

## ЗМІСТ

<b>Перелік умовних скорочень</b> .....	6
<b>Вступ</b> .....	7
<b>Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ</b> .....	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
<b>Питання для самостійної роботи</b> .....	26
<b>Розділ 2. СКЛАД ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ</b> .....	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
<b>Питання для самостійної роботи</b> .....	84
<b>Розділ 3. ВЛАСТИВОСТІ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ І МЕТОДИ ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ</b> .....	84
3.1. Об'ємно-механічні (реологічні) властивості пластичних мастил .....	87
3.2. Експлуатаційні та фізико-хімічні властивості .....	99
3.3. Трибологічні властивості .....	106
<b>Питання для самостійної роботи</b> .....	108
<b>Розділ 4. КЛАСИФІКАЦІЯ І МАРКУВАННЯ МАСТИЛ</b> .....	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
<b>Питання для самостійної роботи</b> .....	137

<b>Розділ 5. АСОРТИМЕНТ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ .....</b>	<b>138</b>
5.1. Мاستила загального призначення для звичайних температур....	138
5.2. Мاستила загального призначення для підвищених температур.	142
5.3. Багатоцільові мاستила.....	144
5.4. Автомобільні закордонні мاستила.....	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
<b>Питання для самостійної роботи .....</b>	<b>190</b>
<b>Розділ 6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ .....</b>	<b>190</b>
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 мاستильних матеріалів.....	222
<b>Питання для самостійної роботи .....</b>	<b>227</b>
<b>Розділ 7. БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИЧНИХ МАСТИЛ.....</b>	<b>228</b>
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
<b>Питання для самостійної роботи</b> .....	246
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ</b>	
<b>ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	248
<b>ДОДАТКИ</b> .....	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 змашування, 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 установа на 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 (літєві, 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 penetрації».

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 пенетрацією, 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.