

# ВИПУСКНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ТЕМА:

***«Теоретичний аналіз необхідності застосування анаеробних герметиків-фіксаторів різьбових з'єднань у відповідальних механізмах автомобілів»***

спеціальність: ***274 «Автомобільний транспорт»***.

Виконав \_\_\_\_\_ /Я.О. Савчук/

Керівник роботи \_\_\_\_\_ /А.В. Веснін/

## ЗМІСТ РОБОТИ

РОЗДІЛ 1. ВСТУП І ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОЇ МЕТИ РОБОТИ.....	4
РОЗДІЛ 2. УЗАГАЛЬНЕННЯ ТЕОРІЇ РОБОТИ ТА НАЯВНИХ РІШЕНЬ З ФІКСАЦІЇ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ .....	6
2.1. Загальна інформація щодо з'єднань автомобільних елементів .....	6
2.2. Різьбові з'єднання як найбільш застосовані .....	6
2.3. Узагальнення особливостей типів кріпильних деталей від особливостей їх застосування.....	10
2.4. Аналіз основ теорії різьбових з'єднань та роботи гвинтових пар .....	11
2.5. Загальні відомості щодо можливостей стопоріння різьбових з'єднань. .....	18
2.6. Висновки щодо розділу. ....	20
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ ОБРАНИХ ЗРАЗКІВ АНАЕРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ .....	21
РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБРАНИХ ЗРАЗКІВ .....	32
РОЗДІЛ 5. ОПИС ПРОЦЕСУ ВИПРОБУВАНЬ ТА РОЗТЛУМАЧЕННЯ І СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ .....	39
РОЗДІЛ 6. ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	47
4.1. Аналіз стану охорони праці та умов праці. ....	47
4.2. Токсикологічний вплив мастил на організм людини. ....	49
4.2.1. Отруєння змащувальними матеріалами, і синтетичними охолоджуючими сумішами.....	49
4.2.2. Хронічне отруєння експлуатаційними матеріалами.....	50
4.2.3. Питання профілактики захворювань, отриманих при контактах з експлуатаційними матеріалами. ....	51
4.3. Перелік заходів безпеки при роботі з експлуатаційними матеріалами.	52

4.4. Перелік заходів безпеки при використанні, зберіганні та утилізації експлуатаційних матеріалів. ....	55
РОЗДІЛ 7. ВИСНОВКИ ПО БАКАЛАВРСЬКІЙ РОБОТІ.....	66
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ ПОСИЛАННЯ.....	69

## РОЗДІЛ 1. ВСТУП І ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОЇ МЕТИ РОБОТИ.

Сучасний автомобіль є впорядкованим комплексом окремих деталей, вузлів, агрегатів та систем. Кожна деталь, включена до складу конкретного вузла чи агрегату, виконує свою унікальну функцію. З'єднання деталей у машині є ключовим елементом, а незадовільна якість цих з'єднань може призводити до аварій та поломок у процесі експлуатації.

Актуальність проведення теоретичного аналізу полягає в тому, що сучасний автомобіль містить значну кількість різьбових з'єднань, які об'єднують різні матеріали та вимагають оптимальних технічних рішень для надійності та безпеки. Проведення аналізу та оцінка ефективності використання анаеробних фіксаторів для різьбових з'єднань у механізмах автомобілів є важливим завданням, оскільки це сприятиме підвищенню надійності та тривалості експлуатації транспортних засобів.

Основна мета цієї роботи полягає в оцінці загальної доцільності використання анаеробних фіксаторів для різьбових з'єднань та визначенні оптимальних умов їх ефективності через проведення практичних випробувань.

Для досягнення зазначеної мети необхідно розглянути наступні питання:

1. Провести аналіз теорії роботи та різновидів кріпильних деталей для різьбових з'єднань, що використовуються в автомобільній техніці.
2. Визначити перелік виробників, які присутні на українському ринку та пропонують анаеробні препарати для фіксації та захисту різьбових з'єднань.
3. Розробити методику проведення практичних випробувань для визначення доцільності використання та оптимальних умов роботи анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань.

4. Скласти групу піддослідних зразків та необхідного обладнання для проведення практичних випробувань, враховуючи фізичні процеси, що відбуваються у різьбових з'єднаннях автомобілів.

5. Провести практичні випробування вибраних зразків препаратів та систематизувати отримані результати.

Об'єктом дослідження в даній роботі є процес фіксації та герметизації різьбових з'єднань анаеробними препаратами та їх експлуатаційні властивості, показники та характеристики. Предметом проведення практичних випробувань і є саме анаеробні препарати для забезпечення фіксації автомобільних різьбових з'єднань.

У рамках практичних випробувань було вибрано двадцять один зразок препаратів від восьми виробників, які можуть бути застосовані для фіксації та герметизації різьбових з'єднань у автотранспортних засобах.

Отримані у процесі виконання роботи результати можна стисло сформулювати у наступні пункти:

- доведено певну потребу у здійсненні періодичних аналізів з метою визначення загальної доцільності використання, якості та ефективності експлуатаційних матеріалів, технічних рідин та відновлюючих препаратів у механізмах та системах автотранспортної техніки.

- сформована та узагальнена методика проведення практичних випробувань, яка дозволяє встановлювати загальну доцільність застосування та визначати межі ефективності анаеробних фіксаторів для різьбових з'єднань.

- встановлено межі ефективної роботи анаеробних препаратів, які використовуються для фіксації та герметизації різьбових з'єднань.

- сформовано комплекс рекомендацій щодо доцільності використання анаеробних фіксаторів певного виробника для конкретних умов експлуатації препарату.

## РОЗДІЛ 2. УЗАГАЛЬНЕННЯ ТЕОРІЇ РОБОТИ ТА НАЯВНИХ РІШЕНЬ З ФІКСАЦІЇ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

### 2.1. Загальна інформація щодо з'єднань автомобільних елементів

У даному розділі розглядається загальне застосування з'єднань у транспортних засобах. Елементи автомобіля пов'язані між собою за допомогою різних методів з'єднання, які можна поділити на рухомі (шарніри, підшипники, зачеплення) і нерухомі (різьбові, зварні, клемні). Наявність рухомих з'єднань визначається кінематикою механізму, тоді як нерухомі з'єднання спрощують виробництво, монтаж, обслуговування автомобіля.

Нерухомі з'єднання в техніці називаються зв'язками. Їх можна розділити на рознімні (дозволяють роз'єднувати деталі без ушкодження) і нероз'ємні (не дозволяють роз'єднувати без ушкодження). Виробництво автомобілів використовує нероз'ємні з'єднання, які включають зварні та заклепкові з'єднання. Важливо зазначити, що якість роз'ємних з'єднань впливає на надійність автомобіля.

Міцність є ключовим критерієм роботи з'єднань. Важливо, щоб з'єднання були міцними на рівні, що дорівнює міцності деталей. Наприклад, якщо з'єднання має міцність 80% від міцності деталі, то 20% можливостей матеріалу не використовуються.

Для досягнення цієї мети необхідно прагнути до того, щоб з'єднання не спотворювали форму конструкції та не додавали зайвих елементів. Наприклад, зв'язування труб болтами вимагає встановлення додаткових елементів, тоді як зварювання труб не потребує додаткових засобів. Такі з'єднання найбільш ефективні з точки зору збереження форми і структури конструкції.

### 2.2. Різьбові з'єднання як найбільш застосовані

З'єднання деталей через різьблення є важливим видом рознімних з'єднань у автомобілебудуванні. Це можуть бути болти, гвинти, шпильки,

стяжки та інші елементи. Тому, варто ретельніше розглянути теорію функціонування різьбових з'єднань, ключові компоненти гвинтових механізмів, силові взаємозв'язки у різьбовій парі (гвинт - гайка) та загальні методи їхнього розрахунку.

Різьблення (див. рис. 2.1) - це впорядковані виступи, які утворюються на поверхні гвинтів або гайок і розташовані вздовж гвинтової лінії. Вони можуть бути циліндричними або конічними за формою. У автомобілебудуванні найбільш поширені циліндричні різьблення, хоча існують і інші типи, наприклад, конічні, які використовуються для щільних з'єднань підвісних трубок палива, мастила та інших деталей. Форма профілю різьби визначається контуром (наприклад, abc, див. рис. 2.1) перетину різьби в площині, що проходить через вісь робочої поверхні. Різьблення може бути трикутним, прямокутним, трапецієвидним, круглим та іншим.

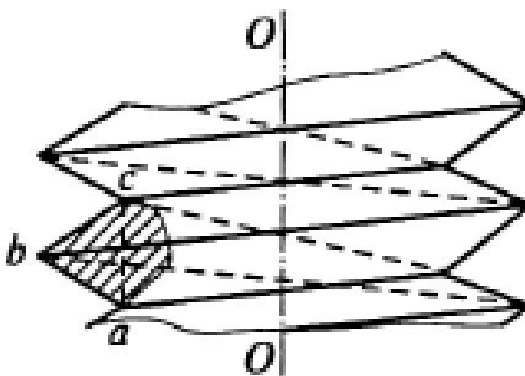


Рис. 2.1. Вид типового різьблення болтового елемента.

Залежно від напрямку гвинтової лінії, різьблення поділяють на праві та ліві. Праве різьблення означає, що гвинтова лінія йде зліва направо і вгору, тоді як ліве - навпаки. У автомобілебудуванні найпоширеніше праве різьблення, хоча і ліве використовується в окремих випадках.

Існують також багатозаходні різьблення, коли витки розташовані на кількох паралельних гвинтових лініях. Ці різьблення можуть бути однозаходними, двозаходними тощо. У більшості випадків у автомобільній техніці використовуються однозаходні різьблення.

Необхідно розуміти, що існує декілька методів для нарізання різьби на кріпильних деталях, включаючи ручну нарізку, використання спеціальних верстатів, фрезерування на різьбофрезерних верстатах.

Кругла різьба є зручною для створення на різних матеріалах, таких як чавун, полімери, пластик, композити тощо. Вона також може бути виготовлена за допомогою методів накатування та видавлювання на тонкостінних металевих або пластикових деталях. В автомобілебудуванні цей тип різьби застосовується для кріплення пластикових деталей та салонної обшивки.

У виробництві автомобілів також використовується гвинтова різьба для кріплення пластикових або інших менш міцних матеріалів. Ця конструкція різьби забезпечує рівномірне розподілення навантаження на деталях з різних матеріалів, наприклад, у пластикових деталях використовується розмір  $p$ , а для металевих гвинтів -  $p'$ . Це дозволяє досягти більшої міцності за рахунок використання гвинтової різьби, де  $p > p'$ .

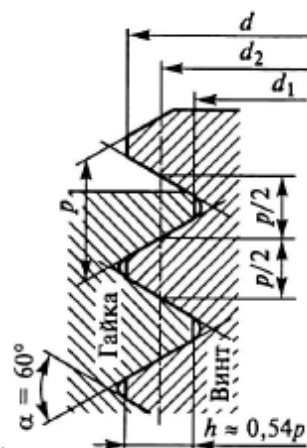


Рис. 2.2. Відображення основних параметрів різьбового з'єднання, на прикладі метричної різьби.

Щодо прямокутної різьби, яка колись була популярна в механізмах машин, зараз вона майже витіснена трапецієдальною. Виготовлення прямокутної різьби на різьбофрезерних верстатах є неефективним, оскільки для формування чистої різьби потрібно, щоб фрези мали ріжучі грани не лише з передньої сторони, але й з бокових (порівняйте профілі на рисунках).



Прямокутну різьбу зазвичай виготовляють різцями на токарно-гвинторізних верстатах, але цей метод є малопродуктивним, що ставить під сумнів її застосування в автомобільному виробництві.

Трапецоїдальна різьба може мати симетричний (як показано на рисунку 2.5, б) або несиметричний (див. рис. 2.5, в) профілі. Симетричну форму використовують для передачі обертального руху у дві сторони під навантаженням. Несиметричні варіанти, призначені для одностороннього руху під навантаженням, відомі як упорна різьба. Цей тип різьби часто використовується у гвинтів-домкратів, пресів та інших пристроях.

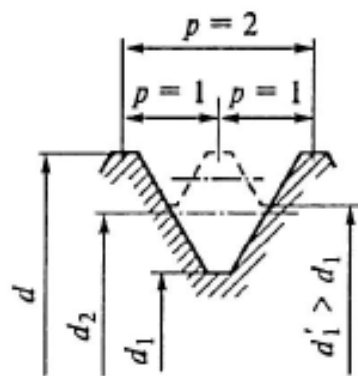


Рис. 2.3. Графічне поняття різниці між великим та дрібним кроками різьблення.

Закруглення внутрішніх западин (показано на рисунку 2.5, в) допомагає зменшити точкові напруження. Маленький кут нахилу, який становить три градуси на упорній стороні профілю різьби, дозволяє зменшити втрати від тертя, при цьому гвинти можна виготовляти на різьбофрезерних верстатах.

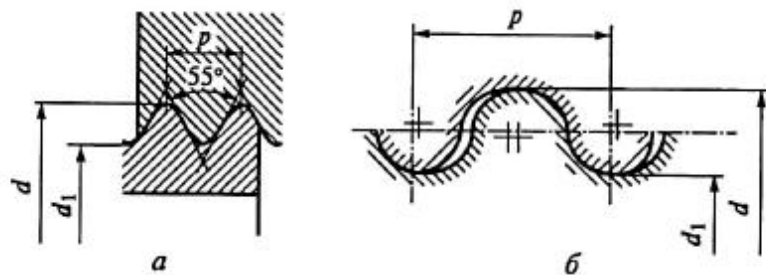


Рис. 2.4. Графічне відображення профілів трубної і круглої різьб у різьбових з'єднаннях.

### 2.3. Узагальнення особливостей типів кріпильних деталей від особливостей їх застосування

Розглянемо лише основні аспекти використання різних типів кріпильних деталей. Детальні геометричні форми та розміри цих деталей вже досить добре описані в літературі та наявних стандартах.

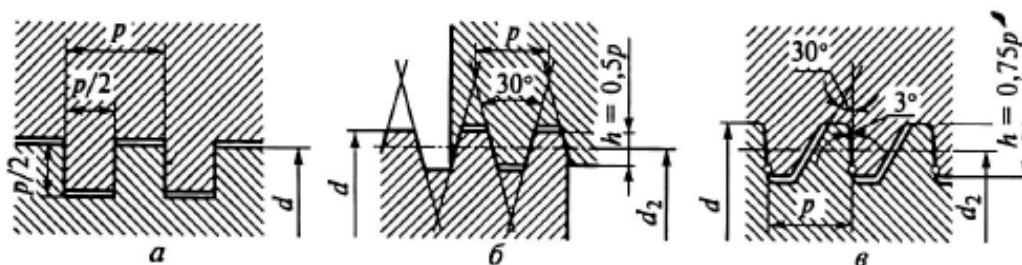


Рис. 2.5. Графічне узагальнення профілів сучасних різьб: а) – прямокутна різьба; б) – трапеціодальна різьба; в) – трапеціодальна з упорною стороною.

У транспортних машинах для з'єднання різних деталей механізмів застосовують болти (з гайками, як показано на рисунку 2.6, а), гвинти (рис. 2.6, б), а також шпильки з гайками (рис. 2.6, в).

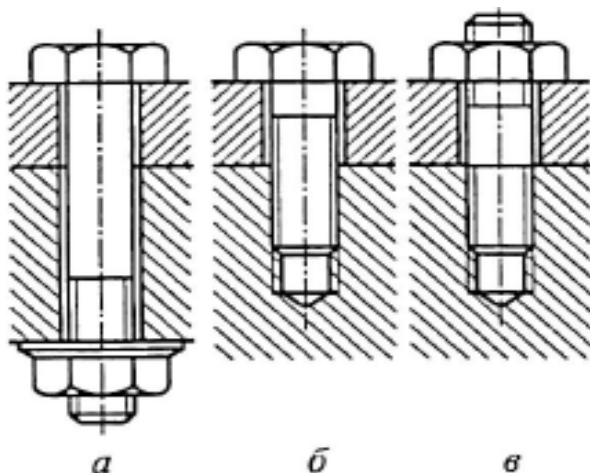


Рис. 2.6. Різновид кріпильних деталей різьбових з'єднань.

Основна перевага болтового з'єднання полягає в тому, що його використання не вимагає нарізки різьби в деталях, які об'єднуються. Це особливо важливо, коли матеріал деталі або її товщина не забезпечує необхідної міцності і довговічності різьби. Проте, болтові з'єднання мають

свої недоліки, такі як вимога до наявності достатнього місця для гайки або головки болта, необхідність утримувати головку болта від вертіння при затягуванні та відкручуванні гайки, а також збільшення маси виробу та можливі спотворення зовнішнього вигляду.

Гвинти та шпильки застосовуються там, де встановлення болта не можливе або неефективне. Наприклад, коли немає достатньо місця для гайки (головки болта) або доступу до неї, або коли необхідні глибокі свердління та довгі болти через велику товщину деталі тощо.

Якщо деталь потрібно часто знімати та повторно встановлювати, то для її кріплення краще використовувати болти або шпильки, оскільки гвинти можуть пошкодити різьбу в деталі при багаторазовому затягуванні, особливо якщо деталь виготовлена з менш міцних матеріалів. У таких випадках важливо використовувати підкладні шайби для зменшення тиску гайки на деталь, а також для захисту поверхонь від подряпин. Також використовують стопорні або запобіжні шайби для запобігання самовільного відвертання з'єднання.

#### 2.4. Аналіз основ теорії різьбових з'єднань та роботи гвинтових пар

Для більш повного розуміння необхідно проаналізувати та узагальнити основні концепції теорії різьбових з'єднань та роботи гвинтових пар. Геометричні характеристики різьби вказані на рисунку 2.2:  $d$  - зовнішній (номінальний) діаметр;  $d_1$  - внутрішній діаметр (для гвинтів і гаєк  $d$  і  $d_1$  однакові, а зазори в западинах виникають через граничні відхилення цих діаметрів);  $d_2$  - середній діаметр (фактично, діаметр уявного циліндра, який перетинає різьбу у місцях, де ширина виступу дорівнює ширині западини);  $h$  - робоча висота профілю, де бічні сторони різьби гвинта і гайки з'єднуються;  $p$  - крок (відстань між однаковими сторонами сусідніх профілів, виміряна вздовж осі різьби);  $p_1$  - хід (поступальне переміщення утворюючого профілю за один оберт або відносне осьове переміщення гайки за один оберт). Для однозахідної різьби  $p_1 = p$ ; для багатозахідної  $p_1 = np$ , де  $n$  - кількість заходів;  $\alpha$  - кут профілю;  $\psi$  - кут підйому (кут підйому розгортки гвинтової лінії по

середньому діаметру; див. рисунок 2.7). Всі геометричні характеристики різьбових профілів, що застосовуються в автомобілебудуванні та допуски на їх розміри, суворо стандартизовані згідно з ДСТУ ISO 68-1:2005 та ISO68-1:1998 IDT.

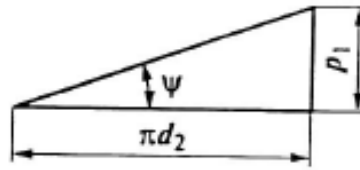


Рис. 2.7. Візуалізація встановлення кута підйому різьбової нитки

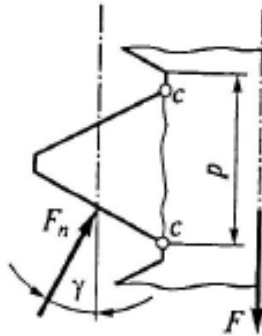
$$\operatorname{tg}\psi = \frac{p_1}{\pi d_2} = np/\pi d_2 \quad 2.1.$$

Основні типи різьб можна поділити на кріпильні та ті, що використовуються у гвинтових механізмах. До кріпильних різьб відносяться метрична із трикутним профілем (див. рисунок 2.2), яка є основною для кріплень; трубна різьба (рисунок 2.4, а) - трикутна з округленими вершинами та западинами; кругла (рисунок 2.4, б). Різьби для гвинтових механізмів можуть бути прямокутними (рисунок 2.5, а), симетрично трапецієвидними (рисунок 2.5, б) та асиметрично трапецієвидними або упорними (рисунок 2.5, в).

Ця класифікація не є абсолютною, оскільки в практиці можуть зустрічатися випадки використання метричної різьби з дрібним кроком у точних вимірювальних гвинтових механізмах, а також застосування трапецієвидних різьб у кріпильних з'єднаннях.

При виборі профілю різьби необхідно враховувати багато факторів, включаючи міцність, технологічність та сили тертя в різьбі. Наприклад, кріпильна різьба має бути міцною та мати великі сили тертя для запобігання самовільному розкручуванню кріпильних деталей. З іншого боку, різьби у гвинтових механізмах повинні мати мінімальні сили тертя для підвищення ефективності передачі сил та зниження зносу. Міцність часто не є основним критерієм для вибору розмірів гвинтової пари. Для кращого розуміння теорії

роботи різьбового з'єднання, можна порівняти профілі різьб за вказаними параметрами на рисунку 2.8.



2.8. Графічне відображення зусиль, що діють на виток різьблення при роботі.

Основна сила  $F$ , яка працює на стрижні гвинта, урівноважується реакцією гайки, що розподілена по витках різьблення. На рисунку 2.8 цю реакцію умовно можна замінити зосередженою силою  $F_n$ , яка діє перпендикулярно до лінії профілю. При цьому  $F_n = F / \cos \gamma$ , і сила тертя виражається так:

При цьому  $F_n = F / \cos \gamma$  і сила тертя виглядає таким чином:

$$F_{\text{тр}} = F_n f = F f / \cos \gamma = F f_{\text{пр}} \quad 2.2.$$

де  $f$  - фактичний коефіцієнт тертя;  $f_{\text{пр}}$  — фіктивний, або приведений, коефіцієнт тертя в різьбі:

$$f_{\text{пр}} = f / \cos \gamma \quad 2.3.$$

Для метричного різьблення  $\gamma = \alpha/2 = 30^\circ$  і  $f_{\text{пр}} = 1,15f$ ; для трапецоїдального симетричного різьблення  $\gamma = \alpha/2 = 15^\circ$   $f_{\text{пр}} = 1,04f$ ; для упорядкованого різьблення  $\gamma = 3^\circ$   $f_{\text{пр}} \sim f$ ; для прямокутного різьблення  $\gamma = 0^\circ$  і  $f_{\text{пр}} \sim f$ . Це означає, що у метричному різьбленні сили тертя, у будь-якому випадку, на 12-15% більше, ніж у трапецоїдальному різьбленні.

У більшості випадків, при проведенні практичних розрахунків міцність різьби на зріз розраховується за перетином  $c - c$  (див. рисунок 2.8). Для

трикутної різьби перетин  $\epsilon$  -  $\epsilon$  дорівнює приблизно 0,85р, для трапеціодальної різьби - 0,65р, для прямокутної різьби - 0,5р. Отже, при одному і тому ж кроці різьблення р трикутна різьба приблизно в два рази міцніша, ніж прямокутна. На цій основі, основні кріпильні різьби для деталей і механізмів автомобілів виконуються з трикутним профілем.

Має сенс розглянути теорію роботи гвинтової пари, щоб зрозуміти повну картину дії сил, які можуть виникати при обертанні гайки, тобто закріпленні з'єднання. Це дозволить визначити залежність між моментом, прикладеним до гайки, і основною силою гвинта.

Допустимо, що гвинт навантажений основною силою  $F$  (див. рисунок 2.9), тоді для закручування гайки до рукояті інструмента необхідно застосувати момент  $T_{зав}$ , а до стрижня, тобто до головки гвинта - реактивний момент  $T_p$ , саме цей момент утримує стрижень від обертання.

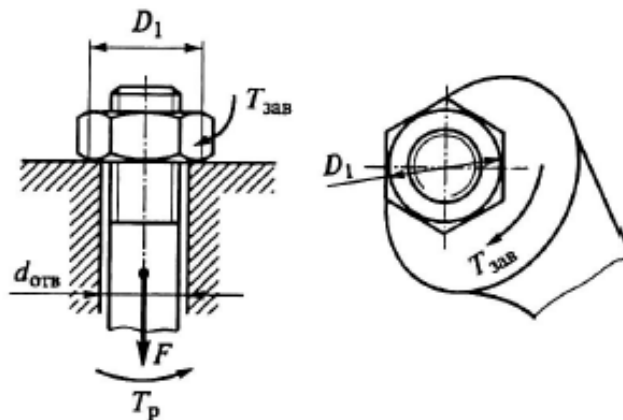


Рис. 2.9. Дія сил і моментів у гвинтовій парі.

Ця залежність може бути виражена наступним чином:

$$T_{зав} = T_{\tau} + T_p \quad 2.4.$$

де  $T_{\tau}$  – момент, що створюється силами тертя на опорному торці гайки;  $T_p$  - момент, що створюється силами тертя в різьбі.

Рівність (2.4) є справжньою для будь-яких кріпильних гвинтових пар - болтів, гвинтів, шпильок і гвинтових механізмів.

Якщо припустити, що радіус сил тертя на опорному торці гайки приблизно дорівнює середньому радіусу цього торця, то можемо використовувати  $D_{cp}/2$  для спрощення розрахунків. Тоді залежність для визначення моменту, створеного силами тертя на опорному торці гайки, матиме вигляд:

$$T_{\tau} = Ff\left(\frac{D_{cp}}{2}\right) \quad 2.5.$$

де  $D_{cp}=(D_1+d_{омв})/2$ ;  $D_1$  - зовнішній діаметр опорного торця розрахункової гайки;  $d_{омв}$  - діаметр отвору під розрахунковий гвинт;  $f$  - коефіцієнт тертя на торці гайки.

Момент сил тертя в різьбі визначається, розглядаючи розрахункову гайку як повзун, який піднімається вгору по витках різьби, як похилій площині (див. рисунок 2.10, а). Згідно з загальновідомою теоремою механіки, яка дозволяє врахувати сили тертя, повзун перебуває в рівновазі тоді, коли рівнодіюча  $F_n$  системи зовнішніх сил відхиляється від нормалі  $n - n$  на кут тертя  $\varphi$ . У розглянутому випадку зовнішніми є осьова сила  $F$  і окружна сила  $F_t=2T_p/d_2$ . Тут момент  $T_p$  - не реактивний, а активний момент, який прикладений інструментом і дорівнює  $T_{зав}-T_{\tau}$  (див. залежність 2.4).

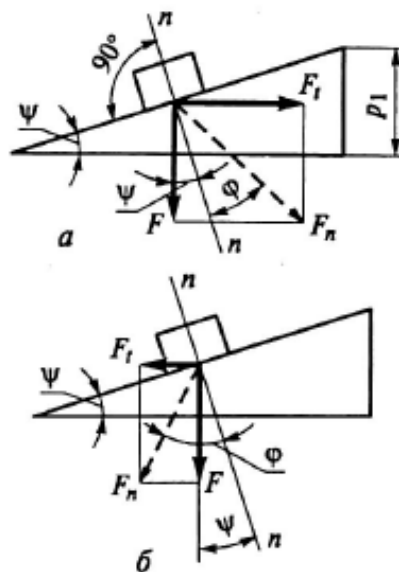


Рис. 2.10. Візуалізація напрямків та відношень сил тертя, які діють при кручінні гвинтової пари.

Аналізуючи рисунок 2.10, можемо записати  $F_t = F \operatorname{tg}(\psi + \varphi)$  або:

$$T_p = 0,5 F d_2 \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \quad 2.6.$$

де  $\psi$  – кут підйому різьби (знаходиться за формулою (2.1));  $\varphi = \operatorname{arctg} f_{np}$  – кут тертя в різьбі;  $f_{np}$  – приведений коефіцієнт тертя в різьбі, який враховує вплив кута профілю (знаходиться за формулою 2.2).

Після введення у формулу 2.3 залежностей 2.4 і 2.5 ми отримуємо наступну залежність:

$$T_{зав} = 0,5 F d_2 \left[ \frac{D_{cp}}{2} f + \operatorname{tg} \psi + \varphi \right] \quad 2.7.$$

При відвертанні гайки окружна сила  $F_t$  та сили тертя змінюють свій напрямок на протилежний (див. рисунок 2.10, б). У цьому випадку отримуємо:

$$F_t = F \operatorname{tg}(\varphi - \psi) \quad 2.8.$$

Момент для відкручування з обов'язковим урахуванням сил тертя на торці гайки визначається аналогічно, з використанням формули 2.7:

$$T_{отв} = 0,5 F d_2 \left[ \frac{D_{cp}}{2} f + \operatorname{tg} \varphi - \psi \right] \quad 2.9.$$

Таким чином, отримані залежності дозволяють:

- знайти відношення осьової сили гвинта  $F$  до сили  $F_\kappa$ , що прикладена до рукояті інструмента, тобто  $F/F_\kappa$ , за допомогою формули 2.7, що дозволяє оцінити виграш у силі. Для стандартних кріпильних метричних різьб при стандартній довжині важеля інструмента  $L=15d$  і  $f=0,15$   $F/F_\kappa=70\dots 80$ .
- визначити скручуючий момент  $T_p$  стрижня гвинта при його розтягуванні осьовою силою  $F$ .

Умови самогальмування відкручуванню різьби можна записати у вигляді  $T_{отв} > 0$ , де  $T_{отв} > 0$ , знаходиться за допомогою формули 2.9. Якщо розглядати тільки різьбу без урахування сил тертя на торці гайки, то



отримуємо  $tg(\psi - \varphi) > 0$  або загальну умову самогальмування різьбового з'єднання ( $\psi < \varphi$ ).

Зауважте, що для кріпильних різьб найбільш розповсюджений кут підйому  $\psi$  лежить у межах  $2^0 30^I \dots 3^0 30^I$ , а кут тертя  $\varphi$  змінюється прямо пропорційно коефіцієнту тертя в межах від 60 (при  $f=0,1$ ) до 160 (при  $f=0,3$ ).

Висновок: всі кріпильні різьби, що застосовуються в автомобільній промисловості, виконують умову самогальмування. У гвинтових механізмах різьби можуть бути як самогальмуючими, так і такими, що не виконують цю умову. Однак умова самогальмування може порушуватися при знакозмінних навантаженнях і особливо при вібраціях, що характерно для автомобілів, через взаємні мікроссуви поверхонь тертя.

Так, як кути провертання приймаються рівними у обох випадках, то остаточно відношення робіт дорівнює відношенню моментів  $T_{зав}^I / T_{зав}$ . У цьому випадку  $T_{зав}$  отримується при використанні формули 2.7, а  $T_{зав}^I$  - за допомогою той же залежності, але при  $f=0$  і  $\varphi=0$ :

$$\eta = \frac{T_{зав}^I}{T_{зав}} = tg\psi / [ \frac{D_{cp}}{d} f + tg \psi + \varphi ] \quad 2.10.$$

При умові врахування лише втрат у витках різьби ( $T_{\tau}=0$ ), можемо визначити загальний ККД гвинтової пари:

$$\eta = tg\psi / [tg \psi + \varphi ] \quad 2.11.$$

Залежність 2.11 показує, що ККД ( $\eta$ ) зростатиме із збільшенням кута підйому різьби ( $\psi$ ) та зменшенням кута тертя в різьбі ( $\varphi$ ). У гвинтових механізмах, якщо потрібно збільшити кут підйому різьби ( $\psi$ ), часто використовують багатозахідні гвинти. Проте на практиці рідко використовують гвинти з  $\psi$  більше  $20-25^\circ$  через малу користь у підвищенні ККД та високі витрати на виготовлення різьби. При значному збільшенні  $\psi$ , вигаш у силі чи передавальному відношенні гвинтової пари стає мінімальним.

Сучасні технології спрямовані на збільшення ККД гвинтових механізмів шляхом зниження загального тертя в різьбі. Це може включати в себе використання сплавів антифрикційних металів, тщательну обробку та якісне змащення поверхонь тертя, встановлення спеціальних підшипників для гайок або торців гвинтів, а також застосування кулькових гвинтових пар та інших інноваційних методів.

Згідно з вищевказаним, важливо зупиняти зрізання різьбового з'єднання, оскільки це може пошкодити з'єднання та призвести до поломки механізму або аварії. У механіці запобігання самовільному розрізанню є ключовим завданням для підвищення надійності різьбових з'єднань, особливо в автопромисловості з урахуванням постійних змінних і ударних навантажень.

2.5. Загальні відомості щодо можливостей стопоріння різьбових з'єднань.

Існує кілька теоретичних методів стопоріння і фіксації різьбових з'єднань. У практиці, при ремонті і виготовленні автомобілів, найбільш поширеними є наступні три основні методи стопоріння і фіксації.

1. Підвищення тертя в різьбі шляхом використання контргайки, пружинних шайб, або різьбових пар з попереднім натягом. Контргайка додає додатковий натяг і тертя в різьбі. Пружинна шайба забезпечує достатній натяг і тертя в різьбі для умов самогальмування.

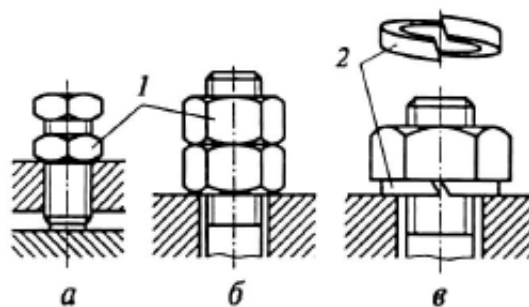


Рис. 2.11. Види стопоріння різьбових з'єднань від самовільного розкручування, підвищенням і стабілізацією сил тертя.

2. Механічне жорстке з'єднання гайки зі стрижнем гвинта за допомогою шплінта або гнучкого дроту для групи гвинтів.

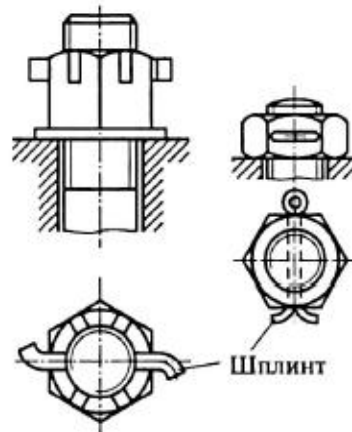


Рис. 2.12. Приклади механічної фіксації гайки відносно стрижня болта при їх суцільному з'єднанні .

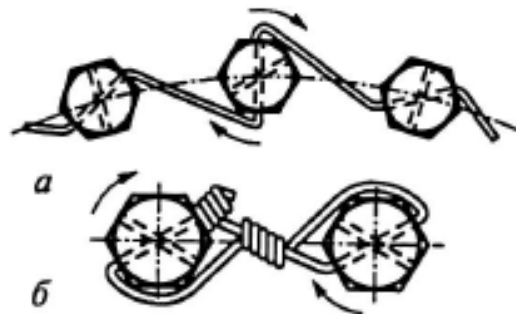


Рис. 2.13. Приклад механічної фіксації групового різьбового зєднання за допомогою стяжки дротом.

3. Жорстке з'єднання гайки з нерухомою деталлю за допомогою спеціальної фасонної шайби або фіксуєчої планки.

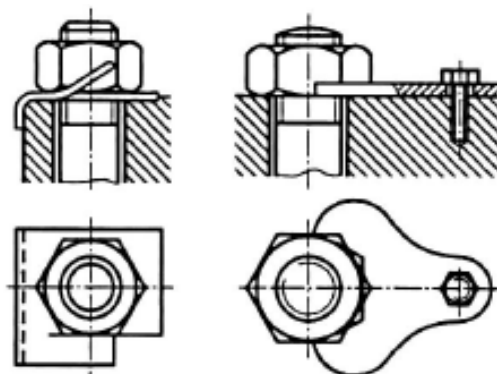


Рис. 2.14. Візуалізація механічного стопоріння гайки або голівки болта до нерухомої деталі за допомогою спеціального фасонного кріплення.

Ці методи фіксації дозволяють забезпечити контрольоване затягування з'єднань, що є важливим у забезпеченні безпеки та надійності механічних з'єднань. Зрозуміло, що під час виготовлення та ремонту автотранспортних засобів, необхідно приділяти велику увагу запобіганню можливого непередбаченого розкручування різьбових з'єднань.

## 2.6. Висновки щодо розділу.

У цьому розділі досліджено та оцінено особливості різних типів стопоріння різьблення, які застосовуються у виробництві автомобілів, а також наведено теорію роботи різьбових з'єднань і узагальнено навантаження, що виникають у основних компонентів гвинтових механізмів. Висвітлено силові взаємозв'язки у гвинтових парах та загальні методи їх обчислення. Особлива увага приділена існуючим методам фіксації та блокування різьбових з'єднань, що дозволяє зробити висновок про важливість аналізу експлуатаційних характеристик та доцільності використання анаеробних фіксаторів у механізмах автомобільного транспорту.

### РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ ОБРАНИХ ЗРАЗКІВ АНАЕРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

Нижче наведений розділ присвячено аналізу та практичному застосуванню анаеробних препаратів, призначених для фіксації та герметизації різьбових з'єднань, що використовуються у автотранспортних засобах та доступні на українському ринку запчастин. Термін "анаеробні" перейшов до механіки і техніки з біології, де ним позначають мікроорганізми, що можуть існувати й розвиватися без кисню. Тому усі тубики з анаеробними препаратами, що використовуються у дослідженні, містять певну кількість повітря. Проте під час застосування у обмеженому просторі без повітря (наприклад, у різьбових з'єднаннях) вони швидко полімеризуються та виконують свої функції.

Виробники стверджують, що ці препарати можуть вирішити проблеми самовільного відкручування під дією навантажень та корозії в зонах контакту між кріпильними деталями. Також вони можуть застосовуватись для ущільнення фланців, герметизації швів та навіть склеювання плоских поверхонь деталей. Тому рекомендується детальніше вивчити запропоновані зразки. На рисунках 3.1 і 3.2 представлені препарати «Адекват» від білоруського виробника та «Abrolok Threadlok TL-342-R» від американського виробника відповідно.



Рис. 3.1. Вид пакування фіксатора і герметизатора різьби - «Адекват».



Рис. 3.2 Загальний вигляд упаковки фіксатора різьбових з'єднань середньої міцності синього кольору, який може бути видалений з назвою «Abrolok Threadlok TL-342-R».

На рисунку 3.3 представлений препарат, що називається виробником фіксатором різьбових з'єднань, який не може бути видалений з назвою «Abrolok Threadlok TL-371-R», від виробника з США, об'ємом 6 мл. Рекомендовано для використання з різьбами діаметром від 9,5 до 25 мм.



Рис. 3.3. Загальний вид пакування фіксатора різьбових з'єднань, який не може бути видалений «Abrolok Threadlok TL-371-R».

Рисунок 3.4 показує загальний вигляд упаковки високоміцного нероз'ємного герметика-фіксатора з назвою «ASTROhim AC-9011» від виробника з Європи, об'ємом 6 мл. Рекомендовано для застосування без зазначення діаметра кріпильних деталей.

На рисунку 3.5 показано загальний вигляд упаковки термостійкого нероз'ємного герметика-фіксатора з назвою «ASTROhim AC-9012» від виробника з Європи, об'ємом 6 мл, без вказівки діаметра кріпильних деталей.



Рис. 3.4. Загальний вид пакування герметика-фіксатора високоміцного нероз'ємного «ASTROhim AC-9011».

На рисунку 3.6 представлено загальний вигляд упаковки роз'ємного герметика-фіксатора з назвою «ASTROhim AC-9013» від виробника з Європи, об'ємом 6 мл, без конкретизації діаметра кріпильних деталей.



Рис. 3.5. Загальний вид пакування герметика-фіксатора термостійкого нероз'ємного «ASTROhim AC-9012».

Рисунок 3.7 показує загальний вигляд упаковки роз'ємного анаеробного фіксатора різьби з назвою «DonDeal DD6670» від виробника з США, об'ємом 3 мл. Рекомендований діаметр кріпильних деталей для використання з цим препаратом становить від 5 до 25 мм.



Рис. 3.6. Загальний вид пакування герметика-фіксатора роз'ємного «ASTROhim AC-9013».

Рисунок 3.8 показує загальний вигляд упаковки роз'ємного анаеробного фіксатора різьби з назвою «DonDeal DD6673» від виробника з США, об'ємом 10 мл. Рекомендований діаметр кріпильних деталей для використання з цим препаратом становить від 5 до 27 мм.



Рис. 3.7. Загальний вид пакування анаеробного фіксатора різьби роз'ємного «DonDeal DD6670».

На рисунку 3.9 представлено загальний вигляд упаковки високоміцного анаеробного фіксатора різьби з назвою «DonDeal DD6684» від виробника з США, кількістю 3 грами. Препарат призначений для використання з кріпильними деталями діаметром від 8 до 25 мм.





Рис. 3.8. Загальний вид пакування анаеробного фіксатору різьби роз'ємного «DoneDeal DD6673».



Рис. 3.9. Загальний вид пакування анаеробного фіксатору різьби високоміцного «DoneDeal DD6684».

Рисунок 3.10 показує загальний вигляд упаковки роз'ємного анаеробного професійного фіксатору різьби синього кольору «Felix» від виробника з Європи, об'ємом 6 мл. Препарат призначений для використання з кріпильними деталями діаметром до 20 мм.

Рисунок 3.11 демонструє зовнішній вигляд упаковки червоного анаеробного фіксатора різьби без роз'ємності під назвою «DoneDeal DD6670».

Рисунок 3.12 показує упаковку червоного анаеробного фіксатора різьби з підвищеною міцністю під назвою «IMG MG-414 High Strength».



Рис. 3.10. Загальний вигляд пакування професійного фіксатору різьби анаеробного роз'ємного синього «Felix».

На рисунку 3.13 показаний синій анаеробний фіксатор різьби середньої міцності «IMG MG-415 Medium Strength».



Рис. 3.11. Загальний вигляд пакування професійного фіксатору різьби анаеробного нероз'ємного красного «Felix».

Рисунок 3.14 демонструє упаковку червоного анаеробного фіксатора різьби без роз'ємності під назвою «Lavr Ln1731».

Рисунок 3.15 показаний термостійкий анаеробний фіксатор різьби без роз'ємності «Lavr Ln1732».

На рисунку 3.16 представлено препарат того ж виробника, що й на попередніх двох, з назвою «Lavr Ln1733», який є роз'ємним фіксатором різьби. Рекомендований виробником діаметр різьби для використання цього препарату до 20 мм.



Рис. 3.12. Загальний вигляд пакування фіксатора різьбових з'єднань надміцного, красного «IMG MG-414 High Strength».

Рисунок 3.17 демонструє препарат під назвою «Low Strength Threadlocker Purple» від виробника «Permatex», який виготовляється у США і має об'єм 6 мл. Цей препарат рекомендовано використовувати для фіксації різьб з діаметром до 6 мм.



Рис. 3.13. Загальний вигляд пакування фіксатора різьбових з'єднань середньої міцності, синього «IMG MG-414 Medium Strength».

Рисунок 3.18 показує препарат «High Temp Strength Threadlocker Red» того ж виробника «Permatex», з об'ємом 6 мл, рекомендований для фіксації різьб з діаметром від 10 до 38 мм.

На рисунку 3.19 представлений препарат під назвою «Medium Strength Threadlocker Blue» від «Permatex», виробленого у США з об'ємом 6 мл,

призначений для використання з кріпильними деталями діаметром від 6 до 20 мм.



Рис. 3.14. Загальний вид пакування фіксатору різьби нероз'ємного «Lavr Ln1731».

Рисунок 3.20 демонструє препарат «High Strength Threadlocker Red» від «Permatex» з об'ємом 6 мл, призначений для фіксації різьб з діаметром від 10 до 25 мм.



Рис. 3.15. Загальний вид пакування фіксатору різьби нероз'ємного термостійкого «Lavr Ln1731».

Останній препарат у наборі, «Penetrating Grade Threadlocker Green» від «Permatex», представлений на рисунку 3.21. Цей препарат, як і чотири попередні, вироблений у США і має об'єм 6 мл. Рекомендації щодо діаметрів

різьб, для яких варто використовувати препарат, обмежуються діаметром 15 мм.



Рис. 3.16. Загальний вид пакування фіксатору різьби роз'ємного «Lavn Ln1731».



Рис. 3.17. Загальний вигляд пакування препарату Low Strength Threadlocker Purple «Permatex».



Рис. 3.18. Загальний вигляд пакування препарату High Temp Strength Threadlocker Red «Permatex».



Рис. 3.19. Загальний вигляд пакування препарату Medium Strength Threadlocker Blue «Permatex».



Рис. 3.20. Загальний вигляд пакування препарату High Strength Threadlocker Red «Permatex».



Рис. 3.21. Загальний вигляд пакування препарату Penetrating Grade Threadlocker Green High «Permatex».

Таким чином, для проведення всебічних досліджень було обрано двадцять один зразок препаратів від восьми виробників. Згідно з розглянутою технічною документацією, ці препарати можна використовувати для фіксації та герметизації різьб з діаметром від 5 до 28 мм. Нумери, що були присвоєні препаратам під час аналізу, залишаються з ними та використовуються для формування таблиць з результатами досліджень.

#### РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБРАНИХ ЗРАЗКІВ

Для проведення комплексного аналізу, який базується на аналізі, що представлений у главі 3, було обрано двадцять один зразок анаеробних препаратів від восьми виробників. Ці препарати, згідно із супутньою технічною документацією, придатні для фіксації й герметизації різьб діаметром від п'яти до двадцяти восьми міліметрів.

Натурні випробування передбачають застосування умов та матеріалів, що максимально відображають реальність, у нашому випадку - кріпильних елементів, які функціонують у реальних умовах. Тому для випробувань фіксуючих препаратів були придбані кріпильні елементи з різьбою M10X1,25, які часто використовуються у з'єднаннях автомобільних вузлів і механізмів. Для забезпечення відповідності рекомендаціям усіх виробників фіксаторів, діаметр різьби було обрано відповідно - M10X1,25.



Рис. 4.1. Візуалізація групи піддослідних елементів кріплення з параметрами різьблення M10X1,25

Для отримання надійних результатів, кожний анаеробний препарат було піддано двом аналогічним випробуванням. Це означає, що для кожного препарату було використано по два кріпильні елементи (болт і гайка). Загалом, було використано сорок два комплекти кріпильних елементів (див. рисунок 4.1.).



Для кожного піддослідного зразка анаеробного фіксатора різьби використовувався скомпонований кріпильний елемент - болт зі знакомою накруткою гайкою. Кріпильний елемент перед використанням було очищено та оброблено для уникнення впливу можливого залишкового змащення на різьбу.

Після обробки різьбової частини болта вибраним анаеробним фіксатором, гайку накручували на болт з встановленим невеликим моментом затягування, який становив 0,1 Нм (див. рисунок 4.2.).



Рис. 4.2. Аплікація піддослідного анаеробного препарату на різьбову поверхню болта.

Для встановлення необхідного моменту затягування, використовувався професійний динамометричний інструмент, який перед проведенням експериментів був калібрований у відповідній лабораторії (див. рис. 4.3, 4.4).



Рис. 4.3. Загальний вигляд інструменту для проведення експериментів.

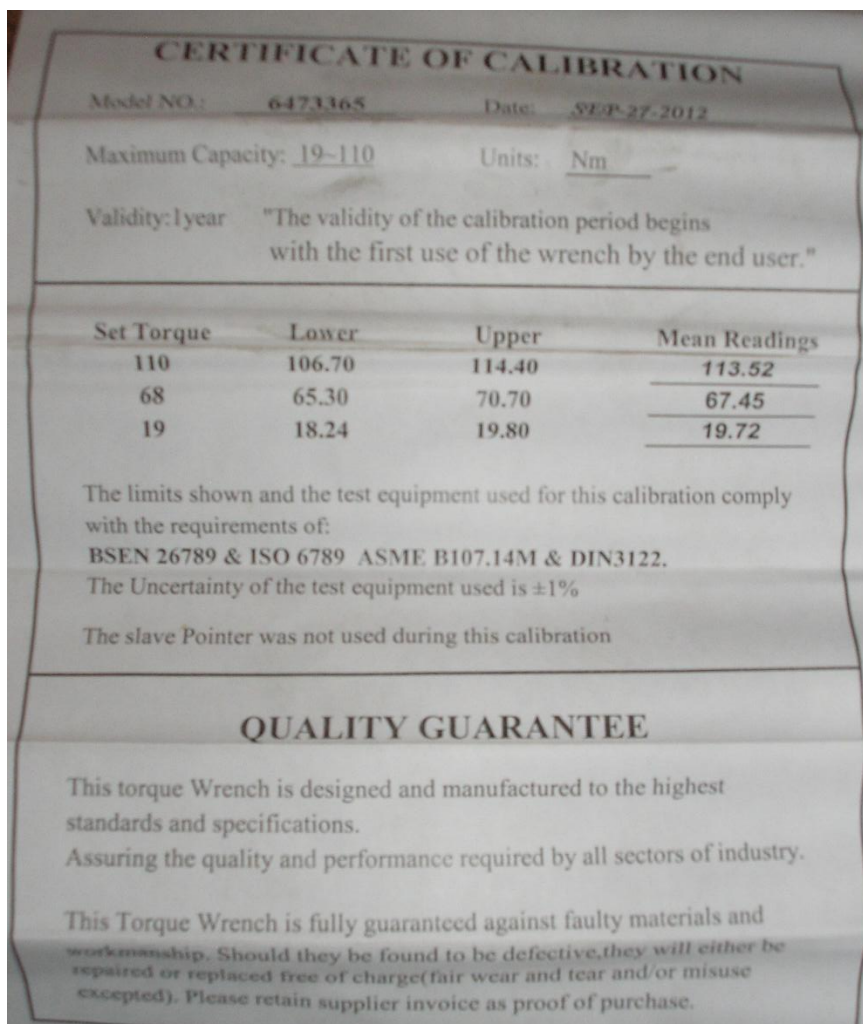


Рис. 4.4. Загальний вигляд сертифікату відповідності інструменту для проведення практичних випробувань.

Встановлений момент затягування у 0,1 Нм був обраний для того, щоб уникнути впливу тертя в різьбі на остаточні виміри, зокрема для визначення моменту відкручування на нестягнутому різьбовому з'єднанні. Іншими словами, мета полягала у тестуванні дії піддослідних фіксуючих препаратів, а не власної сили, помноженої на важіль інструменту.

Кожне з оброблених препаратом різьбових з'єднань було пронумеровано відповідно до номера фіксатора, яким була проведена обробка.

Виникло питання щодо участі у випробуваннях препаратів з різною фіксаційною здатністю, яка вказана на їх упаковках. Більшість виробників використовують колірне кодування для позначення сили фіксації. Червоні та помаранчеві кольори вказують на максимальну фіксаційну здатність та термостійкість, сині та фіолетові - на менш потужну фіксацію з можливістю рознімання, а зелені та пурпурні - на найменшу здатність фіксування. Проте, колірне позначення також має деякі недоліки, наприклад, не вказується момент опору, який гарантує фіксатор при розкручуванні, або діаметр різьбового з'єднання, на якому це вимірювалося.

У зв'язку з цим було вирішено провести експерименти з усіма придбаними фіксуючими препаратами за однією методикою. Як зазначалося раніше, перед застосуванням кожний кріпильний елемент був очищений та підготовлений, щоб уникнути впливу залишкового змащення на різьбу.

Після обробки різьбової частини болта вибраним піддослідним фіксатором, на болт накручувалась гайка з встановленим невеликим моментом затягування у 0,1 Нм, і з'єднання нумерувались.

Потім, після витримки 24 годин при кімнатній температурі від -24 до 25 градусів Цельсія, кожне оброблене з'єднання, відповідно до його номера, було фіксоване на стійкій основі. Для цього змінну голівку розміром 17 мм динамометричного інструменту контактували тільки з верхньою гайкою, яку слід було відкручувати.

На початковому етапі тестування встановлений момент, необхідний для ключа, становив 5 Нм, що менше 10% від максимального моменту затягування для такого різьбового з'єднання (для різьби M10X1,25, яка використовується у вузлах і механізмах автомобілів та була вибрана для досліджень, максимальний момент становить 80 Нм).

Якщо з'єднання витримувало встановлені зусилля, тоді переходили до наступних етапів. Тобто, на кожному з наступних етапів момент на важелі інструменту збільшували з фіксованим кроком 5 Нм.



Рисунок 4.5 показує процес встановлення необхідного моменту на рукояті інструменту.

Отже, якщо момент, при якому різьбове з'єднання починало розкручуватися, був вище, це свідчило про кращу якість тестованого фіксатора.

Крім того, для порівняння і оцінки результатів анаеробних препаратів, проводилися дослідження фіксації різьбових з'єднань за класичними методами (див. рисунок 4.6).

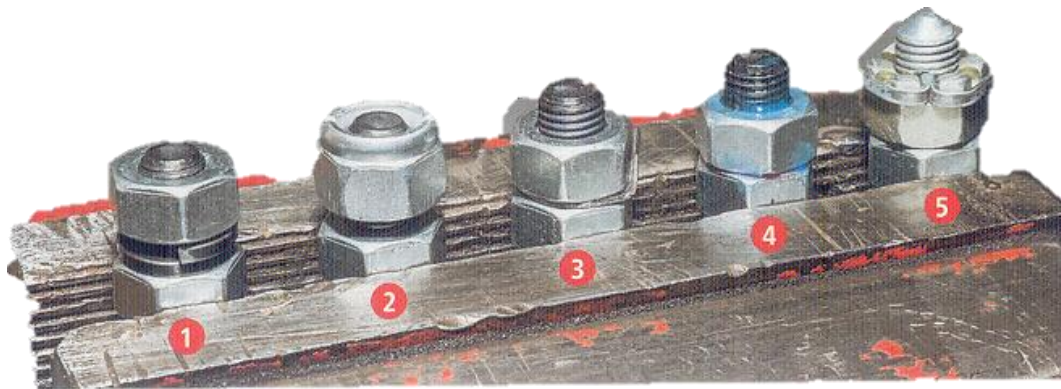


Рис. 4.6. Фото зразків для випробування з типовими способами фіксації різьбових з'єднань.

Ці методи включають:

1. Пружинна розрізна шайба, яка використовується як додатковий елемент для конtringації дії. Проте такі шайби не підходять для м'яких матеріалів, таких як алюміній, пластик і полімери.

2. Конструкція гайки, яка сама законтрюється за допомогою пластичної втулки. Цей метод має обмежену кількість операцій збирання/розбирання через втрату пружності втулки.

3. Фіксація гайки фасонною шайбою до нерухомої деталі. Однак такі фіксатори є одноразовими і завжди потребують заміни після збирання/розбирання з'єднання.

Позиція 4 на рисунку 4.6 показує використання доступних засобів для блокування різьб, що часто використовуються в домашніх умовах. Ці засоби включають лак для нігтів, нітрофарбу або будь-який клей. Основна перевага використання цих методів - простота і повне переконання, що ситуація не може стати гірше. Однак зазначені рідинні засоби не працюють як повноцінні фіксатори або захист.

Позиція 5 на рисунку 4.6 показує використання шпінтрової фіксації різьбового з'єднання. Тонкий шпилька з м'якого металу вставляється у просверлену отвір у різьбовій частині болта і захоплюється на кінцях. Допоки шпилька на місці, спеціальна гайка не розверне з'єднання. Зрозуміло, що цей метод можна використовувати лише зі спеціальними гайками і болтами, які мають відповідні отвори. Однак вони не забезпечують фіксацію болта або шпильки в тілі нерухомої деталі.

Найбільш просте рішення для запобігання випадкового розкручування різьбових з'єднань - це використання контрючої гайки. Додаткова гайка натискається на основну гайку, затягнута на необхідний момент, і блокує її. Це рішення досить обмежене у застосуванні через обмежене місце на різьбовій частині і велику виступаючу частину.

Усі результати досліджень були документовані у відповідних таблицях. Було створено 26 окремих таблиць для восьми виробників. 21 таблиця містила результати тестування анаеробних препаратів, а 5 таблиць відображали результати класичних методів фіксації.

Підсумкова оцінка та розташування препаратів враховували обіцянки виробників: препарати з невисокими технічними характеристиками

оцінювалися більш лояльно, а ті, що декларували високі якості, підлягали більшому контролю. Також оцінювалися в'язкість препаратів для визначення їхньої зв'язку з ефективністю фіксації.

## РОЗДІЛ 5. ОПИС ПРОЦЕСУ ВИПРОБУВАНЬ ТА РОЗТЛУМАЧЕННЯ І СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

За розробленою методикою досліджень, усі етапи тестувань розпочалися після пройдених двадцять чотири годин з моменту обробки кожного різьбового з'єднання піддослідним. Кожне з'єднання, згідно з отриманим номером препарату, було закріплене по черзі на нерухомій платформі так, щоб змінна голівка розміром 17 мм динамометричного інструменту контактувала тільки з верхньою гайкою, яку потрібно було відкрутити (див. рис. 5.1).



Рис. 5.1. Початковий момент відкручування встановлений на інструменті – 5 Нм.

Кожен препарат необхідно проаналізувати окремо, спостерігаючи, як він веде себе під час нанесення та який момент витримує під час відкручування.

### 1. Герметик і фіксатор різьби «Адекват».

Рідкий, як вода, герметик виявився несправним вже після першого тестування, при застосуванні моменту 5 Нм. Однак інструкція на упаковці не надавала конкретних обіцянок.

2. Фіксатор різьбових з'єднань середньої міцності, синій, який може бути видалений «Abrolok Threadlok TL-342-R».

Цей препарат середньої текучості й міцності також не пройшов перше тестування при застосуванні моменту 5 Нм. Інструкція на упаковці не була чіткою щодо його властивостей.

3. Фіксатор різьбових з'єднань, який не може бути видалений «Abrolok Threadlok TL-371-R».

Цей препарат також не витримав тестування на відкручування при застосуванні моменту 10 Нм. Результати були дещо слабкими, особливо в порівнянні з обіцянками виробника про нероз'ємність з'єднання.

4. Високоміцний герметик-фіксатор, який не може бути видалений «ASTROhim AC-9011».

Цей густий препарат, згідно інструкції, мав витримувати момент 35 Нм, але для відкручування не потребувався момент більше 5 Нм.

5. Термостійкий герметик-фіксатор, який не може бути видалений «ASTROhim AC-9012».

Хоча цей густий препарат витримав перше тестування, він здався під час другого, при застосуванні моменту 10 Нм. Хоча кращий за деякі інші препарати, результат був недостатньо задовільним.

Таким чином, після досліджень було отримано деякі важливі висновки щодо ефективності цих препаратів у фіксації різьбових з'єднань.

6. Герметик-фіксатор «ASTROhim AC-9013» є роз'ємним засобом, який, за інструкцією, мав витримувати момент на відвертання в 17 Нм, незалежно від розміру різьби. Однак, виробник не вказав діапазон діаметрів різьб, на які цей фіксатор призначений. У загальному, результат використання цього продукту був негативним: різьбове з'єднання, оброблене цим герметиком, розкрутилось при застосуванні моменту в 5 Нм на першому етапі випробувань.

7. Роз'ємний анаеробний фіксатор різьби «DonDeal DD6670» має середню консистенцію та мляво-голубий колір. Різьбове з'єднання, оброблене цим препаратом, витримало перший етап тестування з моментом в 5 Нм, що викликало впевненість у його ефективності. Проте, при застосуванні моменту в 10 Нм на другому етапі, з'єднання почало прокручуватись, що призвело до розчарування, хоча більшість інших препаратів не показали такого ж результату.



8. Роз'ємний анаеробний фіксатор різьби «DonDeal DD6673» є досить текучим, майже не залишаючись на різьбі після нанесення. Різьбове з'єднання, оброблене цим препаратом, розкрутилось на першому етапі тестування при застосуванні моменту навіть не досягнувши 5 Нм. Однак виробник не надав конкретних обіцянок на пакуванні.

9. Високоміцний анаеробний фіксатор різьби «DonDeal DD6684» є одним з найдорожчих препаратів у дослідженні, але його кількість у ємності найменша. Після нанесення на різьбову поверхню, він проявив середню консистенцію і добре тримався на різьбі. Проте, фіксатор не утримав з'єднання на першому етапі випробувань при застосуванні моменту, що не досягнув навіть початкової межі у 5 Нм, хоча на пакуванні йшла мова про високу міцність.

10. Анаеробний роз'ємний фіксатор різьби «Felix» просувався як професійний засіб європейської якості. Проте, після нанесення на різьбу, він виявився занадто рідким і не зміг утримати з'єднання навіть при моменті в 5 Нм на першому етапі тестування, що розчарувало, особливо враховуючи відсутність конкретних обіцянок на пакуванні.

11. Професійний фіксатор різьби «Felix» нероз'ємний красного кольору виявився доволі щільним під час нанесення на різьбу, де він добре закріпився і рівномірно розподілився. Але на першому етапі випробувань він продемонстрував поганий результат, схожий на свого попередника під номером 10. При дії моментом в 5 Нм на з'єднання, гайка почала легко відкручуватись. Це дивно, особливо враховуючи, що виробник іменує цей засіб як «нероз'ємний».

12. Фіксатор різьбових з'єднань надміцний, красного кольору «IMG MG-414 High Strength» під час нанесення на різьбову поверхню болта показав себе як малозгустіючий препарат, схильний до скапування на різьбленні. Проте він здивував позитивним результатом серед усіх інших препаратів. Гайку вдалося зсунути лише на шостому етапі тестування за дії моменту в

30 Нм. Цей препарат виявився переможцем у всьому комплексному дослідженні, значно випереджаючи інші зразки, які були у тестуванні.

13. Фіксатор різьбових з'єднань середньої міцності, синього кольору «IMG MG-415 Medium Strength» був дуже рідким під час нанесення на різьблення і швидко скапувався, залишаючи малопомітний слід. Цей препарат не проявив себе нічим іншим, а різьбове з'єднання, оброблене ним, розкрутилось на першому етапі випробувань при застосуванні моменту в 5 Нм. Мабуть, виробник вважає це середньою міцністю, і, мабуть, це так.

14. Нероз'ємний фіксатор різьби «Lavr Ln1731» має середню, але неоднорідну консистенцію і також середньо тримається на різьбовій поверхні. Вирізняється суперечливим надписом на пакуванні: «застосовується для діаметрів різьбових з'єднань до 20 мм і більше». Фактично, цей препарат підходить для фіксації будь-якого розміру різьбового з'єднання. На пакуванні чітко зазначено граничний момент - не менше 35 Нм. Невідомо, що мав на увазі виробник, декларуючі такі можливості свого виробу, але для відкручування тестових болтів і гайок не потрібно було прикладати момент на важіль інструменту більше ніж 5 Нм.

15. Фіксатор різьби «Lavr Ln1732» терmostійкий і нероз'ємний, вироблений тим же виробником, що й «Lavr Ln1731». Хоча на упаковці заявлено, що він здатний утримати кріплення до моменту у 35 Нм, але відразу з початку виявився неефективним. Рідина мала середню консистенцію і не бажала залишатись на поверхні різьби болта, швидко розпливалась. Конус туби з гвинтовою пробкою лопнув і почав протікати, що призвело до швидкого закінчення 9 мл препарату. Після 24-годинної витримки різьбове з'єднання почало розкручуватись вже на першому етапі випробувань, майже без навіть торкання ключа.

16. Фіксатор різьби роз'ємний «Lavr Ln1733» показав себе як достатньо рідкий препарат під час нанесення на різьбову поверхню, де він тримався середньо. Упаковка зазначає, що граничний момент фіксації різьбового з'єднання діаметром до 20 мм – 17 Нм. Препарат успішно пройшов перший

етап випробувань з прикладеним моментом в 5 Нм. Але на другому етапі при моменті в 10 Нм гайка почала провертатись навколо болта, і фіксатор не витримав навантаження. Цей результат можна вважати задовільним, оскільки більшість піддослідних фіксаторів також не демонстрували кращих результатів.

17. Low Strength Threadlocker Purple «Permatex» не розрахований на різьбу діаметром 10 мм, але для усіх зразків використовувалася однакова методика. Препарат середньої густини був нанесений на різьбову поверхню болта. Його тримання та розподілення по поверхні різьби було вважати задовільним. Проте з'єднання не протримало навіть першого етапу випробувань, гайка почала відкручуватись вже з першої спроби, майже за одного оберту ключа. Але виробник не обіцяв нічого більшого, адже цей препарат відомий своєю слабкою фіксацією.

18. High Temp Strength Threadlocker Red «Permatex» має достатньо густу рідину, яка рівномірно покриває поверхню різьби. Після 20-годинної витримки препарат успішно пройшов перші чотири етапи випробувань. Гайка почала провертатись лише при моменті на важелі інструмента у 25 Нм. Це другий найкращий результат серед усіх препаратів у тестуванні, і варто визнати його ефективність.

20. Фіксатор різьби «Permatex» у червоному кольорі заявлений як високоміцний. При цьому, при середній густині, він добре розподіляється по поверхні різьблення, але не витримує навіть першого етапу випробувань. Виявляється безсиллим вже при моменті менше 5 Нм. Це породжує питання, чому виробник вказував на високу міцність.

21. Фіксатор різьби «Permatex» зеленого кольору розглядається як останній у списку досліджуваних засобів. Він надзвичайно рідкий, нагадуючи воду при нанесенні на різьбу. Слабко утримується на поверхні, швидко розпливається, і після 20 годин витримки виявляється бездієвим. З'єднання розкручується при найменшому моменті, меншому 5 Нм, і

практично не фіксує різьбу. І хоча виробник не обіцяв див і не позиціонував продукт як сильний фіксатор, результат залишає бажати кращого.

Інформація про кожен з препаратів була занесена у відповідні таблиці після проведення циклу випробувань, але більшість з них не пройшла перший етап і була вилучена з таблиць. Тому було вирішено створити загальну зведену таблицю, щоб узагальнити всі результати комплексного дослідження, яке включало і класичні способи стопоріння різьбових елементів.

Загальна таблиця результатів випробувань фіксаторів різьбових з'єднань включає перелік піддослідних засобів та їхніх виробників, разом з моментом прикладеного навантаження до важеля інструмента в Нм (див табл. 5.1).

Враховуючи отримані результати, бачимо, що лише 6 з 21 фіксатора змогли витримати мінімальний момент в 5 Нм, а тільки 2 з них, IMG MG-414 High Strength і Permatex High Temp Strength Threadlocker Red, витримали межу у 10 Нм. Щодо консистенції та покриття поверхні різьби, фіксатори значно розрізняються, але прямий зв'язок між в'язкістю та фіксацією не встановлено.

При цьому, варто звернути увагу на те, що виробники часто вказують завищені значення моменту для відкручення, і важливо орієнтуватися не тільки на колір пакування, але й на опис чи інструкцію до використання продукту. Анаеробні фіксатори є ефективними для захисту різьбових з'єднань від окислення та герметизації.

Отримані результати є репрезентативними лише для даної вибірки анаеробних фіксаторів і не можуть бути узагальнені на всю продукцію виробників.

Загальний висновок з результатів є негативним. З двадцяти одного препарату лише шість витримали початковий момент у 5 Нм, а лише два з них пережили момент у 10 Нм: IMG MG-414 High Strength та Permatex High Temp Strength Threadlocker Red.

Таблиця 5.1.

Зведена таблиця результатів дослідження фіксаторів різьбових з'єднань

Присвоєний номер та виробник чи назва піддослідного препарату	Момент прикладений до важеля інструмента (встановлювався механічно перед початком випробування), Нм.					
	5	10	15	20	25	30
1. «Адекват»	-					
2. «Abrolok » Threadlok TL-342-R	-					
3. «Abrolok» Threadlok TL-371-R	+	-				
4. «ASTROhim» AC-9011	-					
5. «ASTROhim» AC-9012	+	-				
6. «ASTROhim» AC-9013	-					
7. «DonDeal» DD6670	+	-				
8. «DonDeal» DD6673	-					
9. «DonDeal» DD6684	-					
10. «Felix»	-					
11. «Felix» red	-					
12. «IMG» MG-414 High Strength	+	+	+	+	+	-
13. «IMG» MG-415 Medium Strength	-					
14. «Lavr» Ln1731	-					
15. «Lavr» Ln1732	-					
16. «Lavr» Ln1733	+	-				
17. «Pematex» Low Strength Threadlocker Purple	-					
18. «Pematex» High Temp Strength Threadlocker Red	+	+	+	+	-	
19. «Pematex» Medium Strength Threadlocker Blue	-					
20. «Pematex» High Strength Threadlocker Red	-					
21. «Pematex» Penetrating Grade Threadlocker Green	-					
Випробування класичних способів стопоріння різьбових елементів кріплення						
22. Гроверная шайба	-					
23. Гайка з тефлоновою вставкою	-					
24. Фасонна відгінна шайба	+	-				
25. Лак для нігтів	-					
26. Super клей	+	-				
27. Коронна гайка і шплінт	+	+	+	+	+	-

Примітка: знаком «+» відмічено те, що оброблене фіксатором з'єднання витримало прикладений момент; знаком «-» відмічено те, що оброблене фіксатором з'єднання не витримало прикладеного моменту; сірим фоном відмічено неможливість проведення випробування так як з'єднання вже відкручене.

Хоча фіксатори мали різну консистенцію та покривали поверхню різьби різним чином, прямого відношення між в'язкістю та фіксацією не виявлено. Всі протестовані фіксатори герметизували й захищали різьбу від окислення.

Зазначаючи високі значення моменту для відкручення на упаковці, виробники не завжди відповідали реальності. Тому необхідно докладати зусиль у вивчення опису та інструкцій до застосування продукту, а не спираємося тільки на кольорову маркування.

Анаеробні фіксатори все ще залишаються ефективними для застосування при збиранні різьбового з'єднання, особливо з врахуванням загальної площі обробленої поверхні як фактору, що впливає на силу фіксації. Однак, підкреслюється, що результати дослідження відображають лише конкретну вибірку фіксаторів і не можуть бути загальною характеристикою всієї продукції виробників.

## РОЗДІЛ 6. ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Аналіз стану охорони праці та умов праці.

При виконанні всіх операцій транспортування, приймання - видачі нафтопродуктів повинні бути забезпечені необхідні заходи в суворій відповідності з чинними правилами та інструкціями: з техніки безпеки, виробничої санітарії, з пожежної безпеки.

У світі склалася проблемна ситуація з екологією, а добробут Землі залежить від кожного громадянина всесвіту окремо, тому, якщо ви маєте справу з будь-яким з видів відходів, слід звертатися в структури, які займаються їх утилізацією. Будь-який вид відпрацьованої оливи, а зокрема - трансмісійні відпрацьовані оливи, моторні відпрацьовані оливи, трансформаторні відпрацьовані оливи, відпрацьовані індустріальні оливи, різноманітний шлам - загалом, будь-які відпрацьовані нафтопродукти, відносяться до відходів III класу, які є токсичними і пожежонебезпечними.

Багато підприємств використовують відпрацьовання повторно, в якості палива, або несанкціоновано переробляють відпрацьовані оливи, що є однією з причин проблемної ситуації з екологією.

У процесі експлуатації нафтопродуктів, вони окислюються (під дією кисню), температури, вологи - піддаються хімічним реакціям (втоми, окисленню), які в свою чергу, змінюють початкові якості з гіршу сторону, поступово стають даремними і не виконують покладені на них функції, і потім відпрацьовання стає небезпекою для здоров'я людей і природи.

Відпрацьована олива є цінним продуктом. Після того як олива втратила свої первинні властивості, її міняють на нову, а використану - здають на переробку. Переробка оливи обробляється спеціальними фізичними хімічними і термічними процесами, які забезпечують найкращі властивості.

Будь-яка олива, (моторна, машинна, трансмісійна, індустріальна або трансформаторна), а також будь-які види мастил рано чи пізно втрачають свої експлуатаційні властивості - у них проходить термін придатності і виникає питання - куди дівати відпрацьовану оливу.

У наш час, величезна кількість відпрацьованої оливи зливається в ґрунт, і як це не сумно чути - 1 літр відпрацювання псує до мільйона підземних вод. За статистикою, за призначенням відпрацьовану оливу здають лише 15% українців, які мають справу безпосередньо з нафтопродуктами.

Існують компанії та фірми, які скуповують відпрацьовану оливу за високими цінами, надають спеціальну тару для збору відпрацьованої оливи, перевозять відпрацьовану оливу на спеціальних оливовозах. Далі виробляється безпечна утилізація відпрацювання.

Використана олива, яка зливається в ґрунт або воду, тягне за собою адміністративну відповідальність згідно зі статтею 239 Кримінального кодексу України, яка називається - забруднення або псування земель відходами.

Трансформаторні оливи - це мінеральні мастила з низькою в'язкістю і високою чистотою, які застосовуються у вимірювальних і силових трансформаторах, масляних вмикачах і редукторному обладнанні. Найголовніша їх властивість - захист від окислення. Трансформаторна олива стабільно працює в умовах низьких температур.

Моторні або автомобільні оливи, застосовуються для змащення двигунів внутрішнього згорання, поршневого і роторного типу. Діляться на оливи для дизелів та оливи для бензинових двигунів.

Індустріальна олива використовується як у важкій так і в легкій промисловості та інших сферах - в енергетиці, будівництві, в сільському господарстві, у сфері ЖКГ. Головна функція - забезпечення зменшення зносу деталей промислового устаткування. Індустріальна олива знижує тертя і забезпечує зниження нагрівання вузлів тертя.



Трансмiсiйна олива не призначена для всiх агрегатiв з автомобiльною трансмiсiєю. У бiльшостi випадкiв в машинах, оснащених переднiм приводом, заливають моторну оливу в коробку передач.

#### 4.2. Токсикологiчний вплив мастил на органiзм людини.

4.2.1. Отруєння змащувальними матерiалами, i синтетичними охолоджуючими сумiшами.

Нафтовi синтетичнi мастильнi оливи i мастильно-охолоджуючi рiдини або сумiшi (СОС) широко застосовуються в промисловостi (i механiчних, ковальсько-пресового i iнших цехах для змащення й охолодження третiових металевих частин).

Нафтовi оливи - високомолекулярнi в'язкi рiдини жовтуватого-коричневого кольору. Основними компонентами нафтових олив є алiфатичнi, ароматичнi та нафтоновi вуглеводнi з домiшкою iх кисневих, сiрчистих i азотистих похiдних. Для отримання спецiальних технiчних властивостей в нафтовi оливи часто вводяться рiзнi присадки, наприклад полiізобутилен, сполуки залiза, мiдi, хлору, сiрки, фосфору та iн.

Бiльшiсть синтетичних мастил (турбiннi, автотракторноi, компресорнi, моторнi, iндустрiальнi та iн.) виходить шляхом полiмеризацiї олефiнiв, наприклад етилену, пропiлену.

До складу СОС входять мiнеральнi оливи i емульгатори з натрiєвих солей нафтонових кислот (асидол). Випускаються емульсiї i пасти. Основою СОС служить емульсолi - колоїднi розчини мила i органiчних кислот в мiнеральних оливах, що дають з водою або спиртом стiйкi емульсiї.

У процесi роботи верстатiв змащувальнi оливи i СОС нагрiваються (до 500...700 °С), i в повітря робочої зони видiляються тумани олив, пари вуглеводнiв, альдегiдом, окис вуглецю та iншi токсичнi речовини.

Токсична дiя мастильних олив може проявитися головним чином при чистому попаданнi оливи на вiдкритi дiлянки тiла, при тривалiй роботi в одязi, просоченої оливи, а також при вдиханнi туману. Токсичнiсть

мастильних олив посилюється з підвищенням температури кипіння масляних фракцій, з підвищенням їх кислотності, і збільшенням в їх складі кількості ароматичних вуглеводнів, смол і сірчистих з'єднанні.

Оливи і охолоджуючі суміші у вигляді аерозолів (ГДК для масляного аерозолу –  $5 \text{ мг/м}^3$ ) можуть надавати руйнуючу дію, потрапляючи в організм через органи дихання, а також вражати останні. При цьому найбільшу потенційну небезпеку становлять мастильні оливи, що містять у своєму складі леткі вуглеводні (бензин, бензол тощо) або сірчисті з'єднання.

#### 4.2.2. Хронічне отруєння експлуатаційними матеріалами

У робітників механічних (токарі, фрезерувальники, шліфувальники) та інших цехів при контакті з СОС часто спостерігаються хронічні гіпертрофічні, рідше - атрофічні риніти, фарингіти, тонзиліти, бронхіти. Можливий розвиток пневмосклерозу. Характерні вегетативно-судинні розлади з переважним порушенням периферичного кровообігу по типу ангіоспастичний синдрому, що нагадує синдром Рейно, і вегетативного поліневриту. Є відомості про можливість розвитку ліпоїдного пневмонії і пухлин дихальних шляхів у осіб, які тривалий вдихають аерозолі, і пари різних нафтових олив. У більшості випадків ліпоїдна пневмонія протікає безсимптомно.

Нафтові оливи і охолоджуючі суміші діють на шкіру знежирюючи і сприяють закупорці її пор. Це призводить до виникнення різних шкірних захворювань (дерматити, екземи, фолікуліти, масляні вугри); можливий розвиток сенсibiliзації до хімічних агентам, використовуваним як присадки.

Деякі оливи можуть викликати кератодермії, бородавчасті розростання, папіломи, шкірний рак.

Тривалий контакт з парами мінеральних олив і емульсій може сприяти захворюванню на рак легенів і бронхів, а також сечового міхура.

Можуть мати місце пошкодження шкірних покривів (особливо кистей рук) мастилами, що потрапляють під шкіру під час випробування під

великим тиском оливопроводів, дизелів і ін. При цьому олива пробиває шкіру і викликає розвиток набряку в підшкірній тканині. Різкі болі і набряк тримаються 8...10 днів.

У осіб, що контактують з нафтовим гудроном, спостерігаються фотодерматози і захворювання типу меланоза: пігментація шкіри відкритих і піддаються тертю частин тіла, посилене фолікулярного зроговіння, атрофія; явища типу меланоза Ріля (темно-червоні і бурі плями, місцями зливаються), фолікулярні кератози на руках, тулубі та по краю волосистої частини голови зустрічаються серед працюючих з масляними аерозолями.

Експертиза працездатності проводиться залежно від характеру захворювання, наявності алергічного компонента, стійкості захворювання та його рецидивів - тимчасове або постійне відсторонення від роботи.

4.2.3. Питання профілактики захворювань, отриманих при контактах з експлуатаційними матеріалами.

Важливе значення для профілактики шкірних захворювань має догляд за шкірою до і після роботи, правильне використання захисних паст і відмиваючих засобів. Рекомендуються різні захисні гідрофільні мазі і пасти, плівкоутворюючі гідрофільні пасти, гідрофобні мазі і пасти, плівки, силіконовий крем.

З метою зменшення відлущення шкіри при роботі з СОС рекомендується обмивати руки слабким розчином соляної кислоти під час перерв у роботі. Після закінчення зміни - миття рук водою і змазування шкіру мазями (крем з вітамінами А, Е і т.п.). Для видалення масляних та інших забруднень застосовуються так звані промислові очищувачі. Дотримання заходів особистої гігієни (миття у душі, часта зміна спецодягу і т. д.). Проводити профілактику і лікування мікротравм.

При роботі в атмосфері, забрудненої великими концентраціями аерозолію або пари мастильних олив, необхідно користуватися протигазами.

Дані про токсичність конкретної оливи містяться в довідковому аркуші даних з безпеки (safety data sheet), яким, згідно Директивам Європейського Економічного Співтовариства 91/155/ЕЕС, повинен бути забезпечений кожен продукт.

Загальні дані про токсичність і вплив мастильних матеріалів на живий організм і на людину представлені в документах CONCAWE - Досьє на продукт № 97/108. «Мастильні базові оливи» (Product dossiers No 97/108 Lubricating oil basestocks) і в рапорті № 5 / 87 «Аспекти впливу мастильних матеріалів на здоров'я» (Health aspects of lubricants Report No 5 /87).

При використанні мастильних матеріалів на базі мінеральних олив необхідно враховувати можливу подразнюючу дію вуглеводневих сумішей та індивідуальних присадок. Частилки металів, продукти згоряння у відпрацьованих оливах можуть посилити подразнення. Необхідно також враховувати шкідливий вплив поліциклічних ароматичних вуглеводнів, що містяться в оливах селективного очищення. Гранична концентрація одорантів, що містяться в мінеральних оливах, при їх попаданні настільки низька (0,001 до 0,1 мг/л), що розчинені в такій воді вуглеводні ніякої небезпеки для здоров'я людини і тварин не становлять.

Токсикологічні властивості синтетичних олив залежать від властивостей індивідуальних класів хімічних сполук, їх компонентів, молекулярної маси і т. д.

При обводнюванні різко змінюється якість моторних олив з присадками. Навіть невелика концентрація води (0,1...0,2%), що потрапила в оливу, може знижувати вміст окремих присадок (до 40...50%) за рахунок випадання в осад. Спостерігаються випадки, коли на дні ємностей з моторними оливами накопичуються мазеподібної опади, основна частина яких - гідролізуванні мало стабільні компоненти присадок.

4.3. Перелік заходів безпеки при роботі з експлуатаційними матеріалами.

При роботі з вогнестійкими оливами повинні дотримуватися вимоги виробничих інструкцій, а також санітарних норм та правил. До системи регулювання, що працює на вогнестійкій оливі, повинні пред'являтися підвищені вимоги щодо контролю щільності фланців і вентилів в період монтажу і експлуатації. Трубопроводи, що транспортують вогнестійкі оливи, повинні мати коричневе забарвлення з трьома жовтими кільцями. Оливобаки систем регулювання й змащення та картери підшипників повинні мати витяжну вентиляцію, що запобігає викид аерозолів у приміщення турбінного відділення. Тиск охолоджувальної води в оливоохолоджувачі повинен перевищувати тиск оливи на 0,1 МПа ( $1 \text{ кгс/см}^2$ ) або схема охолодження повинна бути двоконтурною.

На робочих місцях чергового і ремонтного персоналу повинні знаходитися фільтрувальні протигази або промислові респіратори з відповідним фільтруючим елементом. При попаданні вогнестійкого мастила на гарячі поверхні виділяється дим, за наявності якого персонал, що знаходиться в зоні інтенсивного задимлення, повинен надіти протигази і вжити заходів до усунення витoku оливи. Персонал, що має прямий контакт з вогнестійкими мастилами, зобов'язаний дотримуватися правил особистої гігієни. Персонал, зайнятий роботами з вогнестійкою оливою, прийшовши на роботу, повинен зняти особистий одяг, взуття і надіти спецодяг і спецвзуття (комбінезон або брюки з курткою з бавовняної тканини, натільну білизну, шкарпетки, черевики на монолітній гумовій підшві або гумові чоботи).

При роботах, в процесі яких можливий прямий контакт з вогнестійкою оливою, слід надягати нарукавники, фартухи, гумові рукавиці на основі натурального каучуку або квалітексу та гумові чоботи. Забороняється надягати рукавички на руки, забруднені оливою. Зміна робочого одягу повинна проводитися щотижня. При сильному забрудненні спецодягу в результаті аварійного викиду або течі повинен замінюватися відразу ж.

Забороняється зберігати і приймати їжу, а також палити на робочому місці. Прийом їжі і паління дозволяється тільки у спеціально відведених

місцях. Перед цим необхідно ретельно вимити руки теплою водою з милом і щіткою.

Деталі, вузли, контрольно-вимірювальні прилади та пристрої автоматики, що передаються для ремонтних і налагоджувальних робіт в інші цехи або для зберігання, повинні бути ретельно відмиті від вогнестійкої оливи.

Прилади контролю параметрів вогнестійких олив проходять ремонт, наладку та перевірку в лабораторії окремо від інших приладів проінструктованим персоналом. Відмивати деталі та інструмент від вогнестійкої оливи слід 5% розчином тринатрійфосфата або емульгатором. Для проведення ремонту апаратури, що працює на вогнестійкій оливі, бригада повинна мати свій окремий від загального інструментального господарства комплект необхідних інструментів. Після закінчення роботи інструмент повинен бути добре відмитий.

При попаданні вогнестійких олив на шкіру слід витерти це місце серветкою, а потім вимити кілька разів теплою водою з милом.

При перервах у роботі та після закінчення її забруднені засоби індивідуального захисту повинні бути ретельно вимиті гарячою водою з милом або тринатрійфосфатом. Рукавички слід вимити до їх зняття, а підошви взуття протерти при догляді з робочого місця. Після закінчення зміни кожен працюючий з вогнестійкою оливою повинен зняти і прибрати спецодяг в шафку для робочого спецодягу і прийняти душ. Зберігати домашній одяг слід в окремій шафі.

Не рідше одного разу на місяць повинен проводитися контроль повітряного середовища в приміщенні турбінного відділення на утримання вогнестійкої оливи в повітрі та відповідність його вимогам санітарних норм.

Слід щотижня протирати м'якими розчинами стаціонарні майданчики і сходові переходи турбінного відділення, їх поручні, штурвали арматури.

При роботі системи регулювання турбін на вогнестійкій оливі слід також щодня протирати підлогу мийними розчинами з застосуванням

волосяних щіток на позначці обслуговування і нульовій позначці всередині огороження оливобака системи регулювання.

Всі мастильні масла небезпечні для здоров'я людини у разі, якщо в них містяться бензин, гас або інші легкокипаровуючі нафтопродукти, сірчисті сполуки, а також коли можливе утворення масляного туману. Органи дихання людини, особливо його легені, дуже чутливі до впливу оливних парів та масляного туману. Небезпека отруєння значно збільшується за наявності в оліві сірчистих сполук, так як створюються сприятливі умови для утворення сірководню, який викликає отруєння з швидкою втратою свідомості і порушення серцевої діяльності.

Заходи безпеки і допомогу при роботах з впливом масляних парів аналогічні заходам, застосовуваним при роботах з нафтопродуктами (бензином, гасом, дизельним паливом).

4.4. Перелік заходів безпеки при використанні, зберіганні та утилізації експлуатаційних матеріалів.

Перед використанням моторної оливи потрібно обов'язково прочитати інструкцію. Не допускати попадання оливи на шкіру і в очі. Зберігати в недоступному місці для дітей, неприпустиме попадання вогню. Після використання оливи слід відправити у спеціальні утилізуючі пункти прийому подібної продукції, не слід виливати його в ґрунт і воду.

Оливи, які відпрацювали в автомобільних двигунах і злиті при заміні, підлягають відновленню (регенерації) для повторного використання. Застосування відпрацьованих моторних олив без регенерації не допускається.

Категорично забороняється використання відпрацьованих олив як котельного або іншого технологічного палива.

Як правило, автотранспортні підприємства повинні здавати відпрацьовані оливи підприємствам або іншим організаціям, що здійснюють централізовану регенерацію. Здача відпрацьованих олив оформлюється

документально. У виняткових випадках регенерація може проводитися і безпосередньо в автотранспортних підприємствах.

Забороняється змішувати злиті з двигунів, відпрацьовані оливи, які підлягають регенерації, з олівами, злитими з механізмів трансмісії автомобілів, з відпрацьованими індустріальними олівами і з консистентними мастилами.

Автомобільні оливи без присадок, регенеровані безпосередньо в автотранспортних підприємствах, можуть застосовуватися за їх прямим призначенням для рядних двигунів автомобілів старих моделей (у суміші зі свіжими олівами тих же марок) в пропорції до 25% регенерованої і не менше 75% свіжої оливи.

Автомобільні оливи з присадками, регенеровані безпосередньо в автотранспортних підприємствах, можуть застосовуватися за їх прямим призначенням тільки в суміші зі свіжою оливою з присадкою тієї ж марки в пропорції до 20% регенерованої і не менше 80% свіжої.

Автомобільні оливи без присадок або з присадками, регенеровані на підприємствах і повністю задовольняють вимогам ОСТУ для відповідних свіжих олів (за наявності паспорта, що підтверджує їх якість), слід застосовувати нарівні зі свіжими олівами тієї ж марки.

Відпрацьовані нафтові оливи є одним з істотних джерел забруднення навколишнього середовища. Їх слив в ґрунт і водойми перевищує за обсягом аварійні скиди та втрати нафти при її видобутку, транспортуванні і переробці. У зв'язку з цим велике значення має повне або часткове відновлення якості відпрацьованих олів з метою їх повторного використання.

Технічні оливи застосовують у промисловості та побуті для змащення механізмів і в якості робочих рідин в різних гідросистемах, в електроенергетиці для ізоляції та охолодження електросилового обладнання. Зазвичай це нафтові оливи, що містять протіокислювальні, загущаючі,



антикорозійні та інші присадки , що поліпшують експлуатаційні властивості оливи, а також рослинні оливи як добавок.

У процесі експлуатації оливи стикаються з металами, піддаються впливу повітря, температури та інших факторів, під впливом яких з плином часу відбувається зміна властивостей оливи: розкладання, окислення, полімеризація і конденсація, обвуглювання, розрідження паливом, обводнення і забруднення сторонніми речовинами. Перераховані фактори діють в комплексі і взаємно підсилюють один одного , погіршуючи якість оливи в процесі її експлуатації. Так , наявність води сприяє окисленню оливи, а також розвитку в ній біоуражень, які розвиваються на кордоні олива-вода. Механічні домішки , до складу яких у більшості випадків поряд з сажею входять метали у вигляді продуктів корозії, є каталізаторами окислення оливи, в процесі якого утворюються кислоти і різні смолисто-асфальтенові з'єднання.

Загальний вміст утворюючих небажаних домішок може складати 5...30% залежно від терміну та умов експлуатації оливи. Оливи, що містять забруднюючі домішки, не здатні задовольняти пропонованим до них вимогам і повинні бути утилізовані і замінені свіжими оливами. Для утилізації відпрацьованих нафтопродуктів (ВНП ) використовують різні методи, рис. 4.1.

Утилізація відпрацьованого мастила проводиться різними способами, які передбачають:

- Проведення спеціальної переробки;
- Утилізацію без переробки.

Утилізація оливи без переробки може проводитися при використанні механічних (поховання на спеціальних майданчиках) і термічних (спалювання в спеціальних печах) способів .

Утилізація оливи, яка передбачає проведення спеціальної переробки, проводиться з використанням таких методів:

- Фізико-хімічних;

- Термохімічних;
- Біологічних.

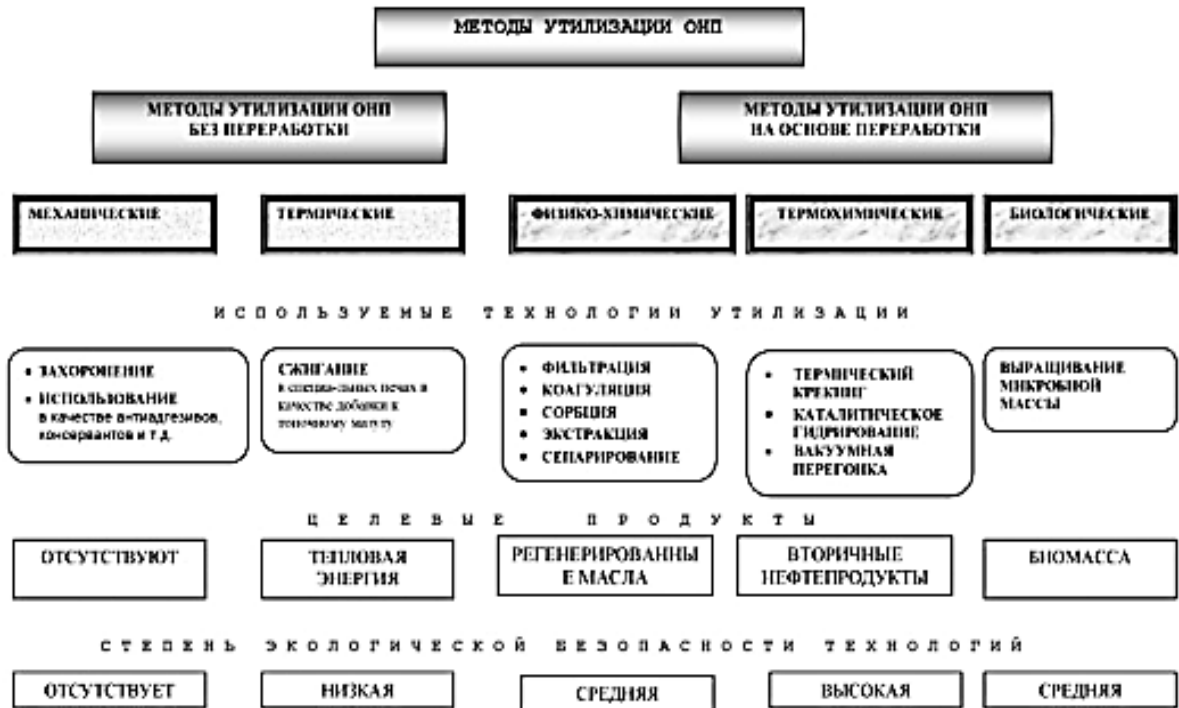


Рис. 4.1. Методи утилізації мастил та пластичних змазок.

Фізико-хімічні методи дозволяють регенерувати оливи при використанні:

- Фільтрації;
- Сорбції;
- Коагуляції;
- Сепарування;
- Екстракції.

Повторне використання регенованої оливи може привести до істотної економії. При застосуванні термохімічних методів отримують вторинні нафтопродукти, використовуючи вакуумну перегонку, каталітичне гідрування або термічний крекінг. У цьому випадку застосовуються найбільш наукомісткі технології. За допомогою біологічних методів на базі відпрацьованих олив вирощується біомаса, яка може використовуватися для різних цілей.

Підприємства, які займаються утилізацією олив, оснащуються спеціалізованим сучасним обладнанням. Всі роботи проводяться кваліфікованим персоналом, що пройшов спеціальну підготовку.

Відпрацьовані нафтові оливи є одним з істотних джерел забруднення навколишнього середовища - ґрунту, водних джерел і ґрунтових вод. Величезний екологічний збиток наносить слив відпрацьованих олив в ґрунт і водойми, який за даними зарубіжних дослідників, перевищує за обсягом аварійні скиди та втрати нафти при її видобутку, транспортуванні і переробці. У зв'язку з цим велике значення має повне або часткове відновлення якості відпрацьованих олив (регенерація) з метою їх повторного використання за прямим призначенням або для інших цілей.

Однак існує організаційна проблема, і полягає вона в налагодженні правильної системи збору ВМП. Існуюча практика показує, що в справжніх умовах важко розраховувати на селективний і технологічно своєчасний збір ВМП, а, отже, на високу якість одержуваного вихідної сировини. Як правил, це буде суміш відпрацьованих олив та інших нафтопродуктів, розчинників, промивних рідин та інших домішок. При цьому необхідно враховувати що, з одного боку, ціна такої сировини буде досить високою за рахунок значних витрат на організацію їх збирання, а з іншого, виділення з подібної сировини цінних базових компонентів для виробництва товарних мастил вимагає застосування складних, багатостадійних і дорогих технологій. Водночас, продукт, отриманий в результаті переробки, повинен бути високоліквідним на ринку, в тому числі зарубіжному. Кількість же відходів цього процесу має бути мінімальним і легко утилізованим.

Все вищеописане створює практично безальтернативну основу для застосування низько енергоємних установок термічного крекінгу з отриманням пічного палива для малогабаритних теплових і силових агрегатів, широко застосовуваних на Заході.

У процесі термічного крекінгу і дистиляції відпрацьовані гідравлічні рідини, моторні та мастильні оливи перетворюються в повноцінне паливо,

подібне дизельному, яке може використовуватися для опалення будівель і споруд. Технологія характеризується високою ефективністю виходу цільового продукту, який досягає 75...85% від кількості сировини, що переробляється, а також невеликою кількістю відходів (кокс і вода). В якості сировини використовуються тільки відпрацьовані оливи, і є можливість зміни характеристик кінцевого продукту в залежності від цілей його застосування.

Відпрацьована олива збирається в приймальні ємності відділення прийому і усереднення відпрацьованої оливи, де вона перемішується і нагрівається. Усереднена і підігріта олива подається в випарний апарат відділення зневоднення, в якому при температурі 110°C і вакуумі відбувається відділення оливи від води і легкокипящих вуглеводнів (в основному, фракцій бензину). Пари води і бензину після конденсації розділяються у відділенні очищення водного дистиляту. Бензин і вода після додаткової доочищення реалізуються як товарні продукти. Зневоднена олива з вмістом води не більше 1% подається в відділення термічного крекінгу. У котлі крекінгу при температурі 380...420 °C без доступу повітря відбувається деструкція молекул висококипячих вуглеводнів з утворенням більш легких вуглеводнів, що входять до складу пічного палива і бензину, і їх випаровування. Одночасно з цим процесом з котла безперервно видаляються не розложені висококипячі вуглеводні, утворюють бітумну фракцію в кількості 8-12% від маси переробляючих олив.

Пари вуглеводнів і газів крекінгу, проходячи через встановлений на котлі дефлегматор, охолоджуються до температури 270 °C і надходять в конденсатор. Тут відбувається конденсація і поділ продуктів крекінгу на фракції бензину та пічного палива. Нескондесуючі пари вуглеводнів і газів крекінгу подаються на високотемпературне спалювання. Бензин після відділення від нього води в сепараторі реалізується як товарний продукт. Пічне паливо відкачується до відділення стабілізації, де в стабілізаторі в присутності невеликої кількості стабілізуючої речовини відстоюється

протягом деякого часу. Подальше очищення пічного палива від шламу здійснюється в високошвидкісній центрифугі і на адсорбційному фільтрі. Очищене пічне паливо є основним товарним продуктом такого виробництва.

Єдиним відходом технологічного процесу є невелика (близько 0,5%) кількість коксу, який періодично видаляється з котла крекінгу. При коксуванні відбувається зв'язування містячих в ММО шкідливих речовин в нетоксичну форму, придатну для поховання.

До переваг такої технології відносяться: простота технологічного процесу і його апаратного оформлення; можливість переробки широкого спектру відпрацьованих олив з пред'явленням обмежених вимог до їх якості; маловідходні та екологічна безпека виробництва; отримання з високим виходом основного товарного продукту - пічного палива; обмежена площа розміщення виробництва і його повна автоматизація; порівняно невеликий обсяг капіталовкладень.

Проте продукти фізико-хімічних перетворень олив і домішки, що потрапляють ззовні, становлять незначну частину в загальному обсязі технічних мастил та за допомогою певних методів можуть бути видалені. Зазвичай сучасні технологічні процеси відновлення якості відпрацьованих нафтових олив з метою їх подальшого використання за прямим призначенням є багатоступеневими і в загальному вигляді включають достатньо складні етапи.

Окремі етапи процесу регенерації відпрацьованих олив можуть виключатися, поєднуватися або виконується в іншій послідовності в залежності від конкретних фізико-хімічних властивостей регенованої оливи та особливостей технологічних операцій, обраних для відновлення якості цієї оливи.

В даний час для регенерації відпрацьованих олив використовують фізичні, фізико-хімічні та хімічні методи. Основні з цих методів і вживані при їх реалізації технологічне обладнання представлені в таблиці 4.1.

Особливий інтерес представляє спосіб регенерації моторної оливи безпосередньо в процесі його експлуатації. Однією з форм цього способу є введення трибохімічного відновника (ТХВ), що складається з лужних реагентів і кристалічного йоду, в мастильну систему двигуна внутрішнього згоряння. Основною ідеєю використання трибохімічних відновників в системах змащення механізмів є досягнення ефекту «безизносності» тертьових поверхонь деталей при одночасному відновленні та стабілізації фізико-хімічних властивостей мастильних оливо шляхом створення саморегулюючої і самовідновлювальної системи (наприклад, двигун і циркулююча в ньому олива).

Таблиця 4.1.

Методи та обладнання для регенерації відпрацьованих технічних мастил.

Методи	Використані технології	Обладнання
Фізичні	Вплив силових полів (гравітаційного, відцентрового, електричного, магнітного)	Відстійники Гідроциклони Центрифуги Електроочишувачі Магнітні очишувачі
	Фільтрування через пористі перегородки	Фільтри Фільтри-водороздільники
	Теплофізичні технології (нагрівання, випарювання, водна промивка, атмосферна і вакуумна перегонка і т.п.)	Випарні колонки Вакуумні дистилятори Масообмінні апарати
	Комбіновані технології	Гідродинамічні фільтри Фільтруючі центрифуги, Магнітні фільтри Трибоелектричного очишувачі
Фізико-хімічні	Коагуляція	Змішувачі-відстійники
	Сорбція	Адсорбери
	Іоннообмінна очистка	Іоннообмінні апарати
	Екстракція	Екстрактори
Хімічні	Сірчаноокислотна очистка	Кислотні реактори
	Лужна обробка	Лужні реактори
	Гідрогенізація	Гідрогенізатори
	Обробка карбамидами металів	Реактори-змішувачі

Першою дією, не мають специфічного характеру, буде нейтралізація лужним реагентом карбонових кислот з утворенням натрієвих солей

органічних кислот, які є мийно-диспергуючими і антидепресорними присадками.

Другою, специфічною дією даної композиції на моторну оливу є переривання йодом ланцюжка освіти кислот, причому йод в результаті хімічних реакцій повертається в кристалічну форму, виступаючи, таким чином, як інгібітор полімеризації та окислення моторної оливи.

Циркулююча олива, взаємодіючи з елементами трибохімічного відновника, відновлює і стабілізує свої фізико-хімічні властивості і одночасно стає носієм модифікаторів тертя, які забезпечують утворення протизносних, протикорозійних, і антифрикційних покриттів різного складу на поверхнях пар тертя і внутрішніх поверхнях деталей механізмів.

Як лужних реагентів можуть використовуватися сплави натрію та олова ( $\text{Na} + \text{Sn}$ ) або суміші ( $\text{NaOH} + \text{SnO}_2$ ) з введенням в них різних за властивостями модифікаторів тертя і установкою дозатора йоду. Лабораторні та моторні дослідження по впливу даної композиції на моторні оливи показали можливість тривалої стабілізації їх фізико-хімічних властивостей на високому рівні. При цьому, разом з традиційно вимірюваними показниками (наприклад, в'язкість і лужне число) вивчалось і вміст у оливі різних продуктів окислення, неграничних з'єднань і хелатних сполук олова.

При введенні в мастильну систему ТХВ досягається певна послідовність сполучених хімічних реакцій циклічного характеру. Сталій їх перебіг створює єдиний самоорганізуючий процес метаболічного типу, коли початкові і кінцеві продукти окремих реакцій постійно беруть участь в єдиному круговороті перетворень. Необоротні втрати, що у цьому механізмі за рахунок часткового вигорання оливи та утворення плівок, поповнюються дозованим введенням реагентів в реакторне простір двигуна.

Рівень стабілізації фізико-хімічних властивостей моторної оливи, таких як лужне число, в'язкість, мийно-диспергуючі властивості, можна задавати і змінювати, варіюючи часом контакту оливи з реагентами і температурою в місці контакту.

Трибохімічні відновники можуть бути розроблені і застосовані для систем змащення дизельних і карбюраторних двигунів внутрішнього згоряння, верстатів та інших механізмів, що мають циркуляційних систем мастила. Застосування ТХВ дозволяє використовувати низькосортні оливи і забезпечувати на якийсь час роботу двигуна при недостатньому надходженні оливи до вузлів тертя (масляне голодування). Також можливе поєднання ТХВ з регенеруючими оливами і, враховуючи рівень відновлення експлуатаційних властивостей моторних олив, вивчається можливість використання ТХВ у складі регенераційних установок для підвищення лужного числа і утворення мийно-диспергируючих присадок.

Відпрацьовані нафтопродукти (мастильно-охолоджуючі рідини, машинні та моторні оливи), які не підлягають регенерації та вторинному використанню, а також залишкові нафтопродукти (котельне паливо, мастильні мазути, гудрони, вазеліни) та інші нафтопродукти кубового залишку можна утилізувати за допомогою біологічних методів і таким чином отримати серію цінних біопрепаратів і фізіологічно активних сполук. Технологія заснована на вирощуванні мікробної біомаси на відходах нафтопродуктів, що є джерелами органічного вуглецю. Кінцевим продуктом біотрансформації є мікробна маса, яка може бути використана для різних цілей. По-перше, нативну біомасу у вигляді суспензії, пасти або порошку застосовують як активних і ефективних біопрепаратів для очищення об'єктів навколишнього середовища від забруднень нафтою та іншими екотоксикантами. Після інактивації мікробна маса використовується в якості ефективного добрива в парково-декоративному і квітникарському господарстві, а також у якості компонентів компостів, застосовуваних для підвищення врожайності технічних культур. По-друге, мікробна маса є ідеальним і дешевим вторинним хімічним сировиною для отримання серії цінних і дорогих фізіологічно активних сполук (амінокислот, протеїнів, ферментів, вітамінів, ліпідів, лікарських препаратів і т.д.). Така технологія може бути реалізована на новостворюваних підприємствах, на що



простоюють нині заводах з виробництва кормових добавок на основі парафінів або у вигляді маломодульних установок безпосередньо в місцях скупчення нафтопродуктів.

Таким чином, існує безліч підходів до вирішення проблеми утилізації відпрацьованих технічних мастил. Окрім зменшення кількості шкідливих викидів у навколишнє середовище, регенерація та повторне використання олив дозволить отримати додатковий прибуток. При правильній організації процесу вартість відновлених олив буде на 40-70 % нижче вартості свіжих олив при практично однаковій їх якості. В індустріально розвинених країнах частка регенованих олив від загального обсягу їх виробництва становить близько 30 %. На жаль, у нас в даний час відпрацьовані оливи практично не регенерують.

## РОЗДІЛ 7. ВИСНОВКИ ПО БАКАЛАВРСЬКІЙ РОБОТІ

У представленій роботі було виконано низку натурних лабораторних випробувань, які охоплювали аналіз експлуатаційних характеристик, визначення меж ефективності та загальної доцільності використання анаеробних фіксаторів для різьбових з'єднань у механізмах автотранспортних засобів. Об'єктом досліджень стала вибірка анаеробних препаратів, які призначені для фіксації та герметизації різьблених з'єднань, що використовуються в автотранспортних засобах та доступні для придбання на українському ринку автозапчастин. Для цього комплексу аналітичних та практичних випробувань було обрано двадцять один зразок препаратів від восьми виробників, які, згідно з супутньою технічною документацією, можуть бути використані для фіксації та герметизації різьблених з'єднань діаметром від п'яти до двадцяти восьми міліметрів.

У процесі виконання бакалаврської роботи були виконані наступні завдання:

1. Проведено аналіз теорії роботи та різновидів кріпильних деталей різьбових з'єднань, що використовуються у техніці автотранспорту.
2. Встановлено та систематизовано перелік виробників, представлених на українському ринку, а також їх анаеробних препаратів для фіксації та захисту різьбових з'єднань.
3. Розроблено та створено спрощену методіку випробувань для визначення загальної доцільності використання та меж ефективності роботи анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань.
4. З урахуванням фізичних процесів у різьбових з'єднаннях автомобілів було скомпоновано групу піддослідних зразків та необхідного обладнання для здійснення, як теоретичного аналізу, так і практичних випробувань.
5. Проведено практичні випробування роботи обраних зразків препаратів і систематизовані отримані результати.

Наявні результати щодо бакалаврської роботи можна узагальнити наступним чином:

- доведена необхідність проведення періодичних випробувань з метою встановлення необхідності застосування, визначення ефективності використання, меж застосування та якості експлуатаційних матеріалів, технічних рідин і відновлюючих препаратів, які використовуються у механізмах та системах автотранспортної техніки.
- визначено практичним шляхом межі ефективної роботи анаеробних фіксаторів для герметизації та недопущення мимовільного розкручування різьбових з'єднань.
- на основі якісних характеристик анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань обґрунтовано вибір певних препаратів відповідного виробника для конкретних умов застосування.
- скомпоновано методику здійснення теоретичного аналізу та практичних випробувань для встановлення загальної доцільності застосування та визначення меж ефективної роботи анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань.
- наведено рекомендації щодо використання анаеробних фіксаторів різьбових з'єднань конкретного виробника для заданих умов експлуатації.

Серед усіх розглянутих препаратів лідером став фіксатор різьбових з'єднань «IMG MG-414 High Strength», виготовлений у США. Цей препарат продемонстрував високу ефективність, здатність до фіксації та герметизації різьбових з'єднань у механізмах автотранспортних засобів. Незважаючи на початкові труднощі зі скапуванням, цей фіксатор показав стабільність та високу ефективність під час випробувань, що підтвердило його перевагу над іншими препаратами при випробуваннях.

Препарат High Temp Strength Threadlocker Red «Permatex» виробництва США зайняв друге місце в рейтингу. Об'єм цього препарату такий самий, як і у переможця – 6 мл. Виробник рекомендує його для фіксації різьб діаметром від 10 до 38 міліметрів. Він має густу консистенцію, яка рівномірно

наноситься на різьбову поверхню і надійно фіксує з'єднання. Щоб відкрити гайку, потрібно застосовувати момент, що найменш у 25 Нм.

Ще лише шість з двадцяти одного препарату витримали початковий момент на 5 Нм, а лише два пройшли межу у 10 Нм. Фіксатори суттєво відрізнялися за консистенцією та заповненням різьби, але не завжди було встановлено прямий зв'язок між в'язкістю та ефективністю фіксації. Усі протестовані фіксатори ефективно захищали різьбові з'єднання від окислення та герметизували їх.

Варто зазначити, що на пакуванні виробники часто вказували завищені значення моменту для відкрутки. Точна інформація про застосування препарату має бути зазначена в описі або інструкції. Важливо враховувати, що результати дослідження не можуть бути узагальнені на всю продукцію виробників.

Не слід уникати використання анаеробних фіксаторів при збиранні різьбових з'єднань. Дослідження показало, що будь-яке оброблене з'єднання можна гарантовано відвернути, а дія фіксатора залежить від площі обробленої поверхні. Результати, що були отримані у представленій роботі будуть включені до лекційного матеріалу з курсу професійних дисциплін для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт».

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ ПОСИЛАННЯ

1. Pacejka H.V. The magic formula tyre modell. / H.V. Pacejka, E. Bakker // Prog. 1st Collog. Models for Vehicle Dynamics Analysis. Delft, 1991. - Amsterdam : Swits and Zeitlinger. - 1993. - P. 1-18.
2. Акатов Е. И., Белов П. М., Дьяченко Н. Х. Работа автомобильного двигателя на неустановившемся режиме. - К. : Машинобудування, 1998. - 216 с.
3. Бібліотека Криворізького національного університету (м. Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 37). – Режим доступу: <http://lib.knu.edu.ua/>,
4. Бойченко С.В., Иванов С.В., Бурлака В.Г. Моторные топлива и масла для современной техники. /Монография/. – К.; НАУ, 2005. – 216 с.
5. Грамолін А.В., Кузнецов А.С. Пальне, масла, змазки, рідини, матеріали для експлуатації та ремонту автомобілів. - К.: Машинобудування, 1995. - 63 с.
6. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория, [учеб. для вузов] / А.И. Гришкевич. - Мінськ. : Наука., 1986.-208 с.
7. Гурвич И.Б. Долговечность автомобильных двигателей. К., «Машинобудування». 1987. 112 с.
8. Гутаревич Ю. Ф. Екологія автомобільного транспорту: навч.посібник / Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г.- К.: Основа, 2002. -312 с.
9. Державна науково-технічна бібліотека України - <https://dntb.gov.ua>
10. ДСТУ 12.1.003-03\*. ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2008.
11. ДСТУ 12.1.004-01. ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
12. ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.

12. ДСТУ 12.4.113-02. ССБТ. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2002.
13. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1999.
14. ДСТУ 2860–94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
15. Електронна бібліотека ELIBUKR - <http://www.elibukr.org>
16. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю : ДСТУ 3649-97 / К.: Держстандарт України, - 1998.- 20 с.- (Національні стандарти України).
17. Канарчук В. Е., Арсенюк Ю. В. Визначення технічного стану двигуна без розбирання.— Механізація мл. госп-ва, 1998, № 11, с. 18—19.
18. Канарчук Е. А., Канарчук В. Е. Влияние режимов работы на износ автомобильного двигателя. К-, Киев. торг.-экон. ин-т, 1990. 228 с.
19. Кисликов В. Лищик В. Будова й експлуатація автомобілів. «Либідь», 2000 -150 с.
20. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник – К.: Либідь, 2000. – 400 с.
21. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління». Київ,-Знання-Прес, 2004. - 508 с.
22. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
23. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. - 511 с.
24. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління. – К.: Знання-Прес, 2004. – 478 с.
25. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. - К.: Знання-Прес, 2003. - 511 с.