалів**

Переваги	Недоліки
Високий ступінь біодеградації	Низька термічна стабільність
Низьке забруднення навколишнього середовища	Низька стійкість до окиснення
Сумісність з добавками	Висока температура замерзання
Низька собівартість	Низький захист від корозії
Широкі виробничі можливості	-
Низька токсичність	-
Високі температури спалаху	-
Низька летючість	-

Під час згорання мастил на основі природної сировини кількість CO_2 є значно меншою, ніж від мінеральних або синтетичних мастил. Мастила на основі природних олій та жирів характеризуються підвищеною адгезією, оскільки довголанцюгові жирні кислоти характеризуються вищою адсорбцією до металевій поверхні.

Термічні властивості природних жирів покращуються через велику кількість карбоксилатних груп у молекулах естеру та тим самим створюють більш товсту мастильну плівку, що може підтримуватися у високонавантажених контактах. Більш висока теплопровідність збільшує кількість енергії, що передається від еластичного гідродинамічного контакту з навколишнім матеріалом і рідиною, в результаті чого знижується температура в зоні контакту та підвищується в'язкість. Висока молекулярна маса молекули триацилгліцеролу і вузький діапазон зміни в'язкості з підвищенням температури забезпечують низьку летючість природних жирів. Висока лінійність макромолекул природних жирів дозволяє триацилгліцерам підтримувати сильну міжмолекулярну взаємодію зі підвищенням температури, ніж у розгалужених вуглеводнях або естерах. Це забезпечує високий індекс в'язкості природних жирів. Вищі точки спалаху та згорання природних жирів ніж мінеральних вказують на їх кращу вогнестійкість.

Одним з недоліків природних жирів є низька морозостійкість. Наявність подвійних зв'язків в мононенасичених і поліненасичених жирних кислотах утворює структуру перекручування, через яку вони кристалізуються за нижчої температури, ніж насичені жирні кислоти. Природні олії дуже чутливі до гідролізу і в присутності води утворюються корозійноактивні кислі продукти гідролізу, порівняно з мінеральними мастилами. Карбонові кислоти, що утворюються в результаті гідролізу, можуть викликати корозію металевих підшипників, впливають на ущільнення та скорочують термін експлуатації. Наявність мононенасичених і поліненасичених зв'язків сприяє автоокисненню природних жирів під час зберігання.

Ще однією причиною для автоокиснення є наявність бета-протону в структурі тригліцеролів. Електронні зрушення в бета-вуглеці послаблюють зв'язок С-О і розриває ефірний зв'язок з утворенням карбонової кислоти. Одним з найбільших обмежень природних жирів як потенційних ММ є їх вузький діапазон доступних в'язкостей.

Поновлюваною сировиною для виробництва ММ можуть слугувати рослинні олії та тваринні жири після попереднього очищення – рафінації, продукти їх хімічного перероблення – складні ефіри, полімерні та сульфовані сполуки, а також відходи рафінації – жирові гудрони, дистильовані жирні кислоти. В оліях завжди присутні вільні кислоти (а іноді й спирти), мила, фосфатиди, вітаміни, фарбувальні та слизисті речовини. Специфічний склад таких продуктів зумовлює їх унікальні властивості як ММ. Жирні кислоти, що входять до складу рослинних олій, діють як ПАР; їх складні ефіри утворюють мастильну плівку на поверхні тертя; жирні спирти виступають в ролі своєрідних розчинників.

Як основа для одержання консистентних ММ використовували природні жири тваринного й рослинного походження. Сировиною для одержання тваринних топлених жирів є жирова тканина, що відділяється під час первинної обробки великої рогатої худоби, а також жирова тканина домашньої птиці.

Природні жири представляють собою багатокomпонентну систему, що складається в основному з триацилгліцеролів різного складу, будови та ступеня ненасиченості, різноманітних супутніх речовин.

Для покращення технологічних властивостей жирів і олій їх піддають очищенню (рафінації) – обробленню низкою технологічних процесів з метою вилучення домішок та супутніх речовин, що знижують якість та технологічні властивості.

На першому етапі жири піддають гідратації для вилучення фосфоліпідів.

Гідратація передбачає обробку водою за температури від 45 до 65 °C та інтенсивному перемішуванні й включає:

- змішування жиру з водою;
- експозиція суміші «жир–вода» – для коагуляції фосфоліпідів;
- розділення фаз, що утворилися – «гідратований жир–фосфоліпідна емульсія».

Наступною стадією рафінації є лужна нейтралізація. У результаті нейтралізації вільних кислот жирів водними розчинами гідроксидів утворюються практично нерозчинні в жирі солі жирних кислот – мила.

Для повного осадження мила проводять обробку суміші концентрованим розчином хлориду натрію. Після проведення рафінації одержують рафінований жир та відходи – мильні розчини (соапстоки). Після відділення соапстоку в жирі завжди міститься певна кількість мила. Для вилучення мила з жиру, його обробляють гарячою водою з наступним розділенням фаз. Випаровування вологи з нейтралізованого та промитого жиру проводять за температури 90 °C під вакуумом та тиску 5,5 кПа.

Під час висушування волога випаровується та, водночас, вилучається повітря, що міститься в жирі.

На сьогодні альтернативною відновлювальною сировиною для виробництва ММ є жири рослинного і тваринного походження. Соняшникова та ріпакова олії є основною вихідною сировиною жиропереробної промисловості.

Олії та продукти з хімічної модифікації можуть бути основою для одержання паливних (біодизельне паливо) та ММ, ПАР тощо. За можливостями одержання, фізико-хімічними властивостями і оптимальною ціною, як базовий матеріал є ріпакова олія.

Мастильні матеріали на основі продуктів рослинного і тваринного походження – один із альтернативних напрямів заміни нафтової сировини на відновлювальну. Спектр використання рослинних олій як

ММ дуже широкий, а в умовах стрімкого темпу розвитку хімії жирів – збільшується. Нижче наведено лише окремі випадки застосування:

- пальмової олії у складі мастильно-холодильних технологічних засобів – для прокатки металів;
- ріпакової та олії з суріпиці у сульфідованому вигляді – для антифрикційних присадок;
- бавовняної олії у вихідному, гідрованому або сульфідованому стані – для багатофункціональних присадок;
- соєвої олії – для протизношувальних і антифрикційних присадок.

Ефективним способом модифікації гліцеридів рослинних олій є введення в їх структуру трибохіммоактивних елементів S, P, Cl, Mo, що разом з наданням їм високих протизадирних і протизношувальних властивостей, покращують стійкість мастил до окиснення. Як протизношувальні та протизадирні присадки використовують 3 % порошок сірки та 2,5–5 % сульфідовану ріпакову олію, що додають до *пластичних мастил* на основі нафтових олів, загущених літієвими, натрієвими милами та силікагелем. Мастильні композиції на основі рослинних олій застосовують, як консерваційні мастила.

На відміну від нафтової оливи у системах рослинна олія-загусник виявлено взаємний вплив дисперсійного середовища і загусник: додавання до рицинової оливи 5–30 % порошку слюди, графіту, дисульфиду молібдену призводить до збільшення навантаження до задиру та зменшення зношування при зростанні концентрації загусника.

Мастила для приладів з покращеними протизношувальними властивостями готують на полярній сировині, наприклад, на рициновій олії, а додавання олеїнової кислоти до нафтової оливи зменшує коефіцієнт тертя та збільшує зношувальну стійкість. Для одержання ПМ застосовують продукти перероблення рослинних олій: саломаси, технічний стеарин, олеїн, 12-оксистеаринову кислоту, частіше – рицинову, ріпакову і бавовняну олії.

Найважливішими властивостями та якісними характеристиками ММ, із застосуванням жирів є:

- маслянистість;
- хімічна стійкість;

- температура застигання;
- температура спалахування;
- зольність;
- в'язкість та її залежність від температури;
- наявність механічних домішок.

Використання ріпакової олії, як більш дешевої сировини у складі олив та ПМ для гідромеханічних, автоматичних коробок передач, шарнірів доказує не тільки, з економічної точки зору, вигідного альтернативного джерела енергії, але й поліпшують дуже важливі для таких передач змащувальні та в'язкісно-температурні властивості. Крім того, рослинні компоненти є екологічно чистими речовинами, що екологічно розкладаються, не забруднюючи повітря.

Зараз потреби сільського господарства в енергетиці забезпечуються на 90 % викопними видами палива (нафта, вугілля, природний газ). Проте деякі вчені припускають, що неминуче підвищення цін на ці види палива, обмеженість ресурсів, а також жорсткість екологічних вимог призведуть до того, що більшого значення для агропромислового комплексу (АПК) будуть мати альтернативні джерела енергії. Замінниками або додатками до традиційного палива й ММ можуть слугувати рослинні олії, паливні спирти (метанол, етанол), одержувані з біомаси. Наприклад, з 100 кг топінамбура можна одержати не тільки 9–10 кг фруктози, але й 8–9 л етилового спирту. А з 100 кг насіння ріпаку одержують 40–41 кг дешевої рослинної олії. Рослинна олія з нього конкурентноздатна з олівами з нафтопродуктів. Потрібно також врахувати, що з ціни на нього виключаються накладні витрати спеціалізованих переробних підприємств і податки.

Питання для самостійної роботи

1. У чому полягає процес гомогенізації мастила?
2. З якою метою проводять деаерацію мастила?
3. З яких стадій складається процес виробництва літєвих мастил?
4. Охарактеризуйте особливості виробництва мильних мастил.
5. У чому полягає особливість виробництва вуглеводневих мастил?
6. Опишіть переваги та недоліки природних жирів як мастильних матеріалів.

РОЗДІЛ 7

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ

Екологізація суспільства – найактуальніша проблема людства. Розвиток цивілізації, на жаль, призвів до сильного забруднення повітря, води, ґрунту. Забруднення навколишнього середовища дедалі все збільшується, в атмосфері підвищується вміст продуктів згорання палив, відходів виробництва тощо. Перенасичення води та ґрунту різними відходами провокує знищення тваринного та рослинного світів.

Вплив підприємств нафтохімічного комплексу на стан навколишнього природного середовища характеризується викидами в атмосферу вуглеводнів, сірчаної кислоти, сірковуглецю, ртуті, фтористих та інших шкідливих сполук.

Хімічна промисловість – одна з основних галузей економіки, де утворюються у великих обсягах відходи, значна кількість яких – токсичні.

Підприємства нафтогазового комплексу за рівнем шкідливого впливу на довкілля вважаються об'єктами підвищеного екологічного ризику. Вони є потенційними джерелами забруднення довкілля, що може статися у разі порушення технологічних режимів роботи устаткування чи аварійної ситуації.

Значної шкоди довкіллю завдають відпрацьовані гази автомобілів, паливно-мастильні матеріали, зливні води після миття автомобілів та їх агрегатів, пари різних шкідливих речовин, кислот, матеріалів, що використовуються в технологічних процесах ремонту автомобілів.

Відновлення властивостей відпрацьованих олив і повторне їх використання має важливе значення для господарства України: забезпечує реальну економію ресурсів країни та попереджує екологічну загрозу потрапляння використаних і не використаних ММ у навколишнє середовище.

7.1. Токсичність пластичних мастил

Дія на людину нафтопродуктів залежить від концентрації їх парів у повітрі; часу перебування людини у загазованій атмосфері та її фізіологічних особливостей до дії забруднювачів.

Допустимою концентрацією речовини вважається така, що не впливає на самопочуття людини, її настрій, не зменшує її працездатності, а також не впливає на рослинний й тваринний світ, клімат місцевості, стан атмосфери, на побутові умови населення. Здатність нафтопродуктів порушувати життєдіяльність живих організмів – це токсичність.

Токсичність нафтопродуктів залежить від хімічного та фракційного складу. Так, *n*-парафінові вуглеводні діють як наркотики на нервову систему; ізопарафінові вуглеводні менш токсичні. Цикланові вуглеводні й, зокрема, ароматичні, більш токсичні порівняно з парафіновими. Деякі з ароматичних вуглеводнів є високотоксичними, сприяють виникненню онкологічних захворювань, наприклад, бензол.

Нафтопродукти токсичні у рідкому та пароподібному стані. Вони можуть спричиняти порушення життєдіяльності живих організмів аж до їх загибелі. В організм людини вони потрапляють через органи дихання з повітрям (це найнебезпечніше отруєння), з їжею, водою, через шкіру випадково. Пари нафтопродуктів отруйні, причому, *чим важчий нафтопродукт, тим вища його токсичність.*

Нафтопродукти, потрапляючи у воду, утворюють дуже тонкі плівки, порушують кисневий режим водоймищ, забруднюють прибережну рослинність, а потрапляючи в організм риб та інших мешканців водоймищ, надають їм неприємного запаху.

Деякі сірчані сполуки, що містяться в нафтопродуктах, мають високу токсичність, отруйні властивості.

Вміст сірчаных сполук в нафтах різних родовищ та в нафтопродуктах різняться; під час перероблення нафти їх вміст збільшується від низькокиплячих до висококиплячих фракцій.

Сірчані сполуки, що умовно відносяться до активних, такі як сірководень, меркаптани, – високотоксичні, отруйні речовини.

Сірководень в нафтах міститься дуже рідко, він утворюється під час їх перероблення. Сірководень – сильна отрута з запахом тухлих яєць. Він викликає запаморочення, головний біль, нудоту, за великих концентрацій – смерть. Сірководень має велику відносну (за повітрям) густину – 1,19 і тому накопичується в низинних місцях (ямах, лотках, каналізації).

Меркаптани також мають неприємний запах, що відчувається за малих концентрацій в повітрі ($1 \cdot 10^{-7}$ % ваг.). Тому їх використовують як одоранти: додають до газових палив, щоб відчувати запах у разі можливого їх витікання через нещільності.

Низькомолекулярні меркаптани є високотоксичними речовинами. Вони викликають запаморочення, біль в очах, головний біль тощо.

Такі сірчані сполуки як сульфіди, дисульфіди також мають неприємний запах, але не такий різкий як меркаптани. Отруйні властивості їх менші порівняно з отруйними властивостями сірководню та меркаптанів.

При згоранні сірчаних сполук, що містяться в нафтопродуктах, утворюються ангідриди, що є також високотоксичними речовинами.

7.2. Заходи безпеки під час використання мастил

Для експлуатації техніки, а також для забезпечення всіх видів її технічного огляду (ТО) і ремонту застосовують великий асортимент ММ.

За критичних концентрацій пари нафтопродуктів у поєднанні з повітрям утворюються пожежонебезпечні суміші. Рідкі палива горять та вибухають за порівняно невисоких концентрацій пари у повітрі. Для бензинів, газу і дизельного палива пожежонебезпечними є суміші, коли вміст парів у повітрі за об'ємом становить від 1,1 до 6%.

Пожежонебезпечність палива та ММ характеризується температурою спалаху. Залежно від температури спалаху, нафтопродукти поділяють на особливо небезпечні легкозаймисті (температура спалаху нижче 28 °C), легкозаймисті (температура

спалаху нижче 60 °C) і горючі (температура спалаху вище 60 °C). Бензин відноситься до особливо небезпечних легкозаймистих, гас і дизельне паливо належить до легкозаймистих рідин.

Загальні вимоги безпеки.

Усі працівники перед зарахуванням на роботу, пов'язану з нафтопродуктами, проходять медичний огляд. Вони повинні вивчити і мати у своєму розпорядженні інструкції з технічної, особистої та пожежної безпеки. Більшість робіт необхідно виконувати у спеціальному одязі і взутті. Необхідно мати захисні пристосування: рукавички, окуляри, маски, протигази тощо у місцях, де можливе інтенсивне виділення парів нафтопродуктів.

Під час використання ММ не можна знаходитися у взутті чи одязі зі сталевими підківками, набійками, пряжками, а також користуватися сталевим інструментом, щоб уникнути утворення іскри, що може спричинити пожежу або вибух. Інструмент повинен бути виготовлений з кольорового металу або обміднений.

Вантаж масою понад 200 кг переміщують тільки підйомно-транспортними засобами. Заповненні або порожні бочки піднімають і транспортують спеціальними підйомниками. За відсутності механізованих засобів бочку завантажують у ручний спосіб тільки перекочуванням. Перенесення бочок (скляної тари) на спині і перед собою незалежно від їх маси забороняється. Категорично забороняється відкривати чи закривати металеві кришки, ударяючи по них молотком чи іншим сталевим інструментом.

Перед початком будь-яких робіт необхідно переконатися у справності електроустаткування та освітлювальної мережі на робо-чому місці. Не можна працювати у закритих приміщеннях, де зберігаються нафтопродукти, за відсутності або несправності приточно-витяжної вентиляції.

На транспортних засобах, що перевозять небезпечні вантажі, до яких належать й ММ, встановлюють прямокутні розпізнавальні знаки. У лівій частині знака на білому фоні розміщена інформація (пiктограма) про характер вантажу за прийнятою класифікацією (вибухові речовини, легкозаймисті тощо).

У разі загорання одягу необхідно збити полум'я, закутати потерпілого в ковдру, повстину, пальто тощо. Згасивши вогонь,

розрізають одяг і обробляють обпечені місця: промивають розчином перманганату калію. Застосовувати воду не рекомендується, тому що це веде до утворення пухирів і посилює больові відчуття. При сильних опіках необхідна медична допомога.

Якщо нафтопродуктами подразнені слизові оболонки очей, їх промивають 2 % розчином соди, холодним чаєм, чистою водою.

Категорично забороняється зберігання ММ, зокрема, і відпрацьованих олив, у відкритій тарі і місткостях як на території складів, так і в інших приміщеннях.

Нафтопродукти, що зайнялися, не можна заливати водою, тому що продукт розтікається по поверхні води і полум'я підсилюється. Для ліквідації вогню потрібно якнайшвидше припинити доступ повітря до палаючого предмету: закрити брезентом, ковдрою, засипати піском, використати вогнегасники. Джерело займання огорожують бар'єром з піску, а потім гасять вогонь.

Якщо зайнявся нафтопродукт у місткості, потрібно закрити кришку люка і зверху накрити наявними протипожежними матеріалами, а потім вогнегасниками збивати полум'я з поверхні резервуара.

З метою ліквідації можливого загорання необхідно постійно стежити за справністю протипожежного устаткування. Воно повинно бути завжди готове до негайного застосування. Місця зберігання протипожежних засобів повинні бути добре відомі всім працівникам.

Враховуючи те, що отруєння організму людини у разі недбалого поводження з нафтопродуктами відбувається в основному від пари летких продуктів, не можна також зневажати дотримання необхідних запобіжних заходів під час роботи з оливами та мастилами, що містять токсичні компоненти. При недотриманні викладених в інструкціях відповідних запобіжних заходів можуть виникати та розвиватися захворювання шкіри рук. Для попередження шкірних захворювань рекомендується застосовувати індивідуальні захисні засоби.

Відкриті ділянки шкіри під час роботи з ММ потрібно захищати профілактичними пастами. Призначає пасту лікар на

підставі результатів індивідуальних профілактичних оглядів працюючих.

Якщо оливи, що викоритовуються для виготовлення мастил, містять у своєму складі різні функціональні присадки (протизношувальні, захисні, антиокиснювальні, протикорозійні, протипітингові тощо) у кількостях від 0,1 до 5 % (за масою), то за впливом на організм людини вони є високо небезпечними та небезпечними речовинами.

У зв'язку з тим, що присадки (трикрезилфосфат, бензотриазол, феніл- α -нафтиламін тощо) знаходяться в оливах у розчиненому стані, ці оливи за температур навколишнього середовища від мінус 50 до плюс 50 °C у разі короткочасного впливу на шкіру є малонебезпечними продуктами.

Отруєння оливами з токсичними присадками виникає у разі тривалого і систематичного впливу на незахищені шкірні покриви.

Важкі отруєння виникають під час вдихання пари продуктів нагрівання олив, що утворюються, зазвичай, у закритих приміщеннях, місткостях і системах техніки в умовах тривалої експлуатації за підвищених температур.

Для попередження отруєнь оливами з отруйними присадками необхідно дотримуватися таких запобіжних заходів: усі роботи за підвищених температур виконувати у добре провітрюваному приміщенні (витяжній шафі) або на відкритому повітрі з використанням спецодягу (халат, рукавички, нарукавники і фартух ізольованого типу); у разі потрапляння олив з отруйними присадками на одяг місця забруднень необхідно протерти гасом, а потім просушити одяг на відкритому повітрі; ремонт гідравлічних та оливних систем проводити тільки за відсутності в них тиску та після охолодження двигуна; після закінчення робіт промити робочий інструмент гасом та прийняти теплий душ з милом.

З відпрацьованими оливами треба поводитися з великою обережністю, тому що вони вкрай отруйні та небезпечні для шкіри.

Для уникнення важких наслідків для свого здоров'я достатньо вжити деяких елементарних заходів:

- уникати, за можливості, контакту відпрацьованих олив зі шкірою;

- часто мити руки з милом, уникаючи розчинників і абразивних миючих засобів;

- намагатися не тримати у кишенях руки, забруднені мастилом;

- змінювати брудний спецодяг.

Відпрацьовані мастила та оливи дуже забруднюють довкілля, тому їх не можна зливати в каналізацію чи на землю, а потрібно збирати в спеціальні місткості.

Стосовно цього треба пам'ятати, що тільки один літр відпрацьованої оливи може забруднити до 1 млн літрів ґрунтової води.

Під час роботи з ММ випадки пожеж найчастіше трапляються від дії на експлуатаційні матеріали відкритого полум'я, розрядів статичної електрики, іскри під час удару чи тертя, а також у разі попадання паливних рідин на нагріту поверхню.

Застосування первинних засобів гасіння пожежі

Усі працівники зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки, з якими їх знайомлять у процесі проведення протипожежних інструктажів.

З робітниками підприємств проводиться пожежо-технічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і обладнанням, що використовується для цього та первинними засобами пожежо-гасіння. Для ліквідації загорання, попередження пожеж та вибухів на кожному підприємстві, що має пожежо- та вибухонебезпечні процеси (категорії А, Б, В, Є), розробляється план пожежо-технічних заходів, в якому передбачається: порядок сповіщення керівників підприємств та виклик пожежних підрозділів; перелік пожежо- та вибухонебезпечних приміщень та обладнання, можливі причини пожежі та вибуху; дії персоналу підприємств щодо попередження пожежі або вибуху, а також способи та засоби їх ліквідації; порядок та способи евакуації персоналу та обладнання.

Усі транспортні підприємства повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, до яких належать пожежні стволи (водні та повітряно-пінні), внутрішні пожежні водопроводи (крани), вогнегасники (хімічно-пінні, газові, порошкові), бочки з водою, лопати, відра, сухий пісок, азбестові ковдри, інструмент та

пристрої для розбирання будівельних конструкцій під час гасіння (багри, лопати, сокири тощо).

Для гасіння пожеж застосовують воду, водяні емульсії, галогенові вуглеводні, хімічну та повітряно-механічну піну, водяну пару, діоксид вуглецю, інертні гази, порошки.

Вогнегасний ефект води полягає в змочуванні поверхонь, зволоженні та охолодженні речовин, що горять, механічному збиванні полум'я струменем води.

Водою не можна гасити рідкі горючі речовини, електроустановки, що перебувають під напругою, лужні метали.

Для гасіння невеликих займань, а також за неможливості використання води, застосовуються ручні та пересувні вогнегасники, пісок або тирсу, насичену 15 %-им розчином кальцинованої соди, азбестові полотна, повстяні мати, кошми тощо.

Пожежу найлегше ліквідувати в початковій стадії. Успішна ліквідація займань можлива тільки в результаті чітких і швидких дій. Для цього треба знати будову, принцип дії вогнегасників та вміти ними користуватися.

На підприємствах застосовуються такі вогнегасники: хімічно-пінні ОХП-10, ОПМ, ОП-9ММ, ОХВП-10; вуглекислотні ручні ОУ-2, ОУ-3, ОУ-5, У-8, а також пересувні ОУ-25, ОУ-80, УП-2М; повітряно-пінні ОПК-1,5, ОВП-5, ОВП-10, порошкові ОП-1Б, ОП-2Б, ОП-5С, ОП-10.

Пінний вогнегасник ОХП-10 є на всіх транспортних підприємствах, а також широко застосовується на будовах, складах, у побутових будівлях і на інших об'єктах.

Вогнегасник розрахований для гасіння пожежі на ділянці площею 1 м². Вогнегасна дія піни: при покритті нею поверхні речовини, що горить, припиняється доступ кисню повітря, горючих газів та пари у зону горіння, а також охолоджується найбільш нагрітий поверхневий шар.

Правила пожежо- і вибухобезпеки

Пожежо- і вибухонебезпечність ММ.

Нафтопродукти й зріджені або природні гази під час їх транспортування, зберігання і видачі можуть змінювати свої фізико-хімічні й термодинамічні властивості, що характеризуються

щільністю, токсичністю, в'язкістю, тиском насиченості газів, схильністю нафтопродуктів при русі комунікаціями накопичувати заряди статичної електрики. Крім цього нафтопродукти схильні до самозаймання, а зріджені чи природні гази пожежо- і вибухонебезпечні у певних концентраціях з повітрям.

Пари олив в суміші з повітрям за наявності іскри або іншого відкритого джерела вогню вибухонебезпечні. Відомі випадки, коли пари олив вибухали в картерах двигунів внутрішнього згорання, викликаючи руйнування деталей, пожежу і травми обслуговуючого персоналу.

Перелік документації з пожежної безпеки:

1. Журнал реєстрації протипожежного інструктажу.
2. Загальнооб'єктова інструкція з пожежної безпеки.
3. Призначення відповідальних осіб за пожежну безпеку.
4. Інструкції про заходи з пожежної безпеки.
5. План (схема) евакуації у разі пожежі.
6. Інструкція з евакуації у разі пожежі.
7. Наказ на організацію заходів з пожежної безпеки.
8. Наказ на створення пожежно-технічної комісії.
9. Наказ про призначення особи, відповідальної за засоби пожежогасіння.
10. План протипожежних заходів.
11. План проведення протипожежних тренувань.
12. Оперативний план гасіння пожежі.
13. Інструкція про порядок дій персоналу у разі спрацювання пожежної автоматики.
14. Наказ про закріплення пожежної техніки.

7.3. Вплив мастил на довкілля й людину

Насамперед забруднюючі нафтопродукти знижують концентрацію кисню в воді, що призводить до загибелі багатьох водних мешканців від задухи. Речовини стічних вод мають канцерогенний, мутагенний та тератогенний ефекти, що також призводить до загибелі гідробіонтів. Відмерла органічна речовина слугує відмін-

ним субстратом для бактерій гниття, що протягом лічених місяців можуть перетворити водойми у мертві відстійники.

Попадання забруднення в організм риб призводить до руйнації тканин зябер і кишківника, виділення слизу, порушення дихання, водного і сольового обміну.

Отже, проблема негативного впливу втрат мастил на екологію планети стає з кожним днем все більш актуальною. Вплив цей багатогранний: забрудненню піддаються всі оболонки Землі – атмосфера, гідросфера, літосфера і біосфера. Вирішення цієї проблеми можливе. Людство вже досягло того рівня розвитку і науково-технічного прогресу, що дозволить зробити вплив втрат мастил безпечною для навколишнього середовища.

Ступінь впливу ММ на навколишнє середовище визначається трьома факторами: хімічним складом, робочою температурою і культурою поводження з ними. Хімічний склад є домінуючим фактором. Він характеризує потенційну здатність ММ впливати на зовнішнє середовище, а також визначає найбільш екологічно та економічно обґрунтований спосіб утилізації відпрацьованих ММ.

Вплив нафтопродуктів на водоймища проявляється у погіршенні фізичних властивостей води (помутніння, зміна кольору, смаку, запаху); розчинення у воді токсичних речовин; утворення поверхневої плівки нафти, а також осаду на дні водоймищ, що знижують вміст кисню у воді. Нафта і продукти її перероблення, потрапляючи у воду, розтікаються внаслідок гідрофобності по поверхні, утворюючи тонку нафтову плівку, що переміщається зі швидкістю приблизно у два рази більшою, ніж швидкість течії води. При зіткненні з берегом і прибережною рослинністю нафтова плівка осідає на них. У процесі поширення по поверхні води легкі фракції нафти частково випаровуються, розчиняються, а важкі опускаються в товщу води, осідають на дно і утворюють донне забруднення.

Удосконалення самої техніки і підвищення рівня її технічної готовності за останні роки зумовили кількісні та якісні зміни композицій мастил. До складу композицій з метою поліпшення їхніх функціональних властивостей почали додавати токсичні індивідуальні компоненти, що характеризуються певними токсикологічними властивостями. Такими компонентами (шкідливими речови-

нами) є функціональні присадки, що додаються до основ мастил з метою поліпшення протизношувальної, протизадирної (совол, трикрезилфосфат), захисної (бензо-три-азол), антиокиснювальної (параоксидифеніламін, феніл- α -нафтиламін, іонол) ефективності.

До шкідливих речовин відносяться оливи, що у разі контакту з організмом людини у випадку порушення вимог безпеки, можуть викликати отруєння, професійні захворювання або відхилення у стані здоров'я.

Відповідно до ГОСТ 12.1.007 за ступенем впливу на організм людини усі шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки: перший – надзвичайно небезпечні; другий – високонебезпечні; третій – помірно небезпечні; четвертий – малонебезпечні.

Мінеральні оливи є реальною загрозою для здоров'я людини у тих випадках, коли в них містяться легкі вуглеводні (бензин, бензол), чи коли можливе утворення оливного туману або парів оливи (під час нагрівання, розпилювання).

Дихальні шляхи й легені людини більш чутливі, ніж інші органи, до впливу парів оливи і оливного туману. Вдихання оливного туману із завислими частинками від 1 до 100 мкм викликає отруєння. Серед хворих раком легень і бронхів виявлено багато людей, що довгостроково піддавалися впливу парів чи туманів мінеральних олив та їх емульсій. Небезпека отруєння парою або туманами різко зростає, якщо в мастилі містяться сірчані сполуки.

При наявності сірки в оливі можуть виникнути умови для утворення сірководню, що викликає отруєння з блискавичною втратою свідомості. Токсичність мастил проявляється також у разі частого потрапляння на відкриті ділянки тіла, при тривалій роботі в одязі, просоченому оливою. Систематичний контакт з оливою може викликати гостре чи хронічне захворювання шкіри тіла. Найбільш часті фолікулярні враження шкіри, що викликають захворювання волосяних мішечків та сальних залоз. Ці захворювання відомі за назвою оливних чи газових вугрів, спостерігаються у механіків, токарів, трактористів, водіїв, комірників і інших робітників, що щоденно мають справу з оливами.

Відомі випадки ушкодження шкірних покривів (найбільше кисті рук) мастилами, що потрапляють на шкіру під великим тиском.

Це спостерігається під час розпилювання олив під тиском спеціальними насосами під час випробування дизельних двигунів, оливопроводів. У цьому разі олива пробиває шкіру й проникає у підшкірну тканину, викликаючи розвиток набряку з болями та онімінням вражених ділянок. У разі попадання на вражені місця інфекції можуть утворюватися нариви та ділянки омертвіння шкіри. Мазі можуть викликати екзему, дерматити, пігментацію шкіри та навіть більш важке захворювання – утворення бородавчатих розростань, що переходять у рак. Токсичні властивості олив посилюються з підвищенням їх температури кипіння, кислотності, а також зі збільшенням вмісту в їх складі ароматичних вуглеводнів, смол і сірчистих сполук.

Пари оливи в суміші з повітрям за наявності іскри чи іншого відкритого джерела вогню вибухонебезпечні.

Для всіх мінеральних олив реальна небезпека утворення вибухонебезпечних концентрацій парів оливи виникає при їх нагріванні у закритій місткості до температури понад 100 °С. Однак потрібно мати на увазі, що якщо в оливі виявиться невелика кількість палива, то при нагріванні такого масла може утворюватися вибухонебезпечна концентрація і за температури нижче 100 °С.

Незнання властивостей, некваліфіковане поводження з оливами та неприйняття запобіжних заходів під час роботи з ними може призвести до важких, іноді непоправних наслідків. Але які б не були великі отруйність, вогне- і вибухонебезпечність нафтопродуктів та їх небезпека для здоров'я, ймовірність виникнення пожежі чи вибуху буде зведена до мінімуму, якщо дотримуватись правил особистої гігієни і попереджувати виникнення пожеж та вибухів, а також уміло застосовувати засоби пожежогасіння і надавати першу медичну допомогу потерпілим.

Специфіка роботи з нафтопродуктами висуває особливі вимоги до безпеки під час роботи з ними.

Токсичність, вибухонебезпечність і легка займистість нафтопродуктів вимагають від усіх працівників, пов'язаних з транспортуванням, зберіганням, контролем якості, застосуванням палив і ММ, заправкою техніки, технічним обслуговуванням машин та їх ремонтом, суворого дотримання правил особистої і пожежної

безпеки, а також рекомендацій зі зниження рівня забруднення навколишньої атмосфери, ґрунту і водоймищ нафтопродуктами.

7.4. Охорона довкілля під час використання та зберігання мастил

Забруднення атмосфери парою нафтопродуктів впливає на навколишнє середовище та здоров'я людини. Пари нафтопродуктів відносяться до IV групи шкідливості. Вони можуть викликати задуху, тому що у безвітряну погоду знаходяться над поверхнею ґрунту, особливо при розташуванні нафтоскладів у низинних місцях. Крім того, суміш вуглеводнів з оксидом азоту у повітрі сприяє фотохімічному утворенню таких шкідливих сполук, як озон, пероксиацетил, нітрати, альдегіди, аерозолі. Ці речовини подразнюють слизову оболонку очей, пошкоджують рослинність, деякі з них є канцерогенними.

Зменшення випаровування вуглеводнів є найбільш ефективним способом запобігання фотохімічному забрудненню атмосфери.

Забруднення ґрунтів і підземних вод зумовлено втратами нафтопродуктів. Основна особливість втрат полягає в тому, що вони носять нерівномірний за площею і часом характер. Наприклад, витікання нафтопродуктів зі швидкістю дві краплі за 1 с спричиняє їх втрати 130 л/міс. Витікання у вигляді крапель, що переходять у тонкий струмінь, сягають 200 л/міс, а витікання у вигляді струменя товщиною 2,5 мм спричиняє втрати до 2,5 тис. л/міс.

Забруднюються території, здебільшого, через забруднення підземних вод і ґрунтів. Нафтопродукти, що потрапляють на поверхню ґрунту, фільтруються вертикально через товщу зони аерації ґрунтів і досягають рівня ґрунтових вод, де відбувається їхнє накопичення та розтікання водоносним шаром.

Забруднення ґрунтів і підземних вод розподіляється нерівномірно по всій площі, а у вигляді окремих плям, що розташовані у місцях витікання нафтопродуктів. Тому, коли вирішується питання про проведення рекультиваційних робіт, ці роботи повинні проводитися не по всій території, а на окремих локальних ділянках максимального забруднення.

На нафтоскладах повинні застосовуватися локальні очисні споруди (пісколовки, нафтовловлювачі, станції нейтралізації, флотаційні установки тощо), будівництво яких не дозволить скидання забруднень у стічні води.

Локальні очисні споруди повинні забезпечувати очищення поверхневих стічних вод у разі розливання нафтопродуктів, аварійних ситуацій, загального забруднення території нафтоскладу.

Основним показником роботи очисних споруд є якість очищення.

Стічні води перед скиданням у водоймище повинні бути очищені відповідно до існуючих нормативних вимог щодо концентрації у них нафтопродуктів – 0,05 мг/л. Концентрація завислих речовин не повинна перевищувати 10 мг/л.

7.5. Рециклінг і утилізація відпрацьованих пластичних мастил

Відпрацьовані ПМ (ВПМ) є доволі цінними продуктами, що після відповідної обробки можуть бути використані повторно, або як такі, що в певних кількостях додані в робочо-консерваційні матеріали. Виділені з ВПМ вихідні компоненти – оливи і загусники також можуть знаходити різноманітне кваліфіковане застосування.

Утилізація ВПМ дуже специфічна. Твердоподібний колоїдний стан і багатокомпонентний склад вимагають розроблення оригінальної технології.

Збирання ВПМ здійснюється епізодично та у більшості випадків пов'язане з питаннями охорони навколишнього середовища. Це зумовлено організаційними складнощами збирання у дрібних споживачів, незначною кількістю мастил в ряді вузлів тертя і труднощами вилучення їх з тих вузлів. У разі потужних споживачів мастил (залізниця, централізовані системи змащування в металургійному виробництві) збирання ВПМ може становити до 80 % від обсягу споживання свіжих.

Найпростішим, але, зазвичай, доволі нераціональним способом є приготування палива на базі ВПМ: відпрацьовані мастила

нагрівають до температури розрідження і при перемішуванні додають нафтову фракцію (гас, газойль).

Ефективні способи перероблення ВПМ припускають руйнування їх структури з виділенням окремих компонентів та їх подальшим повторним використанням. Руйнування структури здійснюють різними шляхами, залежно від хімічної природи загусника. Відпрацьовані літєві мастила можна руйнувати в автоклаві за температури 100 °С і перемешуванні в присутності води та спеціальної речовини, яка сприяє руйнуванню мастила. Можливе екстрагування оливи з ВПМ за допомогою комбінованого розчинника, що містить полярні та неполярні компоненти (петролейний ефір, бензол, толуол, ксилол, хлоровані вуглеводні).

Розроблена безвідходна технологія перероблення відпрацьованих натрієвих і натрієво-кальцієвих мастил, що полягає в обробленні їх при перемішуванні та підвищеній температурі 75–80 °С водою (10–15 % мас.) з подальшим розділенням суміші на нафтову оливу і мило-оливну емульсію відстоюванням. Виділені з ВПМ компоненти знаходять різноманітне застосування.

Давно відомо пропозицію на базі мастил типу консталину (натрієво-кальцієве) готувати мастильно-холодильну технологічну рідину (МХТР). Мило-оливну емульсію, отриману на основі свіжої, відпрацьованої або некондиційної після тривалого зберігання мастила у вигляді 1–5 % го водного розчину, можна використовувати як МХТР для обробки металів.

Збирання та утилізація відпрацьованих мастил у широких промислових масштабах дозволить більш повно вирішити проблему охорони навколишнього середовища, а також істотно розширити ресурси сировини для виробництва нафтопродуктів різного призначення. Найважливішим і доволі складним завданням у цьому новому напрямі раціонального використання відпрацьованих ММ є організація збирання відпрацьованих мастил і формулювання вимог до їх якості для подальшого перероблення та використання.

Сучасний стан питання утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів (ВММ) вказує на доцільність його комплексного вирішення, що передбачає спільне перероблення ВММ у різних напрямках. Такий підхід диктується, насамперед,

вимогами охорони навколишнього середовища, оскільки в багатьох сучасних процесах перероблення, що використовуються окремо, призводять до виникнення відходів, що неутилізуються і часто небезпечніші щодо екології, ніж самі ВММ. Спільне та одночасне перероблення дозволяє використовувати відходи або побічні продукти одного процесу як сировини або реагентів іншого, реалізуючи тим самим принцип технології з малими відходами.

Технологічно запропоновано комплексну схему перероблення відпрацьованих олив і пластичних мастил. Схема розроблена стосовно відпрацьованих індустріальних, турбінних, компресорних, трансформаторних, трансмісійних і моторних олив (індивідуальних і сумішей, зокрема – і з синтетичними компонентами), олив груп моторних олив відпрацьованих (МОВ) і відпрацьованих індустріальних олив (ВІО), а також натрієвих, натрієво-кальцієвих і літієвих ВПМ.

Таке технологічне рішення придатне для обох найважливіших форм утилізації ВММ: регенерації та вторинного перероблення. Для її реалізації передбачено використання технології, що включає стадії коагуляції, відгону паливних фракцій і води, адсорбційного очищення; можливі також варіанти з використанням стадій фільтрації, центрифугування, вакуумного тонкоплівкового випаровування, термодифузійного поділу, вилучення фреонів і інших видів перероблення.

Запропонована комплексна схема передбачає можливі варіанти вдосконалення технології перероблення, зокрема, більш кваліфікованим застосуванням сорбентів. Це передбачає, по-перше, кислотну і термічну активацію сорбентів і, по-друге, – більш повне використання їх адсорбційної ємності застосуванням частково відпрацьованого сорбенту. У першому випадку досягається значно більший ступінь очищення, у другому – реальне одержання олив, близьких за якістю до свіжих, з економічно прийнятною витратою сорбенту до 10 % мас.

У разі перероблення залізничних ВПМ (натрієві та натрієво-кальцієві) утворюється мило-оливна емульсія (МОЕ), придатна як коагулянт ВММ. Коагулюючу дію мають і самі відпрацьовані мастила (натрієві, натрієво-кальцієві, літієві), а також осад від

коагуляції. Таким чином, перероблення за комплексною схемою дозволяє відмовитися від постачання коагулянту, оскільки в ролі останнього виступають відходи і продукти процесу. Крім того, є можливість використання коагулянтів різного складу для конкретної сировини, що надає значної гнучкості даному процесу.

Продукти, одержувані за комплексною схемою, можна використовувати не тільки для приготування товарних олив, а й консерваційних матеріалів, а також у виробництві ПМ і МХТР. У виробництві останніх може бути використана й МОЕ.

Відпрацьовані літєві мастила переробити за запропонованою технологією не можливо через нерозчинність цього мила в воді. Один з можливих варіантів утилізації таких ВПМ – використання як компонента плівкових інгібованих нафтових сумішей (ПНС).

Показано, що залучення в комплексну схему рослинних жирів, а також побічних продуктів їх рафінації, істотно покращує екологічні властивості одержуваних продуктів. Дистильовані жирні кислоти виробництва бавовняної олії виявилися ефективними як омилена сировина під час виробництва кальцієвих ПМ типу солідолу.

Пластичні мастила та МХТР з відпрацьованої сировини за низкою показників дещо перевершують товарні ММ. Використання комплексної схеми дозволяє отримувати очищені оливи і, продукти вторинного перероблення за екологічними властивостями ідентичні вихідним оливам: вміст канцерогених піренових структур 0,06 % мас., фітотоксичність (площа опіків на листках рослин) 1–5 мм². На завершальній стадії передбачається використання композицій присадок до ММ (за необхідності).

Відходами комплексної схеми є осад коагуляції, повністю відпрацьовані сорбенти, паливні фракції. Для їх утилізації найбільш доцільним є спалювання з використанням одержуваної енергії на технологічні потреби. За кордоном такий варіант визнаний найкращим, оскільки, крім одержання енергії, різко знижується кількість відходів (приблизно на 70 %) та їх екологічна небезпека. У разі спалювання необхідно виключити викид токсичних сполук в атмосферу. Утворений зольний залишок може бути похований в ґрунт. У цьому випадку можливе досягнення принципу технології з малими відходами.

Запропонована схема дозволяє з відпрацьованої сировини одержувати значний асортимент ММ усіх типів (оливи, мастила, МХТР, а також ПНС) і практично повністю утилізувати екологічно небезпечні продукти. Практична реалізація схеми очевидно можлива на окремих великих машинобудівних підприємствах і в окремих промислових районах з доволі високою концентрацією різних виробництв, що споживають значну кількість ММ.

Екологічні властивості ПМ можна звести до декількох обов'язкових показників. Мастила повинні бути нетоксичними, позбавленими неприємних запахів і не забруднювати довкілля. Цей останній чинник контролюють за допомогою показника біорозкладання згідно ДСТУ 4247. Метод оцінки біорозкладу реалізують визначенням терміну біорозкладання мастил у воді (сконденсованих вихлопних газів) у %-ках порівняно з біорозкладом контрольних матеріалів.

Питання для самостійної роботи

1. Охарактеризуйте токсичність пластичних мастил.
2. Опишіть основні заходи безпеки під час використання мастил.
3. Чим обумовлена токсичність пластичних мастил для рослин, тварин і людини?
4. Опишіть основні заходи охорони довкілля під час використання та зберігання мастил.
5. Проаналізуйте способи рециклінгу та утилізації відпрацьованих пластичних мастил.
6. Дослідіть джерела забруднення атмосфери парами нафти і нафтопродуктів.
7. Які існують методи утилізації нафтових відходів?
8. Порівняйте особливості термічних і темокаталітичних методів знешкодження викидів, що містять нафтопродукти.
7. Проаналізуйте джерела та склад нафтовмісних стічних вод, що утворюються на промислових підприємствах.
8. Охарактеризуйте механізми забруднення навколишнього середовища під час використання пластичних мастил.
9. Які джерела здійснюють найбільший вплив на довкілля під час використання пластичних мастил

10. Які види відходів утворюються під час життєвого циклу нафтопродуктів?

11. Опишіть сутність методу визначення біорозкладання за ДСТУ 4247.

12. Охарактеризуйте «забезпечення екологічної безпеки транспортних процесів»? Дослідіть взаємозв'язок із процесами використання пластичних масил.

14. Що розуміють під поняттям «забезпечення стійкого розвитку системи нафтопродуктозабезпечення, нафтохімічного, транспортного комплексів»?

15. Які є організаційно-правові природоохоронні заходи?

16. Опишіть специфіку управління екологічною безпекою на підприємствах, що продукують, використовують пластичні масила.

17. Яка головна мета системи екологічного моніторингу?

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Бойченко С. В.**, Запорожець О. І., Матвеева О. Л., Шаманський С. Й., (та ін.). Транспортна екологія: навч посіб; за заг. ред. С.В. Бойченка. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 508 с.
2. **Бойченко С. В.**, Кулик Н. С., Яновский Л.С., (и др.) Авиационная химмотология: Топлива для авиационных двигателей. Теоретические и инженерные основы применения. Київ: НАУ, 2015. 500 с.
3. **Ищук Ю.**, Гінзбург М., Кобилянський Є., Коваленко С., Ярмолук Б. Мазильні матеріали: класифікація та термінологія. *Каталіз та нефтехімія*. 2005. № 13. С. 9–19.
4. **Ищук Ю. Л.** Состав, структура и свойства пластичных смазок. Киев: Наукова думка, 1996. 514 с.
5. **Ищук Ю.Л.** Технология палстичных смазок. Киев: Наукова думка, 1986. 248 с.
6. **Топільницький П.**, Гринишин О., Мачинський О. Технологія первинної переробки нафти і газу : підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 468 с.
7. **Мачинський О.**, Топільницький П. Гідрокрекінг: монографія. Львів: Видавництво Львів-ської політехніки, 2011.347 с.
8. **Топільницький П. І.**, Гринишин О. Б., Лазорко О. І, Романчук В. В. Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості товарних нафтопродуктів: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 248 с.
9. **Спиркин В. Г.**, Фукс И. Г., Татур И. Г., Бойченко С. В., [и др.]. Химмотология. Свойства и применение топлив, смазочных и специальных материалов : Учеб. пособ. В 2-х ч. Москва: ИЦ РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. 271 с.
10. **Евдокимов А. Ю.**, Фукс И. Г., Любинин И. А. Смазочные материалы в техносфере: Экологический аспект: [монография]. Киев: Атика-Н, 2010. 292 с.
11. **Сафонов А. С.**, Ушаков А. И., Гришин В. В. Химмотология горюче-смазочных материалов. Санкт-Петербург: НПИКЦ, 2007. 488 с.
12. **Бурячко В. Р.**, Гук А. В. Автомобильные двигатели: Рабочие циклы. Показатели и характеристики. Методы повышения эффективности энергопреобразования. Санкт-Петербург: НПИКЦ, 2005. 292 с.
13. **Бойченко С. В.**, Черняк Л. М., Любінін Й. А., Топільницький П. І., Шевченко О. Б., Трофімов І. Л., Павлюх Л. І. Хіммотологія та інженерне забезпечення використання газу і паливно-мазильних матеріалів:

навчальний посібник. Київ: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2013. 276 с.

14. **Класифікація** пластичних мастил URL: <http://forsage.rv.ua/lubricants.htm> (дата звернення: 21.04.2021)

15. **Антифрикционные** пластичные смазки и их свойства URL: https://studbooks.net/1929828/matematika_himiya_fizika/antifriktsionnye_plastichnye_smazki_i_ih_svoystva (дата звернення: 21.04.2021)

16. **ДСТУ 4128:2002.** Мастильні матеріали, індустріальні оливи та споріднені продукти (клас L). Класифікація. Київ: Управління Держспоживстандарту, 2002. 8 с.

17. **ДСТУ 4226:2003.** Мастильні матеріали, індустріальні оливи та споріднені продукти (клас L). Класифікація. Група X (мастила). Київ: Управління Держспоживстандарту, 2003. 10 с.

18. **ДСТУ ISO 8681:2002.** Нафтопродукти та матеріали мастильні. Загальна класифікація. Позначання класів (ISO 8681:1986, IDT). Київ: Управління Держспоживстандарту, 2003. 10 с.

19. **Бойченко С. В.,** Иванов С. В., Бурлака В. Г. Моторные топлива и масла для современной техники: монография. Київ: НАУ, 2005. 216 с.

20. **Краткая** технология производства пластичных смазок URL: <https://autokomplekt.com/info/articles/brief-production-technology-of-plastic-lubricants/> (дата звернення: 21.04.2021)

21. **Получение** базовых масел из мазута URL: <https://www.potram.ru/index.php?page=33> (дата звернення: 21.04.2021)

22. **Производство** пластичных смазок URL: <https://vniism.ru/proizvodstvo-plastichnyh-smazok/> (дата звернення: 21.04.2021)

23. **Horst С.,** Heinz Н. Tribologie Handbuch. Wiesbaden: Vieweg+Teunberg Verlag, 2010. 785 p.

24. **Остриков В. В.,** Нагорнов С. А., Клейменов О. А., Прохоренко В. Д., Курочкин И. М., Хренников А. О., Доровских Д. В. Топливо, смазочные материалы, технические. Тамбов : изд-во Тамбовского государственного технического университета, 2008. 304 с.

25. **Kabir М. А.,** Fred Higgs III. С., Lovell М. R. A pin-on disk experimental study on a green particulate-fluid lubricant. *Journal of Tribology*. 2008. № 130. P. 1041–1048.

26. **Worniyoh E. Y.,** Jasti V. K., Fred Higgs III. C. A review of dry particulate lubrication: powder and granular materials. *Journal of Tribology*. 2008. № 129. P. 438–449.

27. **Mannekote J. K.**, Kailas S.V. Performance evaluation of vegetable oils as lubricant in a four stroke engine. *In Proc. 4th World Tribology Congress*, Kyoto, Japan, 6–11 September. 2009. P. 331.

28. **Kotzalas M.**, Lucas D. Comparison of bearing fatigue life predictions with test data. *In Proc. AWEA Wind Power*, Los Angeles, USA, 3–6 June. 2007. P. 17.

29. **Spencer N. D.** Understanding and imitating lubrication in nature. *Proceedings of the 2nd European Conference on Tribology ECOTRIB*, Pisa, Italy. 2009. P. 33–37.

30. **Кузишин О. В.**, Сіренко Г. О., Сіренко О. Г., Джуренко Н. І., Паламарчук О. П., Сав'як О. Л. Мاستильні матеріали на основі рослинних олій для контактних поверхонь твердих тіл під час тертя та зношування (огляд). *Фізика і хімія твердого тіла*. 2009. № 4. С. 905–917.

31. **Сіренко Г. О.**, Сав'як О.Л. Рослинні олії як альтернатива мاستильним матеріалам і присадкам. *Вісник Прикарпатського університету*. 2002. №3. С. 117–142.

32. **Литвин Б. Л.**, Федорів А. С., Брускова В. С., Курганський В. С. Синтез і дослідження оксєтильованих аміновмісних похідних ортофосфорної кислоти як компонентів змащувальноохолоджуючих технологічних середовищ. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2007. №1(8). С. 152–158.

33. **Федорів А. С.**, Вишневський Р. І., Литвин Б. Л. Хімічна модифікація рослинних олій о- та п-нуклеофі-льними реагентами. *Тези доп. І Всеукраїнської наукової конференції студентів, аспірантів, і молодих учених "Хімічні проблеми сьогодення"*. Донецьк, Україна, 27–29 березня 2007. С. 92.

34. **Федорів А. С.**, Вишневський Р. І., Литвин Б. Л. Цілеспрямований синтез сполук із антикорозійними властивостями на основі рослинних олій. *Тези доп. XXI Української конференції з органічної хімії*. Чернігів, Україна, 1–5 жовтня 2007. С. 339.

35. **Зрезарцев М. П.** Товарознавство сировини та матеріалів: Навч. пос. Київ: Центр учбової літератури, 2008. 404 с.

36. **Петров В.** Вместо дизельного топлива – рапсовое масло. *МТС «Зерно»*. 2002. №5.

38. **Зеркалов Д. В.** Рациональное використання нафтопродуктів: Навч. Посібник. Київ: ТОВ «Міжнародна фінансова агенція», 1997. 114 с.

39. **Кулешов В. П.**, Орлов Г. Г., Сорокин Ю. Г. Охрана труда в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Москва: Химия, 1993. 472 с.

40. **Ішук Ю.**, Гінзбург М., Кобилянський Є., Коваленко С., Ярмолук Б. *Мастильні матеріали: класифікація та термінологія. Зб. наук. праць, Каталіз и нефтехимия.* 2005. №13. С. 9–19.

41. **Чабаний В. Я.** Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Книга 2. Системи забезпечення якості паливо-мастильних матеріалів., 2-ге видання, перероблене та доповнене. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. 500 с.

42. **Бурлака Г. Г.**, Зиневич В. О. Рынок нефти и нефтепродуктов на рубеже XXI века. Киев : Ин-т биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины, 2003. 332 с.

43. **Андреев В. Г.**, Толмачев Г. П. Перспективное направление рециклинга нефтесодержащих отходов. *Химия и технология топлив и масел.* 2002. № 6. С. 3.

44. **Сури С. А.** Отработанные масла: вторая жизнь. *Мир нефтепродуктов.* 2000. № 2. С. 22–23.

45. **Стриж О.**, Бойченко С. Дослідження ефективності сорбентів та удосконалення технології відновлення якості турбінних олив. *Журнал «Нефть и газ».* 2009. № 3. С. 54–62.

46. **Экологическая** программа «РОСА» (сбор и переработка отработанных масел). *Материалы Международной научно-практической конференции «Новые технологии в переработке и утилизации отработанных масел и смазочных материалов».* Москва, РФ, 26 28 ноября 2003, 132 с.

47. **Евдокимов А. Ю.**, Фукс И. Г., Шабалина Т. Н., Багдасаров Л. Н. Смазочные материалы и проблемы экологии. Киев : Издательство ГУП «Нефть и газ», 2000. 282 с.

48. **Школьников В. М.**, Гордукалов А. А., Юзефович В. И., Петросова М. Р. Анализ зарубежных подходов к проблеме утилизации отработанных нефтепродуктов. *Мир нефтепродуктов.* 2004. № 1. С. 36.

49. **Юзефович В. И.**, Школьников В. М., Гордукалов А. А., Петросова М. Р. Организация системы сбора отработанных смазочных материалов в странах ЕЭС и России. *Мир нефтепродуктов.* 2004. №4. С. 28.

50. **Про затвердження** Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх утилізацією / видаленням і Жовтого та Зеленого переліків відходів : постанова КМУ від 13.07.2000 р. № 1120. Київ: Офіційний вісник України. 2000. № 29 (04.08.2000). С. 1217.

51. **Евдокимов А. Е.**, Облащикова И. Р., Каминский С. Э. Отработанные смазочные материалы и проблемы защиты окружающей

среды. *Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми хімотології»*. Київ, Україна, 15–19 травня, 2006

52. **Юнусов М. Ю.** Физико-химические основы утилизации отработанных смазочных материалов. *Дисс. канд. хим. наук : 02.00.04 – физическая химия*. Душанбе, 2006. 116 с.

53. **Топільницький П. І.** Виробництво та споживання олив у світі та в Україні. *Тези доповідей IV науково-технічної конференції «Поступ в нафтопереробній та нафтохімічній промисловості»*. Львів, Україна, 11–14 вересня 2007. С. 21–24.

54. **Климова Л. З.**, Калинина Э. В., Гаева Е. Г. Принципы подбора оптимального состава высокоэффективного деэмульгатора водонефтяных эмульсий. *Нефтехимия*. 1999. № 3(39). С. 226–233.

55. **Марцин И. И.**, Манк В.В., Могуленко В.О., (и др.). Очистка отработанных масел с помощью активированных глин. *Нефтяная и газовая промышленность*. 1998. № 1. С. 45–47.

56. **Евдокимов А. Ю.**, Ахад А., Фалькович М. И. Пальгорскитные глины для очистки отработанных нефтяных масел. *Химия и технология топлив и масел*. 1992. № 6. С. 14–15.

57. **Малеваний М. С.**, Однориг З. С., Санников Н. И., Вячеслав Л. Совмещение процессов в технологиях модификации природных дисперсных сорбентов. *XLII Zjazd naukowy Polskiego towarzystwa chemicznego i stowarzyszenia inzynierow i technikow przemyslu chemicznego*. Rzeszow, Poland, 7–8 września 1999. P. 203.

58. **Мальований М. С.**, Ільків І. М., Креховецький О. М., Санніков М. І. Особливості хімічної активації бентонітів. *Труды научнотехнической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов»*, Щелкино, Україна, 11–15 червня 2001. С. 656–657.

59. **Закалов О. В.**, Триботехніка і підвищення надійності машин. Тернопіль: ТДТУ, 2000. 354 с.

60. **Кіндрачук М. В.**, Хабутель В. Ф., Пашечко М. І., Корбут Є. В. Трибологія. Київ: Вид-во Національного Авіаційного університету «НАУ-друк», 2009. 232 с.

61. **Зозуля В. Д.**, Лубведков Е., Ровенський Д. Я., Брау З. Д. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. Київ: Наукова думка, 1990. 188 с.

62. **Дмитриченко М. Ф.**, Маковецкий П. С. Антикоррозионные смазочные материалы. Справочник. Киев: Урожай, 1991. 176 с.

63. **Машков Ю. К.**, Полещенко К. Н., Поворознюк С. Н., Орлов П. В. Трение и модифицирование материалов трибосистем. Москва: Наука, 2000. 280 с.
64. **Чичинадзе А. В.**, Браун Э. Д., Буше Н. А., (и др.). Учебник для технических вузов. 2-е изд. перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 2001. 664 с.
65. **Заславский Ю. С.** Трибология смазочных материалов. Москва: Химия, 1991. 240 с.
66. **ГОСТ 12.4.113.** Система стандартов безопасности труда. Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности при выполнении учебных лабораторных работ. Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1982. 8 с.
67. **Чулков П. В.**, Чулков И. П. Топливо и смазочные материалы: Ассортимент, качество, применение, экономика, экология. Москва: Политехника, 1995. 302 с.
68. **Окоча А. І.**, Антипенко А. М. Паливо-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: Підручник. Київ: Урожай, 1996. 336 с.
69. **Синицын В. В.**, Пластичные смазки в СССР. Москва: Химия, 1984. 192 с.
70. **ГОСТ ISO 6743-9-2013.** Материалы смазочные, промышленные масла и родственные продукты (класс L). Классификация. Часть 9. Группа X (смазки) (ISO 6743-9:2003, IDT). Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2013. 13 с.
71. **DIN 51502:1990.** Lubricants and related materials; designation of lubricants and marking the containers for lubricants, lubrication equipment and lubrication points. Berlin: Deutsche norm, 1990. 7 p.
72. **DIN 51825:2004-06.** Lubricants - lubricating greases k - classification and requirements. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2004. 10 p.
73. **DIN 51826-2015.** Lubricants - Lubricating greases G - Classification and requirements. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2015. 7 p.
74. **ISO 19378:2003.** Lubricants, industrial oils and related products (class L). Machine-tool lubricants. Categories and specifications. Geneva: International Organization for Standardization, 2003. 6 p.
75. **DIN 51807-1.** Testing of lubricants - Test of the behaviour of lubricating greases in the presence of water - Part 1: Static test. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2020. 8 p.
76. **DIN 51819-2:2016.** Testing of lubricants - mechanical-dynamic testing in the roller bearing test apparatus FE8 - Part 2: test method for lubricating

greases - applied test bearing: oblique ball bearing or tapered roller bearing. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2016. 13 p.

77. **DIN 51821-2**. Testing of lubricants - Test using the FAG roller bearing grease testing apparatus FE9 - Part 2: Test method. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2016. 10 p.

78. **NYCO Grease**. Technical Data Sheet URL: <https://www.nyco-group.com/fr/produits/nyco-grease/> (дата звернення: 21.04.2021)

79. **The AeroShell Book**. URL: https://www.shell.com/business-customers/aviation/aeroshell/knowledge-centre/the-aeroshell-book/_jcr_content/par/textimage_1433441235.stream/1519764636322/2450d6be71ecb544ed66e557f856b8e59a15ae28/aeroshell-book-5greases.pdf. (дата звернення: 21.04.2021)

80. **Hui Cen**, Dan Bai, Yanpu Chao, Yaohui Li, Ruihua Li. EHL film thickness in rolling element bearings evaluated by electrical capacitance method: a review. *Tribology – Materials, Surfaces & Interfaces* 15:1. 2021. №15. P. 55–77.

81. **Khalida Akhtar**, Saniya Yousafzai. Tribological and rheological properties of the ultrafine CaCO₃ blended nano grease. *Journal of Dispersion Science and Technology* 0:0. 2020. P. 1–11.

82. **Takashi Nogi**, Minami Soma, Daming Dong. Numerical Analysis of Grease Film Thickness and Thickener Concentration in Elastohydrodynamic Lubrication of Point Contacts. *Tribology Transactions* 63:5. №63. P. 924–934.

83. **Хімотологія**: Навч.-метод. посібник / С. В. Бойченко, Н. М. Кучма, В. В. Єфименко, О. С. Тітова, Л. М. Черняк. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. 156 с.

84. **Сіренко Г. О.**, Кириченко В. І., Сулима І. В. Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів: [монографічний підручник (спеціальний курс лекцій)] [за ред. Г. О. Сіренка] / Г. О. Сіренко, В. І. Кириченко, І. В. Сулима. – Івано-Франківськ, 2017. 213 с.

85. **Захист** навколишнього середовища в авіатранспортних процесах: підручник / В. М. Ісаєнко, С. В. Бойченко, К. О. Бабікова, О. О. Вовк. К.: НАУ, 2020. 320 с.

86. **Boichenko S.**, Yakovlieva A., Lejda K., Kurdel P. Modern Road Transport's Operational materials. Technical University of Košice, 2020. 279 p.

87. **Моторні** палива: властивості та якість [текст] підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимір Лейда; за заг. ред. проф. С.Бойченка. К.: «Центр учбової літератури». 2017. 324 с.

88. **Бойченко С.**, Пушак А., Топільницький П., Любінін Й., Лейда К. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість: підручник. К.: Центр учбової літератури, 2019. 323 с.
89. **Boichenko S.V.**, Yakovlieva A.V., Vovk O.O., Radomska M.M., Cherniak L.M., Shkilniuk I.O. Fundamentals of chemmotology: manual. Kyiv: National Aviation University, 2019. 296 p.
90. **Бойченко С.В.**, Іванченко О.В., Лейда К., Фролов В.Ф., Яковлева А.В. Екологістика, рециклінг і утилізація транспорту: навчальний посібник. – К.: НАУ, 2019. – 266 с.
91. **Anna V.** Yakovlieva, **Sergii V.** Boichenko, **Kazimierz** Lejda, **Oksana O.** Vovk. Modification of jet fuels composition with renewable bio-additives: Monograph. K.: National Aviation University, 2019. 207 p.
92. **Sergii Boichenko**, Olexander Aksionov, Petro Topilnytskyi, Andrii Pushak, **Kazimierz** Lejda / under the general editorship of prof. **Sergii Boichenko**. Selected aspects of providing the chemmotological reliability of the engineering: Monograph. K.: Center for Educational Literature, 2019. 342 p.
93. **Polishuk A.T.**: A Brief History of Lubricating Greases. Lima, Pennsylvania, 1998.
94. **Акмалдінова О.М.**, Бойченко С.В. та ін. Тематичний словник авіаційної термінології (англійська, українська, російська мови). К.: НАУ, 2013. 692 с.
95. **Радомська М.М.** Авіаційна екологія: навч. посібник / М. М. Радомська, Л. М. Черняк, С. В. Бойченко, О. В. Рябчевський, Л. І. Павлюх. К.: НАУ, 2014. 152 с.
96. **Grigorov A.B.** Complex processing of used engine oils / A.B. Grigorov // Energy saving. Energy. Energy audit. Kharkov, 2012. № 05 (99). P. 40–44. [in Russian].
97. **Бойченко С. В.** Контроль якості паливно-мастильних матеріалів: навч. посіб. / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, В. Ф. Новикова [та ін.]. К.: НАУ, 2012. 308 с.
98. **Бойченко С.В.** Вступ до хіммотології палив та олив: навчальний посібник у двох частинах / С. В. Бойченко, Й. А. Любінін. – Одеса: «Астропринт», 2009, 2010. Ч. 2. 276 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

KSM Lubricants Виробник мастильних матеріалів

KSM Lubricants – один із лідерів ринку ММ та автохімії у Східній Європі.

Створені компанією оливи, мастила, охолоджуючі рідини та автохімія застосовуються в різних галузях промисловості (металургія, машинобудування, хімічна промисловість, енергетика), на підприємствах транспорту (автомобільного, морського, залізничного), в агропромисловому секторі, на роздрібному ринку ММ для легкових і вантажних автомобілів.

Компанія заснована та здійснює свою діяльність з 2001р.

Наші переваги:

- **20 років** досвіду виробництва ММ та автохімії;
- Ми продукуємо **40.000 тон** готової продукції в рік;
- Наш асортимент продукції налічує **1500 SKU**;
- Планування виробництва здійснюється згідно з **MRP** системою;
- Діюча система управління **якістю** ISO 9001: 2015 та ISO 29001: 2010, акредитація лабораторії ISO / IEC 17025: 2017;
- Сучасна **WMS** система, що забезпечує відвантаження більш як 60 тонн фасованої продукції і 500 тонн наливної продукції за добу.

Продукція представлена в більше ніж **500** торгових точках в Україні.

Компанія має зручне географічне розташування.

Виробництво знаходиться на перехресті основних транспортних шляхів, що забезпечує швидку та своєчасну відправку замовлень.

Ми здійснюємо експорт в 15 країн світу, включно з країнами Європейського Союзу.

Компанія має ліцензії від **API** (American Petroleum Institute) та схвалення від **OEM** (Volkswagen, Mercedes-Benz, Volvo, Renault, Cummins, MAC, MAN та інші)

Бренди компанії:



Бренд преміум класу, що представлений в широкому асортименті моторних олів, включаючи серії олів для комерційної, споживчої, суднової техніки та промислового обладнання, серії трансмісійних і гідравлічних олів, спеціалізованих промислових олів, серії мастил різноманітного призначення та охолоджуючі рідини.



Охоплює широкий спектр сервісних олив, трансмісійних олив та рідин для ATF і MTF та мастил для усіх видів техніки, вузлів і механізмів, включаючи лінію спеціалізованих продуктів для садового інструменту, а також автохімію та автошампуні.



Виготовляє оливи та мастила, розроблені спеціально для сервісної роботи промислового обладнання. В асортименті присутні індустриальні мастила, оливи, охолоджуючі рідини у дрібній тарі, а також наливом в автоцистерни.



Бренд має повний спектр ММ і рідин для легкових та комерційних автомобілів. Асортимент включає популярні продукти із збалансованими специфікаціями. Продукція добре зарекомендувала себе як на ринках країн Європи, так і в регіонах Близького Сходу, Азії та Північної Африки.

Наші додаткові сервіси:

Oil Academy

У рамках даного проекту, всі наші клієнти проходять безкоштовне навчання для підвищення експертних знань в сфері застосування ММ.

Oil Doctor

Ми допоможемо виявити стан ММ та техніки, визначити його потенціал і передбачити проблеми в роботі вашого обладнання під час експлуатації.

B2B Shop

Особистий кабінет наших клієнтів на сайті KSM.UA, де відображається наявність продукції на нашому складі.

Ви власноруч можете створювати замовлення, керувати знижками та відстежувати етапи відвантаження у реальному часі.

У **структурі нашого виробництва** найбільшу частку займають моторні оливи – 44 %, наступними за об'ємом виробництва є промислові оливи – 23 %, тоді мастила, що становлять – 15 %, охолоджуючі рідини – 11 % та трансмісійні оливи – 7%.

Нашими клієнтами в Україні є: Укрзалізниця, Укрнафта, Українське Дунайське Пароплавство, Київ-Дніпровське МППЗТ, Енергоатом, Гідросила, Нафтогаз (Укртрансгаз та Укргазвидобування), Укрпошта, Метінвест, Завод імені В. О. Малишева, Національна гвардія України, Міністерство оборони України.

Наші контакти:

Головний офіс: м. Київ, Подільський р-н вул. Костянтинівська, 15А, 04071 Адреса потужностей виробництва: Київська обл., смт. Клавдієво-Тарасове вул. Варшавська, 1, 07850	Телефон: +38 044 537-03-48 Email: info@ksm.ua Вебсайт: www.ksm.ua
--	---

АСОРТИМЕНТ МАСТИЛ

Універсальне комплексне літєве мастило **PROTEC™ MULTIPLEX EP2** **NLGI 2, DIN 51502 KP2P-30**

Універсальне комплексне літєве мастило **Protec Multiplex EP2** – високоефективне багатоцільове комплексне мастило на літєвій основі, створене для роботи в жорстких умовах підвищених температур, навантажень (у тому числі ударних) і вібрації.

Універсальне комплексне літєве мастило **Protec Multiplex EP2** виробляється на літєвій основі з вмістом антиокиснювальних, протизношувальних, протизадирних, антикорозійних присадок з метою забезпечення довготривалості і надійної експлуатації вузлів тертя в широкому діапазоні температур.

Універсальне комплексне літєве мастило **Protec Multiplex EP2** може застосовуватися для вузлів тертя ходової частини, високонавантажених підшипників ковзання, кочення і шарнірів легкових й вантажних автомобілів, працюючих у легких і тяжких режимах різноманітного обладнання (гірничодобувного, ливарного та ін.).

Переваги комплексного літєвого мастила Protec™ Multiplex EP2

- ефективно виконує свої функції в широкому діапазоні температур;
- забезпечує підвищений захист вузлів тертя від інтенсивного зносу та задирів у жорстких умовах роботи;
- зберігає свою структуру при вібраційному навантаженні завдяки високій механічній стабільності;

- надійно захищає вузли тертя від корозії;
- володіє достатньою стійкістю до вимивання водою;
- подовжує інтервал заміни мастила завдяки відмінним

антиокиснювальним властивостям.

Типові характеристики Protec Multiplex EP2	NLGI 2, DIN 51502 KP2P-30
В'язкість кінетична базової оливи за температури 40 °C, мм²/с	210
Колір	Синій
Температура каплепадиння, °C	260
Пенетрація, 0,1 мм	274
Колоїдна стабільність, %	8,2
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °C: навантаження зварювання (Рз), Н	3087
Діапазон застосування мастила	мінус 30–180 °C

Універсальні мастила серії PROTEC™ MULTILIT EP NLGI, DIN 51502

Універсальні мастила серії **Protec Multilit EP** – серія багатоцільових антифрикційних і водостійких мастил, спеціально створених для роботи у важких умовах за підвищених і ударних навантажень і вібрацій. До складу мастил входять спеціальні компоненти для посиленого захисту від зносу і корозії, а також вимивання водою, що забезпечують надійну роботу у широкому діапазоні температур.

Універсальні мастила серії **Protec Multilit EP** застосовуються для змащування високонавантажених підшипників ковзання, підшипників кочення, підшипників з ущільнювальними шайбами, шарнірів, зубчастих передач верстатів та інших видів вузлів тертя різного обладнання.

Універсальне мастило **Protec Multilit EP 00** – напіврідинне мастило, що відповідає вимогам: **NLGI 00, DIN 51502 GP00G-20**.

Універсальні мастила серії **Protec Multilit EP 1/EP 2** – серія пластичних мастил, що відповідають вимогам відповідно: **NLGI 1, DIN 51502 KP1K-30/ NLGI 2, DIN 51502 KP2K-30**.

Переваги універсальних мастил серії Protec™ Multilit EP

- посилений захист від зносу за підвищених навантажень;
- можливість ефективної роботи у широкому діапазоні швидкостей завдяки чудовим антифрикційним і протизадирним властивостям;
- відмінні гідрофобні властивості;
- висока стійкість до окиснення для більш тривалого інтервалу заміни;
- відмінний захист від ржавіння і корозії змащувальних поверхонь;
- збільшені інтервали заміни завдяки тривалому терміну служби при важких умовах роботи і високих механічних навантаженнях.

Типові характеристики Protec Multilit EP	00	1	2
NLGI	00	1	2
DIN 51502	GP00G-20	KP1K-30	KP2K-30
Температура краплепадіння, °C	160	190	195
Пенетрація, 0,1 мм	405	315	280
Колоїдна стабільність, %	30	24	11
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °C: навантаження зварювання (Pз), Н	2607	2607	2764
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °C: Індекс задиру (Із), Н	490	490	510

Універсальне мастило PROTEC™ MULTIPRO CS 220 NLGI 2, DIN 51502 KP1/2R-30

Універсальне мастило **Protec Multipro CS 220** виробляється на основі комплексу сульфонату кальцію нового покоління з поліпшеними характеристиками за водостійкістю, несучою здатністю, термічною стабільністю, антикорозійними властивостями, зберігаючи при цьому високий рівень прокачуваності й оптимальну змащувальну здатність при високих швидкостях кочення й ковзання.

Універсальне мастило **Protec Multipro CS 220** може застосовуватися в централізованих системах подачі мастила для змащування всіх типів вузлів, що піддаються високим навантаженням, ударних впливів, що працюють в умовах багаторазового контакту з водою (навіть з морською водою, завдяки поліпшеним антикорозійними властивостями).

Універсальне мастило **Protec Multipro CS 220** можна також використовувати для змащення вузлів ліній безперервного лиття і прокатних станів, підшипників в мокрих і сухих секціях папероробних машин і всього промислового обладнання, працюючого у важких умовах (вологість, навантаження, високі температури, пил і т. п.).

Переваги універсального мастила Protec™ Multipro CS 220

- дозволяє застосовувати для змащування підшипників, що працюють за високих швидкостях;
- зберігає усі переваги для захисту від корозії, збільшення терміну служби підшипників, роботи за високих навантажень і температур.
- має чудові антиокиснювальні й антикорозійні властивості загусника на основі комплексу сульфонату кальція, у тому числі в присутності морської води.
- не містить свинець або інші важкі метали, що представляють небезпеку для здоров'я людини і навколишнього середовища.

Типові характеристики Protec MultiPro CS	220
NLGI	2
DIN 51502	KP1/2R-30
Кінематична в'язкість базової оливи за температури 40 °C, cSt	220
Температура каплепадиння, °C	>300
Пенетрація за температури 25 °C, 0,1 мм	280
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °C: навантаження зварювання (P_z), Н	5000
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °C: Діаметр плями зношування (D_z), мм	0,4
Універсальне мастило Protec Multipro CS 220 відповідає вимогам	NLGI 2, DIN 51502 KP1/2R-30
Діапазон застосування	мінус 30 °C–180 °C

Універсальне літєве мастило TEMOL™ LITOL-24 (NLGI 2)

Універсальне літєве мастило **TEMOL LITOL 24** з відмінною водостійкістю та високими антифрикційними характеристиками, високою хімічною та механічною стабільністю.

Універсальне літєве мастило **TEMOL LITOL 24** дозволяє забезпечувати надійний захист вузлів тертя самого різного устаткування: колісних, гусеничних транспортних засобів, суднової техніки, гірничої та позашляхової техніки, будівельної техніки.

Універсальне літєве мастило **TEMOL LITOL 24** застосовують для змащування підшипників кочення, підшипників ковзання, шарнірів, зубчастих передач та інших видів вузлів тертя за температури від мінус 40 °C до 120 °C (короткочасно до 130 °C).

Універсальне літєве мастило **TEMOL LITOL 24** відповідає вимогам: **NLGI 2**.

Переваги універсального літєвого мастила TEMOL LITOL 24:

- посилений захист від зносу за підвищених навантажень;
- можливість ефективної роботи у широкому діапазоні швидкостей завдяки високим антифрикційним і протизадирним властивостям;
- відмінні гідрофобні властивості;
- висока стійкість до окиснення для більш тривалого інтервалу заміни;
- відмінний захист від ржавіння та корозії змащувальних поверхонь;
- збільшені інтервали заміни завдяки тривалому терміну служби за важких умов роботи та високих механічних навантажень.

Типові характеристики TEMOL LITOL 24	NLGI 2
Пенетрація за температури 25 °С, 0,1 мм	245
Температура краплепадіння, °С	200
Колоїдна стабільність, %	11,75
Змашувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Навантаження зварювання (P_z), Н	1570
Змашувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: критичне навантаження (P_k), Н	735
Змашувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Індекс задиру (I_z), Н	325
Фасування – Туби 100 мл, 150 мл	

Графітове мастило TEMOL™ GRAPHITE (NLGI 2)

Мастило **TEMOL GRAPHITE** – мастило загального призначення з підвищеними антифрикційними властивостями.

Мастило **TEMOL GRAPHITE** забезпечує надійний захист вузлів тертя ковзання важконавантажених тихохідних механізмів (ресори, домкрати, відкриті шестерні передачі, нарізні сполучення, опори бурових доліт, ходові гвинти та інші).

Мастило **TEMOL GRAPHITE** працює в діапазоні температур від мінус 25°С до 65°С.

TEMOL GRAPHITE відповідає вимогам: **NLGI 2**.

Переваги мастила TEMOL GRAPHITE:

- забезпечує підвищений захист вузлів тертя від інтенсивного зносу та задирів у важконавантажених умовах роботи;
- високі антифрикційні та корозійні властивості;
- зберігає свою структуру при вібраційному навантаженні завдяки високій механічній стабільності;
- володіє достатньою стійкістю до вимивання водою;

Типові характеристики TEMOL GRAPHITE	NLGI 2
Пенетрація за температури 25 °С, 0,1 мм	275
Температура краплепадіння, °С	95
Колоїдна стабільність, %	4,7
Змашувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Навантаження зварювання (P_z), Н	3500
Змашувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Критичне навантаження (P_k), Н	1000
Змашувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Індекс задиру (I_z), Н	585
Фасування – Туби 150 мл	

Автомобільне мастило TEMOL™ ShRUS-4 NLGI 2

Мастило **TEMOL ShRUS-4** – автомобільне мастило з відмінними експлуатаційними характеристиками, що містить дисульфід молібдену, що надає високих антифрикційних і протизадирних властивостей.

Мастило **TEMOL ShRUS-4** призначена для змащування шарнірів рівних кутових швидкостей повнопривідних і передньопривідних автомобілів, голчастих підшипників карданних шарнірів нерівних кутових швидкостей, що працюють за температури від мінус 40 °С до 120 °С.

Мастило **TEMOL ShRUS-4** відповідає вимогам: **NLGI 2**.

Переваги мастила TEMOL ShRUS-4:

- Дозволяє застосовувати для змащування підшипників автомобілів, що працюють за високих навантажень й швидкостей;
- Зберігає усі переваги для захисту від інтенсивного зношування й корозії під час роботи за високих навантажень і температур;
- Має відмінні гідрофобні та антиокиснювальні властивості.

Типові характеристики TEMOL ShRUS-4	NLGI 2
Пенетрація за температури 25 °С, 0,1 мм	275
Температура краплепадіння, °С	195
Колоїдна стабільність, %	10
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Навантаження зварювання (P_z), Н	5200
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Індекс задиру (I_z), Н	610
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ за температури 20±5 °С: Критичне навантаження (P_k), Н	1050
Фасування – Туби 100 мл, 150 мл	

Автомобільне мастило TEMOL™ №158 NLGI 2

Мастило **TEMOL №158** – автомобільне мастило з відмінними експлуатаційними характеристиками, що має високі протизношувальні і антиокиснювальні властивості, достатню водостійкість і оптимальну механічну стабільність.

Мастило **TEMOL №158** призначене для змащування підшипників кочення електроустаткування автомобілів і тракторів, голчастих підшипників хрестовин карданних з'єднань, вузлів тертя пристроїв очищення вітрового скла легкових і вантажних автомобілів, комбайнів, тракторів та інших машин, що працюють у діапазоні температур від мінус 40 °С до 110 °С.

Мастило **TEMOL №158** відповідає вимогам: **NLGI 2**.

Переваги мастила TEMOL №158:

- можливість ефективної роботи у широкому діапазоні швидкостей завдяки високим антифрикційним і протизадирним властивостям;
- відмінні гідрофобні властивості;
- висока стійкість до окиснення для більш тривалого інтервалу заміни;
- відмінний захист від ржавіння та корозії змащувальних поверхонь.

Типові характеристики TEMOL №158	NLGI 2
Пенетрація за температури 25 °C, 0,1 мм	295
Температура краплепадіння, °C	205
Колоїдна стабільність, %	14,5
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ при 20±5 °C: Навантаження зварювання (P_3), Н	2070
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ при 20±5 °C: Індекс задиру (I_3), Н	415
Змащувальні властивості на машині тертя ЧКМТ при 20±5 °C: Критичне навантаження (P_k), Н	735
Фасування – Туби 100 мл	



Завод технічних олиव і мастил «СП Юкойл»

Завод технічних олив і мастил «СП Юкойл» – українська компанія з 30-річною історією. Сьогодні – це найсучасніше блендінгове підприємство у Східній Європі. Продукція компанії, а це понад 300 найменувань автомобільних та промислових олив, мастил, антифризів, мастильно-холодильних та формувальних рідин, сервісних продуктів, добре відома споживачам під брендом «YUKO».

Виробничі потужності та головний офіс підприємства розташовані у місті Запоріжжя і займають площу понад 10 000 кв.м. Під час будівництва заводу враховувалися жорсткі вимоги екологічної безпеки, що висуваються до об'єктів у Європейському союзі. Технологічний цикл виробництва максимально автоматизований, завдяки чому забезпечується випуск продукції стабільно високої європейської якості. На підприємстві впроваджена і діє система менеджменту якості, сертифікована за міжнародним стандартом ISO 9001:2015.

Завод технічних олив «СП Юкойл» виготовляє не лише серійні продукти. Технічні можливості та досвід у галузі розробки ексклюзивних ММ із заданими характеристиками, дозволяють фахівцям компанії вирішувати надскладні задачі зі створення новітніх ММ.

Оливи та мастила «YUKO» користуються попитом у понад 80 країнах світу: СНД, США, Європи, Африки та Азії. Серед споживачів продукції – провідні державні та приватні підприємства транспортної, машинобудівної, металургійної, гірничо-видобувної, сільськогосподарської, хімічної та інших галузей.

Серед стратегічних партнерів підприємства – світові лідери з виробництва присадок для олив та ММ, а також міжнародні нафтохімічні концерни Nynas, Ethyl (Afton), ExxonMobil, BASF, Infineum, Lubrizol.

Компанія «Юкойл» стала першим українським підприємством, що досягло міжнародного визнання: отримало ліцензію Американського інституту нафти (API), стало учасником Європейського Союзу Незалежних Виробників Мастильних матеріалів (UEIL) та Американського Національного Інституту Пластичних Мастил (NLGI), Європейської Системи Менеджменту Якості Моторних Олив (EELQMS) SAIL. Окрім того, компанія є єдиною в Україні, яка отримала ліцензію

NSF International – незалежної організації, що акредитована для проведення реєстрації ММ та очищувачів, що використовуються у харчовій промисловості.

Компанія приділяє особливу увагу якості та стабільності продукції. На заводі функціонує власна акредитована лабораторія, оснащена найсучаснішим обладнанням. Відділ технічного контролю щодня здійснює поглиблений аналіз сировини, що надходить, а також олив і мастил на усіх етапах виробництва.

Окрім цього, підприємство виготовляє продукцію для приватних торгових марок. Забезпечує повний спектр сервісу для замовника, що включає: розробку продукту та добір рецептур, що відповідають світовим вимогам виробників техніки.

Компанія «Юкойл» – експерт у сфері мастильних матеріалів!

Наші контакти:

Завод технічних олив «СП Юкойл»
69014, Україна, м.Запоріжжя, вул.Базова, 3А
тел. гарячої лінії в Україні – 0 800 60 5555
email: support@yukoil.com

АСОРТИМЕНТ МАСТИЛ

YUKO LITOPLEX EP-0/EP-00/EP-1/EP-2

Універсальне комплексне літєве мастило. Рекомендоване для застосування у всіх основних типах індустріального обладнання, автомобільній промисловості, будівництві, сільському господарстві, морському транспорті, гірничодобувній промисловості і т.д. Продукт знаходить практичне застосування у легкових і комерційних автомобілях, таксопарках, також рекомендований до застосування у машинах з виробництва паперу, прокатних станах і на цукрових заводах. Мастило можна використовувати як універсальне для підшипників коліс, компонентів шасі, хрестовин карданів, підшипників ступиці, кульових з'єднаннях, для змащування ланцюгів в автомобільній промисловості, підшипників водяних насосів, електродвигунів, для механічних верстатів, трансмісій та з'єднань.

Переваги мастила YUKO LITOPLEX EP-0/EP-00/EP-1/EP-2:

- широкий спектр застосування;
- має високі протизношувальні та протизадирні властивості;
- забезпечує добру стійкість до вимивання водою;
- відмінна стабільність за високих навантажень та температур;
- надійний захист від корозії.

Типові показники
YUKO LITOPLEX EP-0/EP-00/EP-1/EP-2

Найменування показника	EP-0	EP-00	EP-1	EP-2
Пенетрація за температури 25 °C, 10 ⁻¹ мм, у межах	355–385	400–430	310–340	265–295
Випаровуваність за температури 120 °C, %	0,68	0,98	0,56	0,48
Температура краплепадіння, °C	-	-	260	265
Колоїдна стабільність, %	-	-	10,3	8,1
<i>Трибологічні характеристики на чотирикульковій машині за температури (20±5) °C:</i>				
Навантаження зварювання (Pс), Н	3283	3283	3283	3283
Критичне навантаження, (Pк), Н	1098	980	1166	980
Індекс задиру (Із), Н	465	440	519	450
Температурний діапазон застосування, °C	мінус 30–160	мінус 30–160	мінус 30–160	мінус 30–160
Відповідності	NLGI 0	NLGI 00	NLGI 1	NLGI 2

YUKO TRITON WR 2

Водостійке всесезонне мастило на основі безводного кальцію. Рекомендується для використання в шасі автомобілів, важкої лісової, сільськогосподарської та будівельної техніки, кар'єрних машин та іншого обладнання, що працює в умовах впливу води, бруду, снігу, у т. ч. за екстремально низьких температур. Використовується у підшипниках кочення і ковзання при високих навантаженнях, малих і помірних швидкостях під впливом брудної і солоної води, в механізмах морських суден, водного транспорту і берегової техніки в будь-якому кліматі. Також всесезонно застосовується в домашній і малій техніці (велосипеди, мотоблоки, пили, косарки), підходить для консерваційного змащування під час зберігання техніки і металовиробів.

Переваги мастила YUKO TRITON WR 2:

- опір зносу за високих навантажень;
- тривалий захист від корозії у солоній і брудній воді;
- має високу адгезію до металу і відмінно забезпечує ущільнення вузлів;
- забезпечує захист механізмів за екстремально низьких температур – до мінус 40 °C.

Типові показники YUKO TRITON WR 2

Найменування показника	Значення
Пенетрація за температури 25 °C, $\times 10^{-1}$ мм, у межах	280
Температура краплепадіння, °C	150
<i>Трибологічні характеристики на чотирикульковій машині за температури температури (20±5) °C:</i>	
Навантаження зварювання (Pc), Н	1960
Пляма зносу, мм	0,6
Температурний діапазон застосування, °C	Мінус 40–120
Відповідності	NLGI 2

YUKO FENIX XHP2

Високотемпературне мастило на основі сульфоната кальцію та синтетичних компонентів. Рекомендується для використання при екстремально високих температурах і навантаженнях. Володіє виключно високими протизносними та водостійкими властивостями. За основними параметрами значно перевершує властивості літєвих і комплексних мастил. Застосовується в механізмах робочих клітей і приводів валків станів гарячої прокатки сталі, машин безперервного лиття заготовок; в механізмах і фітінгах котлів, печей і автоклавів. Рекомендоване також для обладнання цементної, хімічної та скляної промисловості, що працює при високих температурах, для механізмів і вузлів дорожньо-будівельних машин і важкого транспорту, вібраційних сит асфальтових заводів, високонавантажених підшипників у важкій промисловості; підшипників обладнання целюлозно-паперової промисловості, підшипників і вузлів устаткування при виробництві газобетону, для перфораторів і відбійних молотків, підшипників електродвигунів великих розмірів.

Переваги мастила YUKO FENIX XHP2:

- забезпечує ефективне змащування, високу термічну та антиокиснювальну стабільність, а також низьке оли повідділення за високих температур;
- виняткові протизадірні та протизносні властивості за важких і ударних навантажень;
- висока стійкість проти корозії і вимивання водою і парою, стійкість до деструкції в умовах механічних зсувних зусиль і впливу забрудненої води;
- збільшені інтервали заміни мастила і зменшення витрат на обслуговування.

Типові показники YUKO FENIX XHP2

Найменування показника	Значення
Пенетрація за температури 25 °С, 10 ⁻¹ мм, у межах	270
Температура краплепадіння, °С	350
<i>Трибологічні характеристики на чотирикульковій машині за (20±5) °С:</i>	
Навантаження зварювання (Рс), Н	4136
Пляма зносу, мм	0,3
Температурний діапазон застосування, °С	Мінус 25–200
Відповідності	NLGI 2

YUKO FOOD GRADE GP

Високоякісне мастило призначене для застосування у харчовій і фармацевтичній промисловості у випадках, коли можливий контакт мастила з продуктом. Виготовляється на основі білих олив, що пройшли глибоке гідроочищення та комплексного алюмінієвого загусника. Містить комплекс присадок, що відповідають спеціальним вимогам харчової промисловості.

YUKO Food Grade GP відповідає міжнародним стандартам для харчових мастил NSF International класу H1 і виготовлене відповідно до ISO 9001. Мастило YUKO Food Grade GP отримало сертифікат NSF International № C0289383-01 від 17.05.2016г.

Переваги мастила YUKO FOOD GRADE GP:

- стійкість до води і пари, їдких розчинів, лужних розчинів, солоної води;
- зберігає властивості в широкому температурному діапазоні;
- має чудову адгезію до металевих поверхонь;
- є біостабільним і не забарвлює поверхні, має нейтральний запах і смак;
- сумісне з ущільненнями, що використовуються в харчовому обладнанні;
- не містить продуктів тваринного походження або ГМО;
- придатне для використання в місцях приготування вегетаріанської їжі.

Типові показники YUKO FOOD GRADE GP

Найменування показника	Значення
Загусник	Al-Complex
Базова олива	біла нафтенова
Пенетрація за температурами 25 °С, 10 ⁻¹ мм, у межах	220
В'язкість ефективна за мінус 30 °С, Па·с	1200
Температура краплепадіння, °С	230
Колоїдна стабільність, %, не більше	15
Супротив вимивання водою за температури 79 °С, %	3,5
Випарність, %, не більше	5
Температурний діапазон застосування, °С	Мінус 40–160
Відповідності	NLGI 2, DIN KX2P-40 ISO L-XCCEB 2, NSF H1

YUKO Мастило Графітне

Мастило кальцієве загального призначення. Застосовується для змащування вузлів тертя ковзання важконавантажених, тихохідних механізмів; ресор, підвісок тракторів і машин, домкратів, відкритих зубчастих передач і т.п.

Виготовляється з нафтових олив середньої в'язкості, загущених гідратованим кальцієвим милом жирних кислот рослинних і тваринних жирів з додаванням графіту, що виконує роль твердого ММ.

Переваги YUKO Мастило Графітне:

- має гарні протизносні та протизадирні властивості;
- може успішно застосовуватися в важких умовах експлуатації;
- забезпечує оптимальний захист від корозії при значних навантаженнях;
- має низький коефіцієнт тертя завдяки наявності твердих частинок;
- захищає від попадання води та пилу;
- відповідає вимогам ГОСТ.

Типові показники YUKO Мастило Графітне

Найменування показника	Значення
Межа міцності за температури 20 °С, Па	500
Температура краплепадіння, °С	90
Пенетрація за температури 25 °С, $\times 10^{-1}$ мм	265
Колоїдна стабільність, %	4
Температурний діапазон застосування	Мінус 20–70 °С
Відповідності	NLGI 2

YUKO ЛІТОЛ-24

Багатоцільове антифрикційне водостійке мастило Літол-24 використовується для змащування вузлів тертя колісних і гусеничних транспортних засобів, промислового обладнання. Також суднових механізмів, таких як підшипники кочення і ковзання всіх типів, шарніри, зубчасті та інші передачі, поверхні тертя індустриальних механізмів, електричних машин і т.п., що працюють за температури від мінус 40 °С до 120°С (короткочасно до 130 °С).

Виготовляється з загущеної суміші нафтових олив літєвим милом 12-оксистеаринової кислоти з додаванням модифікатора в'язкості та антифрикційної присадки.

Переваги YUKO ЛІТОЛ-24:

- універсальне багатоцільове мастило з гарними консерваційними властивостями;
- допускається використання у закритих вузлах (ступицях коліс автомобілів, підшипниках водяних насосів та ін.) замість мастил загального призначення; мимає високу колоїдну, хімічну та механічну стабільність;
- різноманіття типів упаковки та форм фасування.

Типові показники YUKO ЛІТОЛ-24

Найменування показника	Значення
Межа міцності за температури 20 °С, Па	800
Температура краплепадиння, °С	196
Пенетрація за температури 25 °С, 10 ⁻¹ мм	235
Колоїдна стабільність, %	6,5
Випаровуваність за температури 120 °С, %	3,0
Температурний діапазон застосування, °С	Мінус 40–130
Відповідності	NLGI 3

YUKO REDUS Universal

Мастило редукторне універсальне призначене для редукторів та внутрішніх рухомих частин електроінструменту, садово-паркової техніки та інших механізмів та обладнання, що працює при високих навантаженнях і температурах.

Завдяки вмісту присадок класу EP ефективно змащує поверхню, забезпечує високі протизносні та антикорозійні властивості. Гарантує тривалий захист від вимивання водою і перегріву рухливих частин.

Для зручності нанесення мастила туба укомплектована знімним носом-аплікатором.

Переваги мастила YUKO REDUS Universal:

- зменшує зношування в умовах високих температур та вібрацій;
- механічна та протиокиснювальна стабільність;
- надійне змащування і низька випаровуваність;
- захист від іржавіння та корозії;
- стійкість до вимивання водою.

Типові показники YUKO REDUS Universal

Наменування показника	Значення
Пенетрація за температури 25 °С, 10 ⁻¹ мм, у межах	310–340
В'язкість ефективна за температури мінус 30 °С, Па·с	600
Температура краплепадиння, °С	180
Колоїдна стабільність, %, не більше	18
Корозійний вплив на метали	Витримує
Випарність, %, не більше	2
Навантаження зварювання ($P_{зв}$), Н, не менше	2450
Температурний діапазон застосування, °С	Мінус 40–130
Відповідності	NLGI 2 DIN KX2P-40 ISO L-XCCEB 2 NSF H1



AGRINOL
Мастильні матеріали
та автохімія

А – перша літера Автомобіля!

Компанія «АГРІНОЛ» заснована у 2000 р. і є однією з перших приватних підприємств по виробництву ММ в Україні.

«АГРІНОЛ» спеціалізується на виробництві унікальних мастил, олив, автомобільної хімії, бітумних продуктів і різноманітних видів тари в самому широкому асортименті:

- моторні оливи для легкових та вантажних автомобілів;
- автотракторні оливи та оливи для спеціалізованої техніки;
- трансмісійні оливи;
- енергетичні оливи (компресорні, трансформаторні та турбінні);
- леговані індустріальні оливи (загального призначення, для гідравлічних систем, прокатних станів, верстатного обладнання, важко навантажених вузлів тертя і ін.);
- пластичні мастила (кальцієві гідратовані, кальцієві комплексні, натрієві, літєві, комплексні літєві, мастила з мінеральними наповнювачами та ін.);
- водорозчинні мастильно-холодильні рідини та масляні мастильно-холодильні технологічні засоби;
- автомобільна хімія;
- бітуми та дорожні модифіковані емульсії на основі бітуму.

Якість – це відправна точка для бізнесу компанії. Діяльність компанії спрямована на поглиблене вивчення і розробку технологій виробництва і контролю якості всієї продукції, що випускається.

Наша стратегія:

- Стабільність цін;
- Високий рівень якості ММ;
- Тривалість експлуатації продукції зі збереженням властивостей протягом всього терміну експлуатації;
- Різноманітність асортименту і збільшення обсягів виробництва продукції.

Чому ми:

- більше 20-ти років на ринках України, Європи та Близького Сходу;
- з 2009 року член Європейського інституту мастил (European Lubricating Grease Institute – ELGI);

- з 2012 року член Національного інституту пластичних мастил США (National Lubricating Grease Institute – NLGI).

- сучасне обладнання для виробництва ММ і експлуатаційних рідин;
- Власна сучасна лабораторія, тріступеневий контроль якості: вхідний контроль якості базових продуктів, контроль виробничого процесу і продукції, що випroduкується;

- Науково-дослідницька діяльність з розробки та впровадження нових видів ММ;

- Індивідуальний підхід до потреб замовника.

У листопаді 2016 року компанія «Агрінол» пройшла сертифікацію системи менеджменту якості відповідно до вимог ISO 9001: 2015. Міжнародний сертифікат якості, що підтверджує відповідність системи менеджменту якості нашого підприємства найвищим стандартам якості виданий BUREAU VERITAS CERTIFICATION.

Структурний підрозділ «АГРІНОЛ» є виробником металевої тари для нафтопродуктів, хімічних, харчових продуктів. Виробництво тари здійснюється на сучасних технологічних лініях з урахуванням санітарно-гігієнічних і екологічних вимог. Завдяки високій гнучкості виробництва металева тара «АГРІНОЛ» поряд з високою якістю, відрізняється конкурентною ціною. Система якості підприємства відповідає вимогам ISO 9001:2015, що випускається тара відповідає вимогам ГОСТ, ТУ і міжнародним правилам перевезення небезпечних вантажів UN (ST / SG / AC.10 / 1 Rev.19), (IMDG Code), (ADR), (RID).

Компанія Агрінол – одне з перших приватних підприємств, що вийшли на ринок ММ після утворення СНД.

Основний прибуток компанії приносить ринок B2B.

Серед клієнтів Агрінол: «Енергоатом», «Нафтогаз України», «Укрзалізниця», «АрселорМіттал Кривий Ріг», «ЗАЗ», «Інтерпайп» та інші.

З огляду на попит на продукцію ТМ Агрінол, компанія стала виробляти продукцію й для кінцевого споживача в дрібній фасовці. Для того, щоб будь-який бажаючий міг придбати продукцію ТМ Агрінол по Україні працюють представництва компанії в 13-ти регіонах України, а також для максимальної зручності та оперативності працює інтернет-магазин.

Багаторічний досвід роботи на ринку мастильних матеріалів, постійне виробництво нових видів продукції, система контролю якості, власна сертифікована лабораторія, передові технології і співпраця з відомими науковими організаціями – ось основа репутації торгової марки Агрінол.

Наші контакти:

Україна, 71100, м. Бердянськ, Мелітопольське шосе, 84/1
Телефон: +38 (06153) 60-600 (багатоканальний)
E-mail: info@agrinol.ua





Azmol British Petrochemicals Виробник мастильних матеріалів

Інноваційні технології, сучасне обладнання і висококласна сировина – три кита, на яких основана діяльність AZMOL-BP. Саме завдяки цим складовим компанія очолила список лідерів галузі в Україні і успішно конкурує із зарубіжними брендами преміум класу.

AZMOL-BP – це компанія, що розпочала свою діяльність більше 80 років тому. За цей час підприємство переросло з невеликого крекінг-заводу у великого виробника високоякісної мастильної продукції і автохімії, відомого як на території України, так і за кордоном. У 1937 році, в Бердянську почав роботу крекінг-завод, що виробляв бензин для авіації. Незабаром підприємство змінило профіль на виготовлення мастильних матеріалів і на цьому терені були досягнуті вражаючі успіхи: завод став одним з лідерів в галузі на території Східної Європи.

Виробничий потенціал підприємства становить більше 227, 5 тисячі тонн продукції на рік. Площа, що займають виробничі потужності – це 54 га, для їх забезпечення передбачені складські сховища і резервуарний парк. Сумарний обсяг резервуарного парку 80 000 м³.

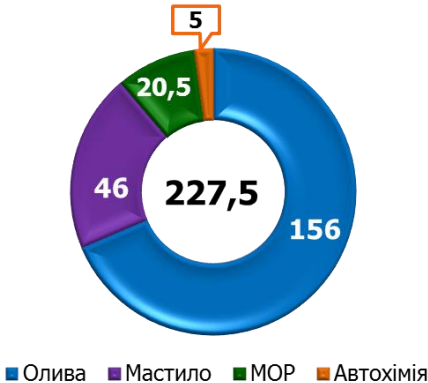


Рис. Виробнича потужність за типом продукції, тис.т / рік.

Діаграма (рис.1) нам передає розуміння, що виробництво оливи становить 156 тис. тонн, ПМ – 46 тис.тонн, мастильно-охолоджуючих рідин (MOP) – 20,5 тис.тонн, автохімії – 5 тис.тонн. Хотілося б відзначити, що повна потреба в ММ українського ринку це близько 250

тис.тонн на рік, тобто виробничий потенціал AZMOL-BP дозволяє повністю забезпечити потреби українського ринку ММ.

Асортимент продукції, що продукується охоплює практично весь спектр ММ. У ньому присутні, як перевірені роками і відмінно себе зарекомендували літєві і комплексно-літєві ПМ, так і сучасні сульфонатні мастила та екологічно чисті алюмінієві мастила.

Ринок ММ переживає постійні зміни. Промислові підприємства упроваджують нове імпортне обладнання, автомобільна та аграрні галузі комплектуються новим імпортним транспортом. Усе це вимагає сучасних ММ. Так, для задоволення потреб ринку асортимент AZMOL-BP вже налічує більше 500 найменувань продукції.



У грудні 2016 року компанія AZMOL-BP перезапустила виробництво завдяки британському інвесторові Террі Дікену. Террі Дікен власник нафтохімічного підприємства у Великобританії Global Lubricants Ltd. і, крім цього, він є чинним главою ELGI (European Lubricating Grease Institute). До складу ELGI на даний момент входять близько 150 компаній. Фактично це організація, де провідні технологи

Європи мають можливість обмінюватися найсвіжішими напрацюваннями, інформацією і досвідом своєї діяльності в сфері мастильних матеріалів. Глава інституту Террі Дікен стоїть біля витоків зародження нових технологій, що потім формують нові тенденції ринку.

У першу чергу, інвестиції надходили в реконструкцію цехів з метою оптимізації, а також в оснащення виробництва новим обладнанням, впровадження британських розробок. Налагодження роботи з провідними постачальниками базових олив і присадок, робота зі світовими машинобудівниками на предмет отримання допусків. Окрему увагу було приділено внутрішній логістиці та підвищенню енергоефективності, причому з використанням відновлюваних енергоносіїв.

Досвід британського інвестора Террі Дікена став ключовим фактором для доречного спрямування ресурсів і правильної розстановки пріоритетів компанії AZMOL-BP. Сьогодні спільне українсько-британське підприємство AZMOL-BP реалізувало свою мету стати одним з найбільших і найсучасніших нафтохімічних об'єктів в Україні.

Доказом цього є членство у вагомих організаціях світу мастильних матеріалів – ELGI (European Lubricating Grease Institute), NLGI (National Lubricating Grease Institute).

Компанія AZMOL-BP відновила свою традицію в проведенні міжнародних конференцій, а це говорить про те, що AZMOL-BP десятиліттями прямує правильним шляхом. Міжнародні технічні конференції це подія для лідерів сфери виробництва ММ, що створює нові перспективи для учасників і доставляє масу позитивних емоцій від обміну професійним досвідом.

Членство в Асоціації «Український клуб аграрного бізнесу» створює можливості компанії незаперечні переваги від необхідного набору інформації і знань щодо підтримки у вирішенні багатьох прикладних питань у агропромисловому комплексі України.

На сьогоднішній день результатом колосальної роботи є те, що на підприємстві є все для того, щоб вироблений продукт конкурував у вищому сегменті якості і був гідним аналогом найвідоміших брендів.

І тому основним завданням компанії є виробництво мастильних матеріалів, що відповідають міжнародним стандартам якості, за обґрунтовано конкурентоспроможною ціною. І ми вже досягли цієї мети.

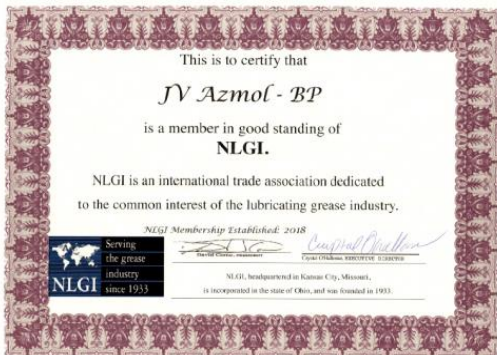
Складові, завдяки яким продукція відповідає міжнародним стандартам:

1. Якісні базові оливи (Nynas, Chevron, Neste).
2. Багатофункціональні присадки. Пріоритетним партнером для компанії AZMOL-BP є бренд №1 у світі присадок – британська компанія Infineum.
3. Контроль якості виробленого продукту виконує акредитований Міжнародний дослідницький центр мастильних матеріалів LabExpert.
4. Проведення випробувань. Моніторинг ММ, виконання аналізів, спільна з споживачем робота по оптимізації застосування ММ – окрему увагу цьому приділяє сервісна служба компанії.

5. Визнання клієнта. Основна цінність і мета, заради якої підприємство займається своєю справою – це отримання довіри від споживача. Є давня приказка: «Споживач – це король», і це правда, адже все, що ми робимо, спрямоване на задоволення потреб клієнта.

Невід'ємною якісною характеристикою є рівень контролю якості готової продукції. Цим на підприємстві займається окремий підрозділ акредитованої лабораторії «LABexpert».

«LABexpert» – унікальний для України Міжнародний дослідницький центр ММ, що відкритий у травні 2020 року на базі україно-британського підприємства AZMOL-BP.





Відкриття дослідницького центру «LABexpert» – знакова подія не лише для компанії AZMOL-BP, а й для всієї України. Адже на території нашої країни немає лабораторій з таким асортиментом профільного та спеціального устаткування.

Центр надає послуги не тільки підприємствам нафтохімічної галузі, а й представникам інших промислових напрямів.

Ця лабораторія унікальна для України: тут виконується більше 250 методів аналізу (ДСТУ, ASTM, DIN, ISO), за допомогою яких контролюється якість продукції на кожному етапі виробництва.

Наприклад, унікальний для України атомно-емісійний спектрограф, що дозволяє оперативно визначити вміст елементів у продукті усього за 35 секунд. Під час виконання аналізу фахівець може визначити до 73 елементів. Без цього обладнання аналіз триває до 2 діб. Не менш унікальний і інфрачервоний спектрометр, на якому можна вивчати будову органічних молекул і високомолекулярних сполук, а також, ідентифікувати як природні, так і синтетичні вуглеводні та їх похідні з високою молекулярною масою, що дозволяє виявити фальсифікат.

Саме «LABexpert» має можливість проводити аналіз і видавати сертифікат якості на продукт AdBlue, що в Україні більше ніким не аналізується, і відповідно, через це на ринку з'являється велика кількість неякісного продукту.

Лабораторні дослідження – це важлива і навіть центральна частина виробництва мастильних матеріалів. Вони необхідні для того, щоб характеристики кожного продукту повністю відповідали тим, що заявлені у паспорті. Саме тому контроль якості проводиться на кожному етапі виробництва – від надходження базової оливи і присадок на підприємство до фасування готової продукції в тару.

На українському ринку сьогодні складається така ситуація, що на зміну величезній кількості радянської техніки приходять імпортні машини – якісні та сучасні. Бажання компанії обслуговувати гідну техніку якісними мастильними матеріалами можна назвати професійним підходом до питання і ніяк інакше.

Якість – основа конкурентоспроможності. І хоча крім якості, в конкурентоспроможність входить ціна, строки поставки, гарантії, сервісне обслуговування та низку інших складових, саме якість, є визначальним під час вибору покупцем потрібної йому продукції.

Не можна розраховувати на стабільне забезпечення необхідних параметрів продукції без впровадження системи якості, що відповідає сучасному рівню організації робіт в цій галузі. Побудова системи якості регламентується вимогами міжнародних стандартів, прийнятих більшістю країн як національних. Наявність сертифікованої системи якості стало обов'язковою умовою під час укладання контрактів визнаних у світі товаровиробниками.

І тому на підприємстві впроваджена система якості ISO 9001:2015. Сертифікат виданий незалежним органом по сертифікації ТОВ «Бюро Верітас Сертифікейшн Україна».

AZMOL-BP – це якість, що вибирають лідери і якість, що отримало світове визнання! Оливи AZMOL-BP отримали низку найпрестижніших і затребуваних допусків, а саме: Mercedes-Benz, Volkswagen, Renault, Cummins, Volvo, Mack, MAN, GE. Продукція AZMOL-BP ліцензована в системі API (Американський Інститут Нафти).

Отримання допусків такого рівня – це твердий доказ якості продукції і б аргумент для позиціонування на ринку в сегменті Premium.

Що стосується перспективних напрямів, одним з них є виробництво ліцензованого реагенту AdBlue. AZMOL-BP один з небагатьох виробників, що пройшов аудит VDA (Verband der Automobilindustrie) і надає споживачеві продукт високої якості.

Наступний перспективний напрям – це виробництво мастил і олів з харчовим допуском. Серія мастил зареєстрована NSF (National Science Foundation). NSF виконує тестування ММ на відповідність стандартам громадського здоров'я та безпеки і видає сертифікат на перевірену продукцію. Жодне виробництво харчових продуктів не обходиться без ММ, що повинні бути допущені до застосування у харчовій промисловості.

Продукцію AZMOL-BP вже оцінили більше ніж в десяти країнах, серед яких: Україна, Ірак, Узбекистан, Грузія, Таджикистан, Молдова, Туреччина, Латвія, Естонія, Азербайджан, Ліван, Вірменія, Казахстан, Камбоджа і США.



Наші контакти:

ТОВ «Українсько-Британське спільне підприємство
АЗМОЛ Брітіш Петрокемікалс»

Україна, 71114, м. Бердянськ, вул. Ярослава Мудрого, 2

+38 (06153) 48-860,

+38 (06153) 48-861

Телефон гарячої лінії: + 380-800-504-524





**ТОВ «ПАЛТЕХ» - ПРОВІДНИЙ
ДИСТРИБУТОР ПРИСАДОК І ДОДАТКІВ
ДО МОТОРНИХ ПАЛИВ
І ІНШИХ ПРОДУКТІВ НАФТОХІМІЇ**

ТОВ «Палтех», офіційний представник компанії **«Innospec»** на території України, пропонує до реалізації широкий вибір продукції:

- Антиоксиданти
- Змашувальні присадки
- Антистатичні присадки
- Інгібітори корозії
- Стабілізатори палив
- Для відновлювальних палив
- Біоциди
- Барвники та маркери
- Депресорно-диспергуючі
- Цетанопідвищувальні присадки
- Деактиватори металів
- Октанопідвищувальні присадки
- Деємульгатори
- Протитурбулентні присадки
- Підвищуючі вихід нафтопродукту
- Поглиначі сірководню і меркаптанів
- Багатофункціональні для бензинів
- Багатофункціональні для дизельних палив
- Для зниження посиленого зносу клапанного сидла (для зрідженого газу)
- Присадки, що покращують згорання важкого нафтового палива
- Поліпшуючі згорання дизельного палива
- Присадки для легкого котельного палива
- Присадки для авіаційних палив
- Присадки, що покращують згорання важкого нафтового палива
- Присадки для суднових палив
- Диспергатори асфальтенів і парафінів
- Диспергатори асфальтенів і парафінів

ТОВ «ПАЛТЕХ» має багаторічний досвід роботи з розробки нормативно-технічної документації з виробництва, приймання, зберігання та реалізації продуктів нафтопереробки та нафтохімії. Дані роботи виконує на підставі Сертифікату на систему управління якістю відповідно до ISO 9001:2015.

ВІД СВЕДЛОВИНИ ДО ДВИГУНА



Наші контакти:

+38 (044) 332-19-76 +38 (067) 449-14-82

info@palteh.com

www.palteh.com

Навчальне видання

«Ні про що не турбуватись, ні за чим не турбуватись —
значить, не жити, а бути мертвим,
адже турбота — рух душі, а життя — се рух»

Григорій Сковорода

**ТОПЛЬНИЦЬКИЙ Петро, БОЙЧЕНКО Сергій,
ПУШАК Андрій, РОМАНЧУК Вікторія,
ЛЮБІНІН Йосип, ТРОФІМОВ Ігор, МІКОСЯНЧИК Оксана**

ПЛАСТИЧНІ МАСТИЛА: ВЛАСТИВОСТІ ТА ЯКІСТЬ

Підручник

За загальною редакцією професора Сергія Бойченка

Містить основні теоретичні відомості про мастила. Прив'язаний основним фізико-хімічним і експлуатаційним властивостям пластичних мастил, основним технологічним процесам їх продукування, технічним вимогам до їх якості та основам контролю їх якості.

Дана праця є заключним елементом технічної трилогії, підготовленої авторами та присвяченої характеристикам властивостей та параметрам якості таким експлуатаційним матеріалам як моторні палива, оливи та мастила.

Призначено для студентів, які навчаються за спеціальностями, що передбачають вивчення дисциплін, пов'язаних із використанням олив під час експлуатації техніки.

Підручник буде корисним для фахівців транспортної сфери, а також нафтопродуктозабезпечення, аспірантів і здобувачів наукового ступеня відповідного профілю.

Підп. до друку . Формат . Папір офсет. № 1.
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсет. Ум. друк. арк. .
Обл.-вид. арк. . Наклад 500 прим. Зам. № .
Книжкове видавництво
Свідцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи

