

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра надійності і ремонту машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня "Магістр"  
на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ НЕРУХОМИХ  
З'ЄДНАНЬ АНАЕРОБНИМИ ГЕРМЕТИКАМИ ПРИ РЕМОНТІ  
АВТОМОБІЛІВ ТА ТРАКТОРІВ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МгМз-1-19  
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

\_\_\_\_\_ Дрищ Віталій Васильович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Толстенко Олександр Васильович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„ 1 ” 10 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Дрищ Віталія Васильовича

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів герметизації нерухомих з'єднань анаеробними герметиками при ремонті автомобілів та тракторів

керівник роботи к.т.н. доцент Толстенко О.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від "8" жовтня 2020 року № 2556

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Аналіз роботи базового підприємства. Методи та способи герметизації нерухомих з'єднань. існуючі типи герметиків та їх характеристики. Рухомий склад підприємства. Показники стану охорони парці в базовому підприємстві. Техніко-економічні показники роботи базового підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичні дослідження довговічності нерухомих з'єднань. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

№ п/п	формат	Позначення	Найменування	К-сть аркушів	Номер Арку ша	Примі тка
			<b>Текстові докумен- ти</b>			
	A4	49ДР.006 000. 000 ПЗ	Пояснювальна за- писка	93		
			<b>Демонстраційні матеріали</b>			
			Презентація в фор- маті <u>Microsoft</u> <u>PowerPoint</u>	13		

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на тему: Обґрунтування параметрів герметизації нерухомих з'єднань анаеробними герметиками при ремонті автомобілів та тракторів.

В дипломній роботі були розглянуті існуючі методи герметизації деталей двигунів автомобілів і тракторів та обґрунтовані найбільш ефективні.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, що підтверджують роботоздатність метода герметизації фланцевих з'єднань та можливість введення його до системи технічного сервісу агрегатів.

Також були розроблені заходи з охорони праці і розрахована техніко-економічна оцінка проектних рішень.

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку об'ємом 93 сторінок, а також 13 презентаційних листів виконаних у програмі Microsoft Power Point.

Ключові слова - ГЕРМЕТИК, АНАЕРОБНИЙ ГЕРМЕТИК, ПРОКЛАДКА, ПАРОНІТ, НЕРУХОМЕ ФЛАНЦЕВЕ ЗСДНАННЯ і т.д.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1. Коротка характеристика АТ "Дніпропетровськгаз".....	10
1.2. Організація праці робітників зайнятих на ТО та ремонті РС.....	14
1.3. Короткі відомості про анаеробні герметики.....	15
1.4. Герметичність нерухомих розумних фланцевих з'єднань із прокладками із традиційних матеріалів і герметиків.....	20
1.5. Висновки та задачі роботи.....	29
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ .....	31
2.1. Дефекти фланцевих з'єднань та необхідність їх герметизації.....	31
2.2. Сили, що діють на фланцеве з'єднання та їх розрахунок.....	35
2.3 Вибір і розрахунок фланцевого з'єднання.....	36
2.4. Теоретичне обґрунтування мінімальної товщини шару герметика і величини взаємного переміщення фланців.....	48
2.5. Висновки по другому розділу.....	50
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ .....	52
3.1 Загальна програма дослідження.....	52

3.2. Вибір і коротка характеристика об'єктів дослідження.....	53
3.3. Методика дослідження деформаційних властивостей герметиків.....	56
3.4. Залежність герметичності нерухомих фланцевих з'єднань від високих температур.....	62
3.5. Висновки по розділу.....	64
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>65</b>
4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на ділянці ремонту агрегатів.....	68
4.3. Правила безпечного виконання робіт слюсаря – ремонтника на агрегатній ділянці .....	69
4.4. Дії у разі настання надзвичайної ситуації.....	75
4.5. Висновок.....	75
<b>РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ.....</b>	<b>76</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>84</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>86</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>91</b>

## ВСТУП

За останні 10 років валова продукція сільського господарства зменшилась на 40 %, а зношування основних фондів перевищило їхнє відновлення більш ніж в 10 раз. Поставки сільському господарству тракторів в 2020 році в порівнянні з 1990 р. знизилися в 24 рази, зернозбиральних комбайнів - в 53 рази, кормозбиральних - в 30 разів, вантажних автомобілів - в 100 разів [1...4].

Парк тракторів до рівня 1990 р. знизився на 35 %, зернозбиральних комбайнів - в 2 рази, кормозбиральних - на 42 %. Забезпеченість основними її видами сьогодні становить 45...60 % від нормативної потреби [5]. Середній вік тракторів і зернозбиральних комбайнів становить 10 - 12 років [6].

Різке скорочення МТПП приводить до систематичного порушення технології виробництва сільськогосподарських робіт, агротехнічних строків збирання, росту собівартості продукції [7].

В умовах, що створилися, основна частина сільгоспвиробників не в змозі придбати нову техніку, а заводи сільгоспмашинобудування - організувати виробництво машин у колишніх обсягах [8]. Ціна ж закордонної техніки з урахуванням митних стягнень і ПДВ в 5-7 раз вище аналогічної вітчизняної чи виробництва СНД [9].

При цьому ремонтно-обслуговуюча база АПК втрачає технологічний рівень і усе більше відділяється від сільського господарства. Більш 50 % її потужностей змінили профіль своєї спеціалізації [3]. Ремонтні підприємства не в змозі освоювати нові технологічні процеси ремонту машин, купувати дороге встаткування й матеріали. Тому в ситуації, що склалася необхідно розробляти й освоювати нові способи відновлення деталей і з'єднань, що не вимагають наявності складного технологічного встаткування, що дозволяють не тільки знизити витрата фінансових коштів і працезатрати, але й підвищити довговічність відремонтованої техніки.

На довговічність і ефективність використання сільськогосподарської техніки значний вплив виявляє герметичність нерухомих фланцевих з'єднань двигунів і інших агрегатів. Однак 44 % тракторів працюють із порушеними ущільненнями коробок передач, 69 % - гальмових камер і 31 % - гідросистем [10].

У результаті аварійних розливів і витоків при експлуатації сільськогосподарської техніки щорічно втрачається 100 тис. т паливо-мастильних матеріалів, губиться понад 5 млн. т сільськогосподарської продукції [11]. За даними фірми Loctite (США) втрати робочих рідин через недосконалість ущільнень в агрегатах автомобілів досягають 30 % [12]. Актуальність економії паливо - енергетичних ресурсів сьогодні істотно зросла. Їхня питома вага у виробництві сільськогосподарської продукції становить більше 45 %. Річна потреба в дизельному паливі тракторного парку країни становить 3,5 млн.т [13]. Крім того, через порушення герметичності з'єднань погіршуються умови змащення сполучених тертьових поверхонь, мастильні матеріали засмічуються абразивними частками, що збільшує інтенсивність зношування й знижує довговічність деталей.

При підвищенні ступеня герметичності з'єднань можна зменшити витрата паливо-мастильних матеріалів, підвищити ресурс деталей і зменшити негативний вплив машин на екологічну обстановку.

Герметичність нерухомих роз'ємних фланцевих з'єднань забезпечують найчастіше прокладками з листових і формованих матеріалів (пароніт, картон, азбест, фібра, гума, шкіра й ін.). Їхнє використання вимагає суворої паралельності поверхонь, що сполучаються, певної мікро - і макрогеометрії, відсутності ушкоджень, а також високий контактний тиску, який можна забезпечити при певній твердості деталей. Особливі труднощі представляє забезпечення паралельності поверхонь, що сполучаються, при ремонті машин у результаті деформації деталей і їх механічних ушкоджень під час експлуатації.



Тому в машинобудуванні для ущільнення нерухомих фланцевих з'єднань останнім часом усе більш широко застосовують герметики, які одержали найменування рідких прокладок. Перед нанесенням герметики перебувають у вязкотекучому стані. При цьому вони здатні заповнювати мікро- і макронерівності поверхонь і зазори, не вимагають високих контактних тисків при складанні з'єднань. Після нанесення герметики, під впливом певних факторів (теплоти, вологи агентів, що вулканізують, порушенням контакту з киснем повітря і т.д.) переходять із вязкотекучого в гумоподібний стан, у якому мають високу механічну міцність, еластичність, хімічну стійкість у робочих середовищах, дозволяють герметизувати з'єднання з меншою точністю виготовлення.

Дана робота присвячена вивченню фізико-механічних властивостей, герметизуючої здатності, довговічності, старіння й стійкості до впливу робочих рідин анаеробних герметиків Анатерм-501 і Loctite-518, розробці технологічного процесу герметизації нерухомих фланцевих з'єднань із їхнім використанням, розробці рекомендацій з використання вітчизняного й імпортного герметиків.

Анатерм-501 виробники в Україні ДП "Колоран" та ТОВ "Спецсервіс Україна" і Loctite-518 – виробник Henkel, Німеччина.

**Публікації.** За результатами роботи надруковано статтю: Дрищ В.В. Сучасні технології та матеріали у герметизації нерухомих з'єднань агрегатів мобільних машин / Дрищ В.В. // Модернізація та наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку суспільства і технологій: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2021. – С. 113–116.

# РОЗДІЛ 1

## СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Коротка характеристика АТ "Дніпропетровськгаз"

"Історія газифікації Дніпропетровщини починається з довоєнних 40-х років. З відкриттям у другій половині 1956 року Шебелинського родовища було прийнято рішення про термінову переорієнтації газопостачання всієї інфраструктури регіону, зокрема, виробництва чавуну і сталі (чому в світі не було ще аналога) і житлового сектора, на природний газ [14].

Для інтенсивного розвитку газифікації в Дніпропетровській області в 1957 році була створена контора по експлуатації газового господарства «Дніпрогаз», яка через кілька структурних «трансформацій» за чотири роки дала початок державному підприємству «Дніпропетровськгаз», яке в 1994 році стало відкритим акціонерним товариством.

Сьогодні - це відоме в області та за її межами господарство, одне з найпотужніших експлуатаційних підприємств в області і країні. На підприємстві працюють майже 6 тисяч фахівців різного профілю. Колектив професіоналів нашої компанії якісно виконує свою найважливішу задачу - безперебійна і безаварійна експлуатація понад 18 тисяч км газорозподільних газопроводів і вводів. Наша область - одна з найбільших споживачів природного газу в Україні. І приблизно половину блакитного палива транспортують саме газові мережі АТ «Дніпропетровськгаз» [14].

Передача природного газу по газорегулюючих пунктах підприємства здійснюється від десятків газорозподільних станцій, що належать УМГ «Харківтрансгаз», ГПУ «Харківгазвидобування», ГПУ «Полтавагазвидобування», НГВУ «Полтаванафтогаз». Починаючи з 2004 року, підприємство модернізує існуючі установки катодного захисту газотранспортних мереж. Вони дозволяють заощаджувати до 60% електроенергії на кожній. Для підтримки

працездатності системи захисту газопроводів від електрохімічної корозії АТ «Дніпропетровськгаз» власними силами щорічно виконує ремонт анодних заземлень.

Сьогодні в апараті управління АТ "Дніпропетровськгаз" працює сервісний центр з перевірки та ремонту лічильників, а також лабораторії з перевірки та ремонту лічильників у Дніпродзержинському, Нікопольському, Павлоградському та інших УЕГГ та дільницях.

Ще один важливий напрямок роботи - попередження виникнення нещасних випадків при використанні газу в побуті. Фахівці компанії звертаються до споживачів через ЗМІ, випускають листівки, проводять лекції на підприємствах і в школах. Мета всіх цих заходів одна - пропаганда методів безпечного користування газовими приладами і апаратами. Проводяться навчання споживачів рис. 1.1.



Рис. 1.1. Навчання споживачів

На роботу в компанію приходять фахівці з дипломами вишів і технікумів. Однак і в АТ «Дніпропетровськгаз» теж піклуються про професійну підготовку: на базі Марганецької дільниці працює навчально-курсний комбінат професійного навчання, обладнаний сучасною технікою, де викладають досвідчені фахівці; в багатьох управліннях працюють навчально-тренувальні містечка. "Дніпропетровськгаз" [15] має численні дипломи та нагороди за

високий авторитет і визнання як в Придніпровському регіоні, так і у всій Україні. Відзнаками «Заслужений ветеран праці» та «Ветеран праці» вшанували 532 працівника компанії. 12 липня 2010 року акціонерне товариство набуває статусу публічного.

16 травня 2019 року Публічне акціонерне товариство змінило тип і найменування підприємства на Акціонерне товариство "Оператор газорозподільних систем "Днепропетровскгаз"." [14].

АТ «Дніпропетровськгаз» забезпечує газом майже 600 тисяч споживачів області і посідає друге місце серед підприємств нафтогазової галузі України з розподілу природного газу.



Рис. 1.2. Бригада слюсарів на виїзді

На базі АТ "Дніпропетровськгаз" проходять змагання з перевірки та підвищення професійної майстерності.

Так 18 та 19 травня 2020 на базі Марганецького навчально-курсого комбінату ПАТ «Дніпропетровськгаз» відбулись регіональні змагання. На сучасному тренувальному полігоні команди аварійно-диспетчерських служб в умовах, наближених до реальних, мали можливість перевірити свою готовність до ліквідації реальних надзвичайних ситуацій [15] рис.1.3.



Рис. 1.3. Фрагмент змагань

Філія АТ "Дніпропетровськгаз" знаходиться у смт. Томаківка, вул. Українки, буд. 10Б. на філії відбуваються не тільки роботи з обслуговування газорозподільчої системи, а і роботи по підтриманню рухомого складу у робочому стані. Так на підприємстві є ремонтна майстерня в якій проводяться ремонти рис. 1.4.

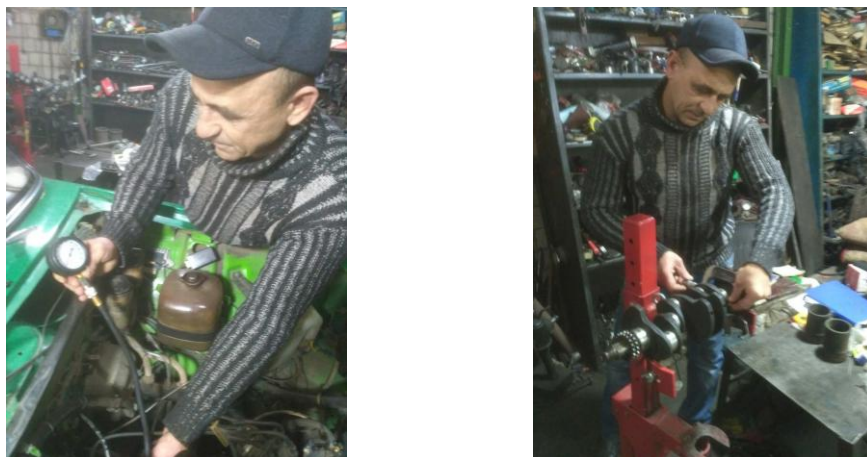


Рис. 1.4. Процес ремонту техніки в майстерні

## 1.2. Організація праці робітників зайнятих на ТО та ремонті РС

В ремонтній майстерні підприємства, ремонт РС проводиться агрегатним методом. Агрегатний метод полягає в тому, що несправні вузли та агрегати і прилади авто, замінюють справними, які беруть в оборотному фонді АТП. При відсутності запасної частини на складі цеху, відділ постачання вирішує цю проблему через фірму.

В умовах агрегатного методу значно скорочується простої машини. Тип виробництва за яким організується ТО-2 та ТО-3 одиничні. Для ремонту шин в цеху є вулканізаційне відділення.

ТО поділяється на такі види:

- контрольний огляд (виконує кожен день механік перед виїздом авто на лінію на контрольно-транспортному пункті (КТП).

- ТО-1 – виконується бригадою з 3 чоловік на спеціальному місці.

- ТО-2, ТО- 3 – проводиться в майстерні трьох оглядових ямах, бригадою з 5 чоловік.

Сезонне обслуговування проводиться два рази на рік при підготовці авто до літнього або зимнього періоду експлуатації.

Час простою авто на ТО-2 і ПР формується загальною кількістю днів на 1000 км пробігу та залежить від типу рухомого складу.

Керівництво бригадою здійснює старший майстер по ремонту машин.

В Дніпрообленерго використовуються типові норми праці на кожну зміну видається завдання на обсяг робіт на основі типових норм часу, місцевих норм праці.

На кожну роботу розроблені норми часу технічним відділом підприємства. На кожний автомобіль чи трактор заведено агрегатний листок в якому є відомість про всі види ремонтних робіт, які проводяться на даному автомобілі. Система оплати праці ремонтного персоналу в АТП погодинна – преміа-



льна. Оплата проводиться з рахунку часової тарифної ставки за фактично відпрацьований час.

Крім погодинної оплати, робітникам установлюються премії за виконану указаних в шкалі преміювання.

Таблиця 1.1- Режим праці та відпочинку ремонтного персоналу

Найменування підрозділу	Час початку	Закінчення
	праця	відпочинок
Ремонтний персонал по ремонту машин	8.00-17.00	12.00-13.00

### 1.3. Короткі відомості про анаеробні герметики

Баварське агентство по захисту навколишнього середовища «Druckluft im Handwerk» [16] провела дослідження й розрахувала економічні втрати від витоку масла на промислових підприємствах. Результати досліджень наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2- Економічні втрати від витоку масла на промислових підприємствах

Характер течі	Втрати в день, літри	Втрати в рік, літри	Втрати в рік, грн.*
Одна крапля в 10 секунд	0,56	204,98	4509
Одна крапля в 5 секунд	1,12	409,97	9019
Одна крапля в секунду	5,62	2049,84	45096

\*Виходячи з розрахунку вартості масла в середньому 22 грн за 1 літр.

Анаеробні матеріали являють собою рідкі або в'язкі композиції, здатні тривалий час залишатися у вихідному стані й швидко затвердівати в зазорах між металевими поверхнями, що сполучаються, при порушенні контакту з киснем повітря.

Здатність анаеробних матеріалів заповнювати мікронерівності й мікротріщини на робочих поверхнях деталей, зазори в сполученнях деталей, фіксувати взаємне положення деталей з різними видами з'єднань (різьбовими, фланцевими, із гладкими поверхнями), швидке затвердіння з утворенням міцного з'єднання, стійкість до агресивного впливу навколишнього середовища (волозі, нафтопродуктам, перепаду температури) забезпечили можливість створення якісно нової технології ремонту деталей технологічного встаткування й машин [17].

По фізичним й технологічним властивостям герметики підрозділяють на ті, що не висихають, висихають, вулканізуються рис. 1.5.

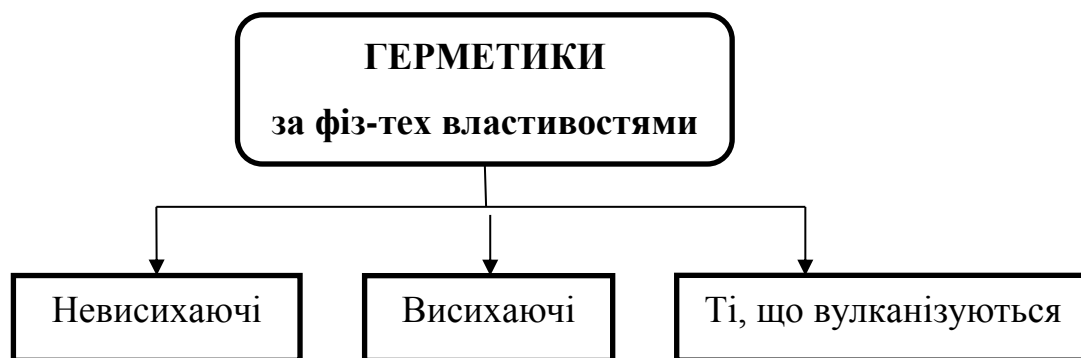


Рис. 1.5. Класифікація герметиків за фізико-технологічними властивостями

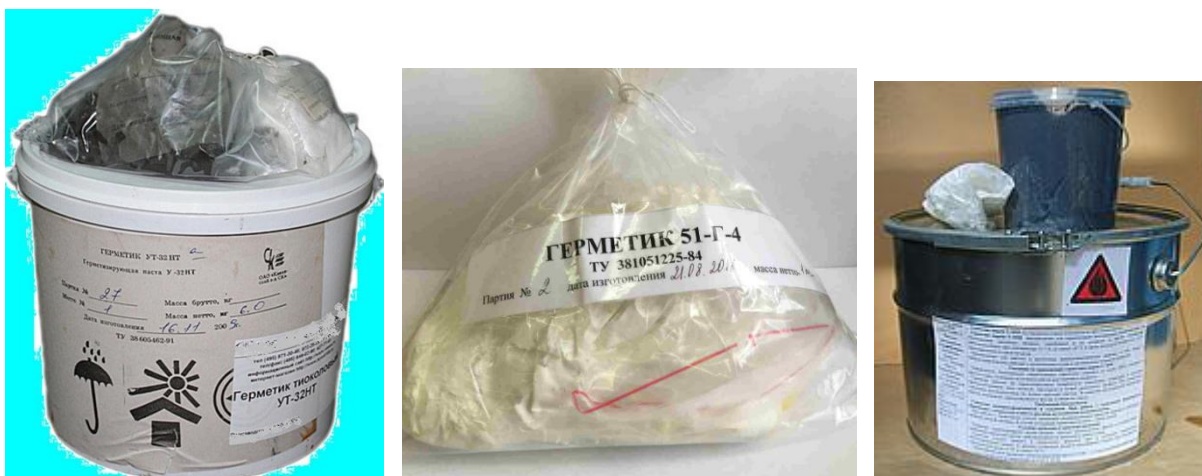
З герметиків, що не висихають найбільшого розповсюдження набули герметики марок У-У-22, У-У-20А, 51 -Г-6, 51 -Г-7 и 51 -Г-4М. Вони стійкі в кислотах і лугах, але втрачають свої герметизуючі властивості в паливах рис. 1.6 а.

Герметики, що висихають, являють собою розчини гумових сумішей в органічних розчинниках. Однак, під впливом нагрівання, палива й масла ці герметики розм'якшуються, що знижує їх герметизуючу здатність рис. 1.6 б.

Герметики ті, що вулканізуються, залежно від типу каучуку підрозділяються на: тиоколові (полісульфідні), фторкаучукові, фторсилоксанові, силуксанові, силіконові й ін. рис. 1.6 в. З вітчизняних герметиків найбільше поширення одержали силіконові герметики автогерметик-прокладка й авто-



гермесил.



а

б

в

Рис. 1.6. Герметики

Полимерізуючі герметики композиції на основі смол акрилового або металакрилового ряду, здатні тривалий час перебувати у вязкотекучому стані в присутності кисню повітря. При порушенні контакту з киснем у вузьких зазорах герметики полімерізуються, відбувається затвердіння розчину. Полімерізуючі герметики через свої властивості одержали назву анаеробних.

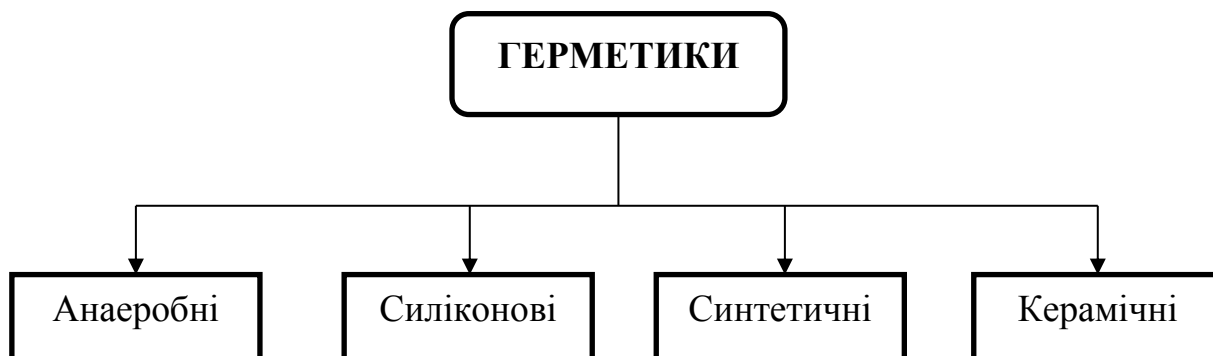


Рис. 1.7. Класифікація герметиків, що полімерізуються

**Анаеробні.** Це сполуки на основі з'єднань складних ефірів. Переходять у твердий стан, стикнувшись із поверхнями з металу для заповнення дуже маленьких зазорів. Речовина забезпечує герметизацію мікроскопічних тріщин і застигає тільки коли попадає в них, що відносять до їх переваг.

**Силіконові.** Цей вид клею найчастіше застосовують поза професійною діяльністю. Речовина часто відносять до універсальних, з ним легко працювати, силікон підходить для більшості поверхонь. Герметики на основі силікону ділять за рівнем еластичності, температурі застигання, кольору.

**Синтетичні.** Ці сполуки універсальні, їх наносять для герметизації різних деталей в автомобілі. Речовину роблять на основі синтезованих смол; властивості матеріалу в складі забезпечують герметику надійність у будь-якій області застосування.

**Керамічні.** Їх роблять на основі синтезованих з'єднань, додаючи кераміку в процесі створення. Застосовують для ремонту системи вихлопу в авто, обробці каталізаторів, усуненню тріщин і прогару на верхньому кожусі.

Таблиця 1.3 Класифікація герметиків, що використовуються в машинобудуванні та ремонтному виробництві

Герметик	Загальний вигляд	Марка	Призначення
Анаеробний		Loctite, Анатерм, Permadox, Тангит, Dirko, Унигерм, Elting, Abro, Quickseal, Uni-Fitt та інші	Герметизація фланцевих з'єднань
Силіконові		REINZOSIL, REINZOPLAST, Dirko-S Profi Press HT, CYCLO HI-Temp C-952, Curil, MANNOL 9914, Gasket maker RED	Герметизація кузовних деталей (скла, фари, світильники та інше)

Синтетичні		SMARTBUSTER, Smartbuster Sil, APP PU 50, та інші	Герметизація конкретної деталі, шини, ремонт кузова, приклеювання теплоізоляції та ущільнену швів
Керамічні		DoneDeal DD6785, HI-GEAR HG9043, ABRO ES-332 R та інші	Ремонт та герметизація вихлопної, каталізатора, ремонт тріщин, прогарів та інше

Нажаль хімічна промисловість України майже зруйнована і такі речі як герметики майже не випускаються, а ті що випускаються мають походження з інших країн і випускаються за ліцензією або завозяться в країну і продаються вже як власне виробництво. Хімічна промисловість України випускає небагато анаеробних герметиків, найбільше поширення з них одержав Анатерм-501, доречі за даними [18, 19] саме герметик Анатерм – є перспективним і тим, що відповідає критерію якість-ціна.

Сьогодні Український ринок насичений різноманітним асортиментами закордонних герметиків. Найбільш доступним з них є Loctite-518 виробництва фірми Teroson (США) та Loctite-518 виробництва фірми Henkel СЕЕ GmbH, яка представляє свою продукцію в Україні з 1999 року і випускає клейові композиції під марками Момент, Loctite і Ceresit [20].

Вартість вітчизняного анаеробного герметика майже в 2,5 - 3 рази нижче вартості його закордонного аналога, так Анатерм- 501 коштує 8500 грн/кг, а Loctite-518 коштує 20000 грн/кг. Однак відомості про переваги й недоліки,

рекомендації з використання вітчизняного герметика Анатерм- 501 і його закордонного аналога Loctite-518 у літературних джерелах відсутні.

#### **1.4. Герметичність нерухомих розумних фланцевих з'єднань із прокладками із традиційних матеріалів і герметиків**

Прокладки із традиційних матеріалів не завжди забезпечують довговічну й безвідмовну герметичність фланцевих з'єднань. У результаті аварійних розливів і витоків при експлуатації сільськогосподарської техніки щорічно губиться до 220 тис. т паливо-мастильних матеріалів, губиться понад 5 млн. т сільськогосподарської продукції [11]. Нафта й нафтопродукти належать до основних техногенних забруднювачів ґрунту [21]. Тому для поліпшення екології ґрунту й економії паливо-мастильних матеріалів необхідно забезпечити високий ступінь герметизації фланцевих з'єднань сільськогосподарської техніки.

Однак спостереження показують, що в тракторів різних марок більше 50 % від загальної кількості несправностей пов'язані з незадовільною герметичністю з'єднань [22] рис. 1.8. В 44 % тракторів порушені ущільнення коробок передач, в 22 % гальмових камер і в 31 % гідравлічних систем [10] рис. 1.9. Найбільша кількість дефектів герметичності нерухомих фланцевих з'єднань спостерігається у двигунів (60 %) і агрегатів гідросистеми (22 %) [23].

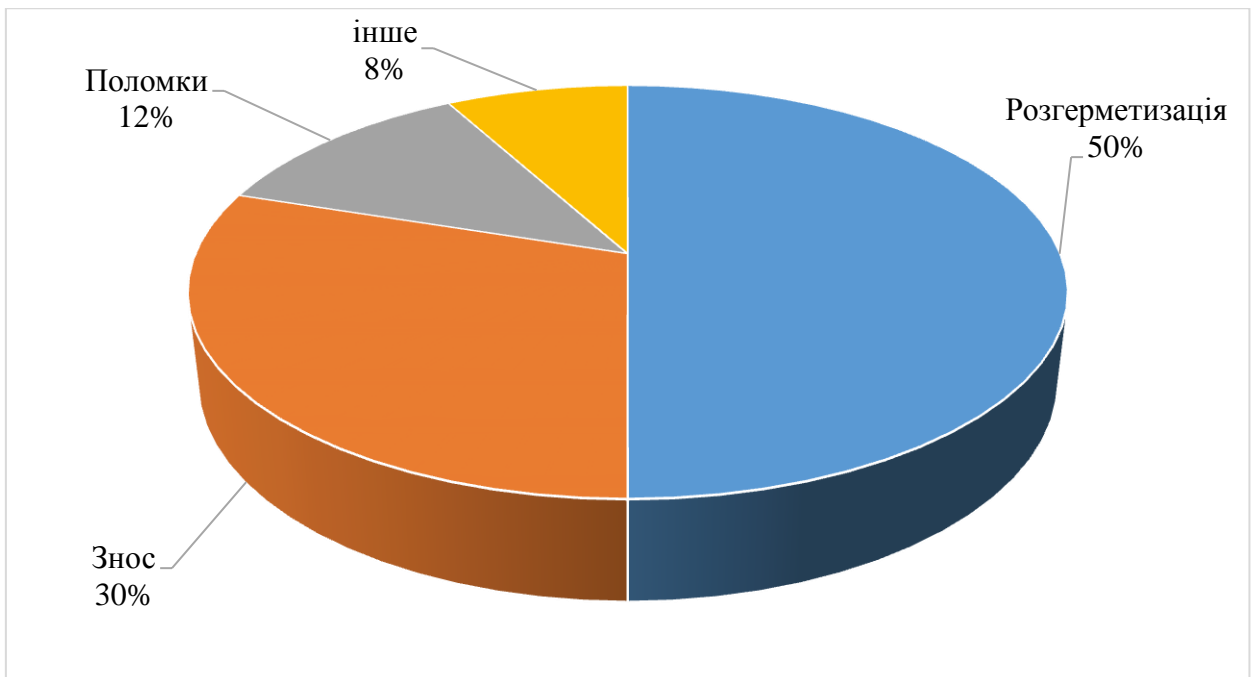


Рис. 1.8. Види поломок тракторів

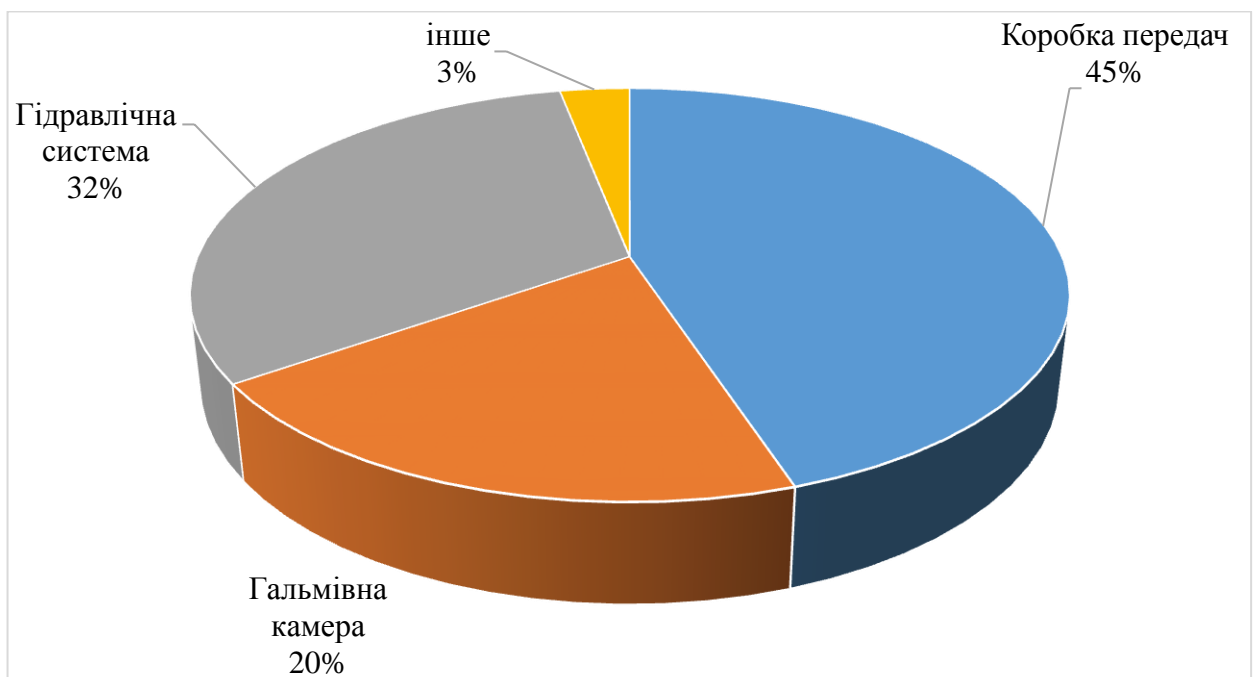


Рис. 1.9. Відмови агрегатів тракторів внаслідок розгерметизації

Витікання масла з мастильної системи двигуна обумовлені в 53 % випадків самовідгвинчуванням і недостатнім зусиллям затягування болтових з'єднань; в 38,5 % дефектами поверхонь деталей, що ущільнюються, похибкою їх геометричної форми й розмірів, і в 8,5 % неякісним складанням [24] рис. 1.10.

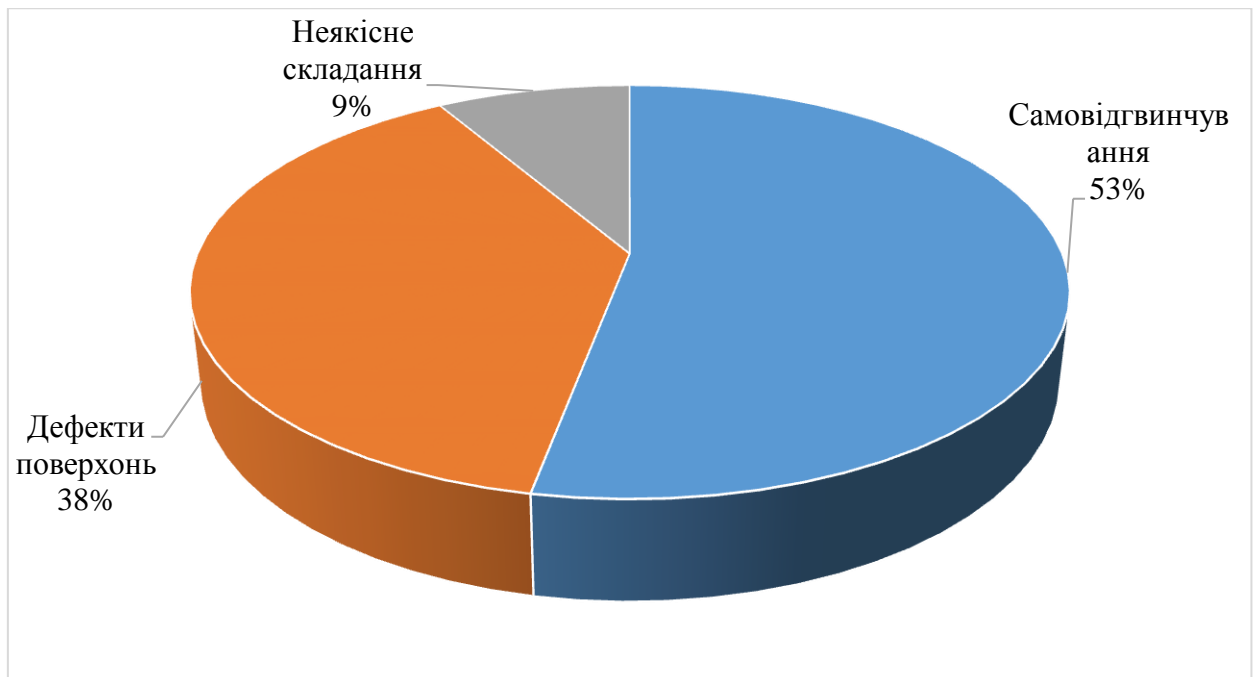


Рис. 1.10. Причини втрати масла

Однією із причин недостатнього зусилля затягування різьбових сполучень є низька якість виготовлення різьб, що створює в ряді випадків прослаблене нарізне сполучення з недостатнім самогальмуванням [24]. У результаті відбувається прискорене ослаблення затягування болтів і навіть їх самовідгвинчування. Цьому сприяє використання болтів і гайок, що були в експлуатації, які мають деформовані й зношені різьби, а також вібрація двигуна. Ці фактори приводять до зменшення контактного тиску на поверхні фланців і зниженню герметичності з'єднання.

Недостатнє зусилля затягування різьбових сполучень на ремонтних підприємствах пов'язане з відсутністю динамометричних ключів, а зусилля, що розвивається пневматичним гайковертом, часто буває недостатнім для створення необхідного контактного тиску й забезпечення необхідної герметичності з'єднання.

Ризки, забоїни, раковини й інші ушкодження на поверхні фланців впливають на герметичність фланцевих з'єднань із прокладками із традиційних матеріалів.

Герметичність фланцевих з'єднань знижується через неплоскість фланців. Контроль партії піддонів картерів двигунів показав, що їх неплоскість становить 0,3...1,8 мм, а зазор між піддоном картера й блоком двигуна досягає 0,25 мм [25].

Прокладки із традиційних матеріалів (міді, алюмінію, картону, пароніту, пергаменту, фібри, гуми й ін.) не завжди забезпечують достатню герметичність фланцевих з'єднань таблиця 1.4. Це зв'язане насамперед з низьким контактним тиском на поверхні фланців, причинами якого служать: недостатня твердість деталей із фланцевими з'єднаннями; жолоблення й непаралельність поверхонь фланців, їх незадовільна макрогеометрія й висока шорсткість; релаксація напружень у прокладках і їх старіння при тривалій експлуатації; недостатнє затягування різьбових сполучень і порушення послідовності затягування болтів при створенні контактного тиску.

Таблиця 1.4. Матеріали прокладок фланцевих з'єднань

Матеріал прокладки	Діапазон застосування		Характеристика
	Розрахунковий тиск $p$ , МПа	Розрахункова температура $t$ , °C	
Гума	< 0,6	$-300^{\circ}\text{C} < t < 100^{\circ}\text{C}$	Матеріал не дорогий, не дефіцитний, легко оброблюється. Регламентується ГОСТ 7338
Пароніт	< 10	$-200^{\circ}\text{C} < t < 400^{\circ}\text{C}$	Плоский композиційний ущільнюючий матеріал, що виготовляється шляхом вулканізації і вальцювання під тиском суміші, яка складається з азбесту, каучуку і порошкоподібних наповнювачів. Регламентується ГОСТ 481

Азбест	< 1,6	$t < 550^{\circ}C$	Застосовується у вигляді картону або шнура. Корозійностійкий матеріал, ущільнюється невеликим тиском. Недолік: канцерогенна речовина
Картон паперовий	< 1,2	$-30^{\circ}C < t < 80^{\circ}C$	Використовується як сухий, так і промашений. Дешевий не дефіцитний матеріал. Регламентується ГОСТ 9347
Фторопласт	< 10	$-200^{\circ}C < t < 250^{\circ}C$	Використовується тільки в з'єднаннях «шип-паз». Недоліки: висока вартість, дефіцитність. Регламентується ГОСТ 24222
Метали	< 250	$-200^{\circ}C < t < 540^{\circ}C$	Виготовляються зі сталі, алюмінію, міді, латуні, свинцю, нікелю

У порівнянні із традиційними прокладочними матеріалами, прокладки з герметиків забезпечують більш високу герметичність фланцевих з'єднань. Так, якщо в з'єднаннях із прокладками з картону помітні підтікання масла через зазори 0,06...0,08 мм при тиску 3 кПа, то при нанесенні на прокладку ущільнювальної змазки В-У-20А тиск підвищується до 40 кПа.

Прокладки з герметиків на відміну від традиційних матеріалів володіють герметизуючою здатністю при контактному тиску, близькому до нуля, у результаті заповнення зазорів, нерівностей і інших ушкоджень, а також адгезії герметика до поверхонь фланців. Крім цього, прокладки з герметиків мають ряд переваг у порівнянні із прокладками із традиційних матеріалів [24, 27, 28]:

- мають хімічну стійкість;
- не вимагають високих контактних тисків;
- мають високу механічну міцність і еластичність;



- забезпечують простоту герметизації фланцевих з'єднань;
- дозволяють розширити припустимі параметри поверхонь, що сполучаються по них, макро- і мікрогеометрії, непаралельності, неплоскостності, точності виготовлення.

Завдяки своїм перевагам прокладки з герметиків знаходять усе більш широке застосування в машинобудуванні й ремонті машин.

**Ущільнююча рідка прокладка ГИПК-244** застосовується для герметизації з'єднань нерухомих деталей, що працюють у водній, водно-паровій, повітряній й масло-бензинових середовищах (корпус паливного насоса, фланець кріплення регулятора; картер заднього мосту картер редуктора; кришка коробки передач картер коробки передач і ін.).

Технологія герметизації й ущільнення з'єднань деталей і вузлів із застосуванням прокладки ГИПК-244 полягає в наступному [29]:

поверхні деталей, що сполучаються, очищають від старих прокладок до металевого блиску шліфувальною шкуркою Э5М1А №16 або пневматичною кутовою щіткою УШЦР-1. Неплоскостність поверхонь, що сполучаються, не повинна перевищувати 0,15 мм, знежирюють ацетоном за допомогою дрантя або тампона. Після розігріву прокладки до 80<sup>0</sup>С її наносять на поверхні деталей, що сполучаються, у комбінації із твердою традиційною прокладкою. Після цього, згідно з технічними вимогами роблять складання з'єднання. Витрата прокладки становить 300...400 г на 1 м<sup>2</sup> поверхні.

При складанні з'єднання важливо виключити стікання рідкої прокладки на зовнішню або внутрішню поверхню деталей, а також потрапляння герметизуючого матеріалу в отвори каналів мастильної й паливної систем і т.д. Герметизуюча здатність з'єднання із прокладкою ГИПК-244 збільшується в 7...12 раз.

Особливість технології герметизації з'єднань деталей із застосуванням герметиків «**Еластосил 13783**» і компаунда **КЛТ75Т** полягає в тому, що вони наносяться на одну з очищених і знежирених поверхонь деталей, що

сполучаються шприцом, шпателем або з тюрбика шаром 1...3 мм замість твердих традиційних прокладок. Витрата цих матеріалів становить 500 г/м поверхні. З'єднання збирають після нанесення герметика протягом 20 хв. Розчин вулканізується при температурі 20°C протягом 6 г.

Герметик «Еластосил 137-83» використовується для герметизації нерухомих з'єднань деталей, що працюють у водяному, повітряному, масляному середовищах (блок циліндрів, корпус водяного насоса; кришка корпуса масляного насоса, корпус масляного насоса й ін.).

Компаунтом КЛТ-75Т герметизують з'єднання, що працюють у водяному, повітряному, масляному й паливному середовищах (корпус розподільника, штуцер нагнітальної магістралі гідросистеми, корпус гідронасоса, фланець нагнітальної магістралі й ін.).

**Прокладку ВАТТ-3** використовували для герметизації ковпака масляного фільтра двигуна автомобіля Урал-4320, з'єднання масляної магістралі двигуна автомобіля УАЗ-452, картера маховика двигуна Краз-6505 і інших з'єднань. Експлуатаційні випробування автомобілів показали, що при пробігу 40...50 тис. км підтікань робочих рідин через ці з'єднання не спостерігалось [30].

Сьогодні широке поширення одержали вітчизняні та виробництва СНД **вулканізуючі герметики** автогерметик, автогермесил, і їхні закордонні аналоги Superflex, Ultra Black і Ultra Copper.

Технологія герметизації фланцевих з'єднань із застосуванням цих герметиків полягає в наступному [31, 32, 33].

Підготовка поверхні фланців полягає у видаленні старої прокладки, тому що тиск розгерметизації фланцевого з'єднання залежить від товщини прокладки. При збільшенні товщини прокладки тиск розгерметизації знижується. Герметизуюча здатність прокладок з герметиків мало залежить від чистоти поверхні фланців, тому їх досить очистити синтетичним мийним засобом

МС-37. Наносити герметик рекомендується видавлюванням з туби або пневматичним шприцем у вигляді валика на поверхню одного фланця.

Після нанесення прокладку з автогерметика витримують на повітрі 6 год, автогермесила 8 год, Superflex 20 год, Ultra Black 22 год і Ultra Copper 24 год. За цей час відбувається повна вулканізація герметиків. У процесі складання в цьому випадку формується більш товста прокладка й виключається потрапляння герметика усередину агрегатів.

Герметизуючі властивості прокладок з герметиків у значній мірі залежать від контактного тиску, створюваного затягуванням різьбових сполучень. Так, якщо при контактному тиску 17 МПа тиск пробою прокладки з Superflex становить 20 МПа, та при контактному тиску 69 МПа воно збільшується до 53 МПа [32]. Тому момент затягування різьбових сполучень слід призначати з урахуванням тиску робочого середовища й контактного тиску.

Герметичність фланцевих з'єднань залежить від товщини прокладок. Зі збільшенням товщини прокладки тиск розгерметизації знижується. Так, при збільшенні товщини прокладки з досліджених у роботах [32, 33] силіконових герметиків від 0,1 до 0,5 мм тиск розгерметизації з'єднання знижується на 47...75 %.

Більшість фланцевих з'єднань машин мають низьку твердість. Тому були проведені дослідження по визначенню герметизуючої здатності прокладок з різних матеріалів на прикладі з'єднання верхня плита головки циліндра кришка клапанів двигуна [26]. З'єднання плити із кришкою герметизували прокладками з пароніта товщиною 2 мм, картону товщиною 1 мм і прокладками з автогерметика, автогермесила, Superflex, Ultra Black і Ultra Copper. Як показали дослідження [26], найбільш низьку герметизуючу здатність при моменті затягування 10 Нм мають картонні й паронітові прокладки. З'єднання із цими прокладками пропускають моторне масло навіть без надлишкового тиску. З'єднання ж із прокладками з автогерметика витримують тиск робочого сере-

довища 9,5 МПа, з автогермесила 13,0 МПа, Superflex 16,0 МПа, Ultra Black 14,5 МПа й Ultra Copper 12,5 МПа.

Подальше збільшення моменту затягування різьбового сполучення сприяє росту тиску розгерметизації нерухомих фланцевих з'єднань із усіма прокладками. При моменті затягування 50 Нм прокладки з вулканізуючих герметиків мають більш високу герметизуючу здатність.

Незважаючи на широкий спектр переваг силіконових герметиків, вони не можуть застосовуватися для герметизації з'єднань, що працюють у контакті з бензином і дизельним паливом у зв'язку з їхньою низькою стійкістю в цих робочих рідинах.

Через незадовільну герметичність агрегатів і вузлів системи живлення автотракторних двигунів підтікання палива досягають 16 %. Річна ж потреба в дизельному паливі тракторного парку країни становить 3,5 млн.т [13]. Актуальність економії паливо- енергетичних ресурсів сьогодні істотно зростає. Однак проблема герметизації з'єднань, що працюють у контакті з бензином і дизельному паливом, сьогодні не вирішена.

На дослідному заводі НДІ полімерів ім. В.А. Каргіна розроблена нова анаеробная герметизуюча прокладка Анатерм-501, яка має високу герметизуючу здатність й стійкість в бензині й дизельному паливі. В Україні даний герметик випускається за ліцензією компаніями ДП "Колоран" та ТОВ "Спецсервіс Україна"

На Українському ринку представлені анаеробні герметики закордонних фірм: «Нортон» (США), «Гези» (Німеччина), «Нок Корпорейшн» (США), «Teioson» (США), Henkel (Німеччина).

Найбільше поширення одержав імпортований анаеробний герметик Loctite-518 виробництва фірми Henkel, Німеччина.

Його вартість в 2,5-3 раз перевищує вартість вітчизняного герметика Анатерм-501.

## 1.5. Висновки та задачі роботи

З аналізу літературних джерел можна зробити наступні висновки:

1. Порушення герметичності з'єднань є однією з розповсюджених несправностей техніки. Втрати робочих рідин за термін служби машин через недосконалість ущільнень досягають 30 % від їхнього загального споживання, у результаті чого щорічно втрачаються 100 тис. т паливо-мастильних матеріалів, губиться понад 5 млн. т сільськогосподарської продукції.

2. Незадовільна герметичність фланцевих з'єднань сприяє потраплянню усередину агрегатів абразивних часток, погіршенню змащення сполучених тертьових поверхонь, збільшенню інтенсивності їх зношування, зниженню довговічності деталей машин.

3. Прокладки з металу, гуми, картону, азбесту, пароніта, пергаменту, фібри, пробки й фторопласта не завжди забезпечують необхідну герметичність. Це пов'язано з неможливістю створення необхідного тиску через низьку твердість деталей, недостатнього затягування різьбових сполучень і їх самовідгвинчування, незадовільною шорсткістю й непаралельністю поверхонь, що сполучаються, порушенням макрогеометрії, жолобленням і ушкодженнями деталей у процесі їх експлуатації.

4. Прокладки з герметиків легко заповнюють макро- і мікронерівності герметизуємих поверхонь фланців, не вимагають високих контактних тисків, мають високу механічну міцність і еластичність після їхньої вулканізації.

5. Вулканізуючі герметики мають високу герметизуючу здатність, можуть застосовуватися для герметизації з'єднань у широкому діапазоні робочих температур, що контактують із водою, паром, антифризами, тосолом, мінеральними маслами, але не можуть використовуватися для герметизації з'єднань, контактуючих з бензином і дизельним паливом.

б. Для герметизації з'єднань, що працюють при високих тисках робочих середовищ і в контактi з бензином і дизельним паливом, доцільно застосовувати полімеризуючі розчини анаеробні герметики. Найбільш доступними для ремонтних підприємств є анаеробний герметик вітчизняного виробництва Анатерм-501 і його закордонний аналог Loctite-518. Вартість закордонного герметика вище вартості вітчизняного майже в 3 рази. Відомості про переваги й недоліки вітчизняного й імпорного герметиків, рекомендації з їхнього використання для герметизації нерухомих фланцевих з'єднань у літературних джерелах відсутні.

Метою роботи є розробка технології герметизації нерухомих роз'ємних фланцевих з'єднань прокладками з вітчизняного й імпорного анаеробних герметиків і рекомендацій з їхнього застосування.

Завдання дослідження:

1. Теоретично обґрунтувати вплив технологічних параметрів герметизації на довговічність фланцевих з'єднань із рідкими прокладками;
2. Досліджувати стійкість герметиків у різних робочих рідинах;
3. Досліджувати деформаційні властивості, термомеханічні характеристики й теплостійкість прокладок з Анатерм-501 і Loctite-518;
4. Розробити технологічний процес герметизації нерухомих фланцевих з'єднань прокладками з Анатерм-501 і Loctite-518;
5. Провести заходи з удосконалення стану охорони праці.
6. Провести техніко-економічну оцінку роботи.

## РОЗДІЛ 2

# ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ

### 2.1. Дефекти фланцевих з'єднань та необхідність їх герметизації

Для герметизації робітничих середовищ в автомобілях використовуються фланцеві з'єднання, прикладами яких є масляний картер двигуна, кришка газорозподільного механізму, елементи корпусів коробки передач, картеру мостів та інше. Більшість таких з'єднань експлуатуються в середовищі нафтових і синтетичних рідин, при впливі яких відбувається набрякання або розчинення ущільнювача.

Тепловий, електричний і механічний впливу також приводять до прискорення процесів старіння матеріалів ущільнювачів, а, отже, до зниження їх довговічності.

У фланцевих з'єднаннях, як правило, використовують ущільнювачі з листових і формованих матеріалів (гуми, картону, фторопласта), які не завжди забезпечують необхідну герметичність по причині недостатньої якості поверхонь, що з'єднуються, порушення макроегеометрії деталей, а також неможливості створення необхідного контактного тиску.

Через ущільнення підтікає масло і недоліки від підтікання масла можна розділити на:

Перше: через протікання обсяг моторного масла зменшується. Технологічна рідина надходить у недостатній кількості. Масляне голодування ДВЗ – серйозна несправність, що приводить до великої аварії, аж до заклинювання й руйнування окремих елементів.

Друге: значна теча масла забруднює силовий агрегат і весь моторний відсік. На масляну плівку налипає пил і бруд. Утворюється «шуба», яка заважає природньому відведенню тепла. Двигун перегрівается, система охоло-

дження працює в екстремальному режимі. У найважчих випадках можливе загоряння.

Третє: доводиться постійно доливати масло до необхідного рівня. При цьому обов'язково потрібно використовувати тільки певну марку масла, не можна додавати більш дешеві продукти. Доводиться витратити гроші позапланово.

Четверте: коли масло тече із двигуна, воно накопичується у свічкових колодязях, заважаючи правильній роботі системи запалювання. Двигун почне троїть. Крім того змащення, що витекло, ушкоджує ізоляцію проводки, демпфуючі ущільнювачі, що виконані з гуми.

П'яте: щоб унеможливити підкапотний простір від загоряння, водієві приходится регулярно мити двигун, з якого тече масло. Це додаткові витрати (мийку потрібно буде виконувати парою або апаратом високого тиску типу «Керхер»). Приклади підтікання масла наведено на рис. 2.1.





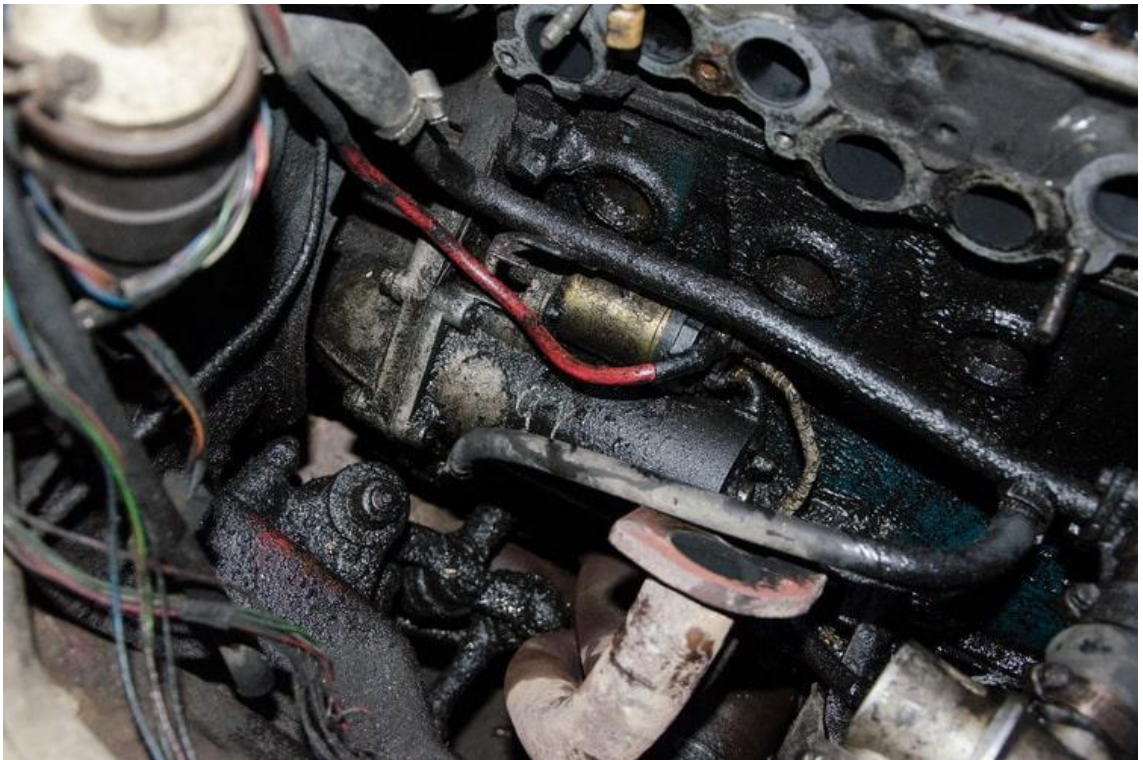




Рис. 2.1. Приклади підтікання масла

Всі ці підтікання пов'язані з недоліками твердих прокладочних матеріалів.

Герметики позбавлені цих недоліків, тому що повністю заповнюють макро- і мікронерівності герметизуємих поверхонь фланців, не вимагають високих контактних тисків, мають високу механічну міцність і еластичність.

У машинобудуванні найбільше поширення одержали силіконові й анаеробні герметики, що мають високу герметизуючу здатність у широкому діапазоні тисків і температур [27].

Практичний досвід показує, що при всіх перевагах герметиків у порівнянні із традиційними матеріалами, їх слабкою стороною є недостатня довговічність. Тому проблема підвищення надійності фланцевих з'єднань залишається актуальною.

## 2.2. Сили, що діють на фланцеве з'єднання та їх розрахунок

На фланцеві з'єднання діють сили притискання фланців, гідростатична сила та тиск у системі, схема дії сил наведено на рис. 2.2.

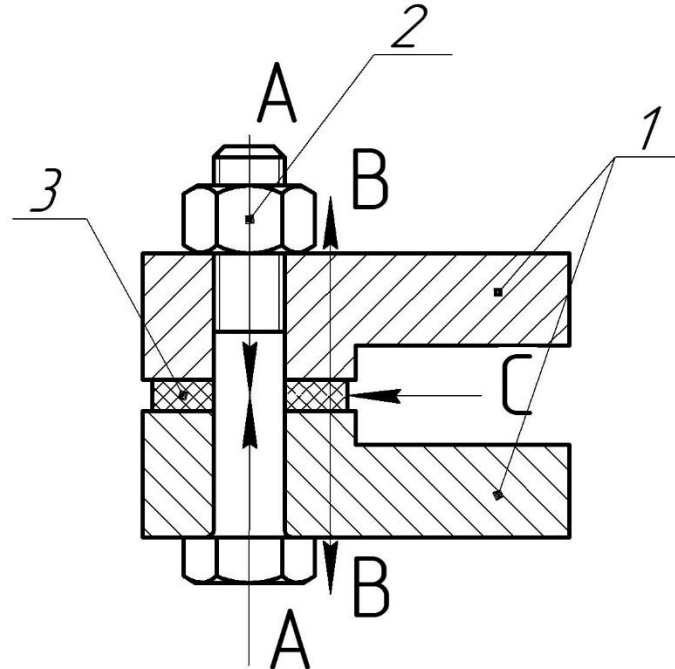


Рис. 2.2. Фланцеве з'єднання

1 – фланці, 2 – болт, 3 - прокладка

На рис. 2.2 показані три основні сили, які діють на фланцеве з'єднання. Сила А - це навантаження на фланець / болт. Він повинен стискати прокладку настільки, щоб заповнити будь-які щербини або дефекти на поверхні ущільнення, щоб запобігти можливим шляхам витіку. Сила В - це гідростатична кінцева навантаження, викликаний внутрішнім тиском рідини в системі. Ця сила прагне розсунути поверхні фланця. Сила С - це внутрішній тиск викиду, яке діє на прокладку і намагається видавити її через зазор між фланцями. Основна проблема полягає у визначенні напруження прокладки або навантаження, яка буде прикладатися до прокладки. Навантаження - сила А (навантаження на фланець / болт) мінус сила В (гідростатична кінцева навантаження). Залишається навантаження на прокладку яке повинно бути більше, ніж

сила (внутрішній тиск викиду), щоб забезпечити цілісність ущільнення; в іншому випадку може статися витік або видавлювання прокладки.

$$A - B > C. \quad (2.1)$$

### 2.3 Вибір і розрахунок фланцевого з'єднання

Для експериментальних досліджень розрахуємо ідеалізоване фланцеве з'єднання, яке складається з двох круглих фланців між якими розміщено прокладку. Розрахунок проводимо для прокладок твердих (з пароніту) та м'яких (герметики). Фланці стягнуті між собою болтами.

Робочий тиск приймемо  $p = 0,52$  МПа, і вибираємо плоскі приварні фланці (рис. 2.3)

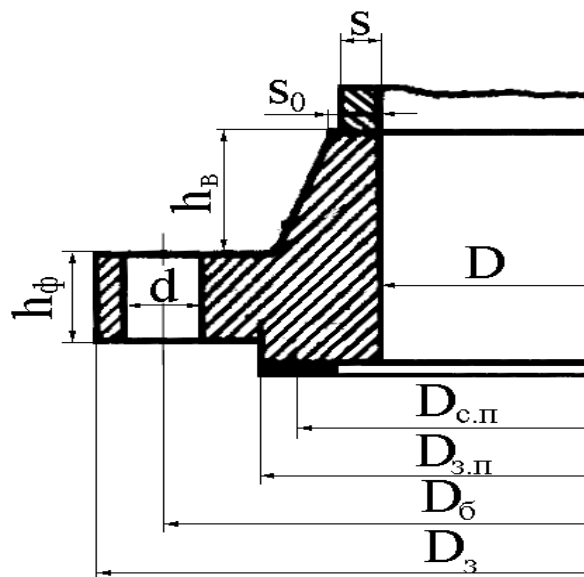


Рис. 2.3 –Фланець

Конструктивні розміри фланця.

Товщина втулки прийнята  $S_0 = 8$  мм, що задовольняє умові:

$$S < S_0 < 1,3S ; \quad (2.2)$$

$$12 < S_o < 1,3 \cdot 6 = 8_{\text{мм}}$$

Товщина  $S_1$  втулки за формулою:

$$S_1 = \beta_1 \cdot S_o; \quad (2.3)$$

де  $\beta_1 = 2,2$  при  $D/S_o = 800/8 = 100$ .

$$S_1 = 2,2 \cdot 8 = 17,6_{\text{мм.}}$$

З конструктивних міркувань приймаємо  $S_1 = 18$  мм.

Висота втулки за формулою:

$$h_B = \frac{1}{i}(S_1 - S_o) = h_B = \frac{1}{1/3}(18 - 8) = 30 \text{ мм.} \quad (2.4)$$

Еквівалентна товщина втулки фланця

$$S_{\text{эк}} = S_o \left[ 1 + \frac{h_B(\beta_1 - 1)}{h_B + 0,25(\beta_1 + 1)\sqrt{D \cdot S_o}} \right] =$$

$$S_{\text{эк}} = 12 \left[ 1 + \frac{30(2,2 - 1)}{30 + 0,25(2,2 + 1)\sqrt{800 \cdot 8}} \right] = 11 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Діаметр болтового кола за формулою:

$$D_B = D + 2(S_1 + d_{\sigma} + u); \quad (2.6)$$



де  $u = 6$  мм;

$d_{\sigma}$  - діаметр стяжних болтів, м

$d_{\sigma} = 20$  мм при  $p_p = 0,52$  МПа і  $D = 800$  мм

$$D_B = 800 + 2(18 + 20 + 6) = 888 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо  $D_B = 890$  мм.

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_H = D_B + a = D_H = 890 + 40 = 930 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

$A = 40$  мм для шестигранних гайок М20 [34]

Зовнішній діаметр прокладки

$$D_{III} = D_B - e = D_{III} = 890 - 30 = 860 \text{ мм.} \quad (2.8)$$

$e = 30$  мм при  $d_{\sigma} = 20$  мм [34]

Середній діаметр прокладки

$$D_{CII} = D_{III} - b = D_{CII} = 860 - 20 = 840 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

де  $b$  – ширина плоскої неметалічної прокладки, м;  $b = 20$  мм при  $D = 800$  мм [34].

Кількість болтів за формулою:

$$n_B = \frac{\pi \cdot D_B}{t_{III}} = n_B = \frac{3,14 \cdot 890}{76} = 36,8 ; \quad (2.10)$$

де  $t_{III}$  – крок розташування болтів, м;  $t_{III} = (3,8 \div 4,8)$ ;

$$d_{\sigma} = 3,8 \cdot 20 = 76 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $n_B = 40$  (кратне 4).

Товщина фланця за формулою:

$$h_{\phi} = \lambda_{\phi} \sqrt{D \cdot S_{\text{эк}}} = h_{\phi} = 0,32 \sqrt{800 \cdot 11} = 26,3 \text{ мм,} \quad (2.11)$$

де  $\lambda_{\phi} = 0,32$  при  $p_p = 1,2$  МПа і приварних встик фланців [34]

Приймаємо  $h_{\phi} = 30$  мм.

Відстань між опорними поверхнями гайок для фланцевого з'єднання з поверхнею ущільнювача типу «шпилька-паз»

$$l_{BO} = 2(h_{\phi} + h_{II}) = l_{BO} = 2(30 + 2) = 64 \text{ мм.} \quad (2.12)$$

де  $h_{II}$  — товщина стандартної прокладки, м,  $h_{II} = 2$  мм

Навантаження, що діють на фланець.

Рівнодіюча внутрішнього тиску

$$F_D = \frac{p_p \cdot \pi \cdot D_{СП}^2}{4} = F_D = \frac{0,52 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,84^2}{4} = 288,2 \text{ кН.} \quad (2.13)$$

Реакція прокладки за формулою:

$$R_{II} = \pi \cdot D_{СП} \cdot b_O \cdot k_{II} \cdot p_p ; \quad (2.14)$$

де  $k_{II} = 2,5$  — для пароніту [34];

$b_O$  — ефективна ширина прокладки, м.

$$b_o = 0,12\sqrt{b} = b_o = 0,12\sqrt{20} = 16,97 \text{ мм} \quad (2.15)$$

$$R_{II} = 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,01697 \cdot 2,5 \cdot 0,52 \cdot 10^6 = 58,2 \text{ кН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій за формулою:

$$F_t = \frac{y_B \cdot n_B \cdot f_B \cdot E_B (\alpha_\phi t_\phi - \alpha_B t_B)}{y_{II} + y_B + 0,5 y_\phi (D_B - D_{СП})^2}; \quad (2.16)$$

де  $\alpha_\phi = 16,6 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  і  $\alpha_B = 13,3 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  – відповідно коефіцієнти лінійного розширення матеріалу фланців і болтів [34];

$t_\phi = 0,96t$  – розрахункова температура неізольованих фланців;

$t_B = 0,95t$  – розрахункова температура болтів;

$E_B = 1,91 \cdot 10^5$  МПа — для болтів із сталі 20;

$f_B$  – площа поперечного перетину болта  $\text{м}^2$ ;

$n_B$  – кількість болтів, шт.;

$y_{II}$ ,  $y_B$ ,  $y_\phi$  – податливості, відповідно болтів, прокладки, фланців.

$$t_\phi = 0,96 \cdot 431 = 413 \text{ К};$$

$$t_B = 0,95 \cdot 431 = 409 \text{ К};$$

Податливість болтів:

$$y_B = \frac{l_B}{E_B \cdot f_B \cdot n_B}; \quad (2.17)$$



де  $l_B$  — розрахункова довжина болта, м;

$$l_B = l_{BO} + 0,28d_B ; \quad (2.18)$$

$$l_B = 64 + 0,28 \cdot 20 = 70 \text{ мм.}$$

$$y_B = \frac{0,07}{1,91 \cdot 10^{11} \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 40} = 3,87 \cdot 10^{-11} \frac{\text{М}}{\text{Н}}$$

Податливість прокладки:

$$y_{II} = \frac{h_{II}}{E_{II} \cdot \pi \cdot D_{CII} \cdot b} ; \quad (2.19)$$

де  $E_{II} = 2000$  МПа - для прокладки з пароніту [34];

$$y_{II} = \frac{0,002}{2 \cdot 10^9 \cdot 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,02} = 1,89 \cdot 10^{-11} \frac{\text{М}}{\text{Н}}$$

Податливість фланця:

$$y_{\phi} = \frac{1 - \nu(1 + 0,9\lambda'_{\phi}) \psi_2}{h_{\phi}^3 \cdot E} ; \quad (2.20)$$

$$\lambda'_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{\sqrt{DS_{EK}}} ; \quad (2.21)$$

$$\lambda'_{\phi} = \frac{0,03}{\sqrt{0,8 \cdot 0,011}} = 0,319 .$$

$$\psi_2 = \frac{D_H + D}{D_H - D}; \quad (2.22)$$

$$\psi_2 = \frac{930 + 800}{930 - 800} = 13,1$$

при  $\psi_1 = 1,28 \lg\left(\frac{930}{800}\right) = 0,084$

$E = 2 \cdot 10^5$  МПа — для фланця із сталі 20.

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9\lambda'_\phi \left(1 + \frac{\psi_1 h_\phi^2}{S_{EK}^2}\right)}; \quad (2.23)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,319 \left(1 + \frac{0,084 \cdot 0,03^2}{0,011^2}\right)} = 0,68;$$

$$y_\phi = \frac{1 - 0,68(1 + 0,9 \cdot 0,319) \cdot 13,1}{0,03^3 \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 2,97 \cdot 10^{-7} \frac{1}{H \cdot M}.$$

Тоді

$$F_t = \frac{y_B \cdot n_B \cdot f_B \cdot E_B (\alpha_\phi t_\phi - \alpha_B t_B)}{y_{II} + y_B + 0,5 y_\phi (D_B - D_{СП})^2}; \quad (2.24)$$

$$F_t = \frac{3,87 \cdot 10^{-11} \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^{11} (16,6 \cdot 413 - 13,3 \cdot 409)}{1,89 \cdot 10^{-11} + 3,87 \cdot 10^{-11} + 0,5 \cdot 2,97 \cdot 10^{-7} (0,89 - 0,84)^2} = 28,57 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання за формулою:

$$k_{\text{ж}} = \frac{y_{\text{Б}} + 0,5 \cdot y_{\phi} (D_{\text{Б}} - D - S_{\text{ЕК}})(D_{\text{Б}} - D_{\text{СП}})}{y_{\text{П}} + y_{\text{Б}} + 0,5 y_{\phi} (D_{\text{Б}} - D_{\text{СП}})^2}; \quad (2.25)$$

$$k_{\text{ж}} = \frac{3,87 \cdot 10^{-10} + 0,5 \cdot 2,97 \cdot 10^{-7} (0,89 - 0,8 - 0,011)(0,89 - 0,84)}{1,89 \cdot 10^{-11} + 3,87 \cdot 10^{-10} + 0,5 \cdot 2,97 \cdot 10^{-7} (0,89 - 0,84)^2} = 1,45$$

Болтове навантаження в умовах монтажу до подачі внутрішнього тиску

$$F_{\text{Б1}} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{ж}} \cdot F_{\text{Д}} + R_{\text{П}} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot b_{\text{О}} \cdot p_{\text{ПР}} \end{array} \right\}; \quad (2.26)$$

де  $p_{\text{ПР}} = 20$  МПа для - паронітової прокладки [34].

$$F_{\text{Б1}} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,45 \cdot 288,2 \cdot 10^3 + 58,2 \cdot 10^3 = 478,1 \cdot 10^3 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,0169 \cdot 20 \cdot 10^6 = 447,8 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 478,1 \text{ кН.}$$

Болтове навантаження в робочих умовах за формулою:

$$F_{\text{Б2}} = F_{\text{Б1}} + (1 - k_{\text{ж}})F_{\text{Д}} + F_{\text{т}}; \quad (2.27)$$

$$F_{\text{Б2}} = 478,1 \cdot 10^3 + (1 - 1,45)288,2 \cdot 10^3 + 28,57 \cdot 10^3 = 374,9 \text{ кН}$$

Приведений момент, що вигинає, за формулою:

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(D_{\text{Б}} - D_{\text{СП}})F_{\text{Б1}} \\ 0,5 \left[ (D_{\text{Б}} - D_{\text{СП}})F_{\text{Б2}} + (D_{\text{СП}} - D - S_{\text{ЕК}})F_{\text{Д}} \right] \sigma_{20} / \sigma \end{array} \right\}; \quad (2.28)$$

де  $\sigma_{20} = 136 \text{ МПа}$ ;  $\sigma = 140 \text{ МПа}$  – відповідно для матеріалу фланця при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  і розрахунковій температурі  $t = 401 \text{ К}$  [34].

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5(0,89 - 0,84) \cdot 7478,1 \cdot 10^3 = 11,95 \\ 0,5 \left[ (0,89 - 0,84)374,9 \cdot 10^3 + (0,84 - 0,8 - 0,011)288,2 \cdot 10^3 \right] \frac{136}{140} = 13,16 \end{array} \right\} = 13,16 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання.

$$\frac{F_{B1}}{n_B \cdot f_B} < \sigma_{B20}; \quad (2.29)$$

$$\frac{F_{B2}}{n_B \cdot f_B} < \sigma_B; \quad (2.30)$$

де  $\sigma_{B20} = 140 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_B = 125 \text{ МПа}$  – для матеріалу болтів при  $293 \text{ К}$  і розрахунковій температурі  $t_B = 431 \text{ К}$  [34].

$$\frac{478,1 \cdot 10^3}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 50,8 \text{ МПа} < \sigma_{B20} = 140 \text{ МПа}$$

$$\frac{374,9 \cdot 10^3}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 39,9 \text{ МПа} < \sigma_B = 125 \text{ МПа}$$

Умови міцності болтів виконуються:

Умова міцності неметалічної прокладки:

$$\frac{F_{B \max}}{\pi \cdot D_{СП} \cdot b} < p_{ПП} ; \quad (2.31)$$

де  $p_{ПП} = 130$  МПа — для прокладки з пароніту [34]

$$\frac{478,1 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,02} = 9,1 \text{ МПа} < p_{ПП} = 130 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується:

Максимальна напруження в перетині фланця, обмеженому розміром  $S_1$ , за формулою:

$$\sigma_1 = \frac{T_\phi \cdot M_0 \cdot \nu}{[D^* (S_1 - c)^2]} ; \quad (2.32)$$

де  $D^* = D = 0,8$  м при  $D > 20 S_1$      $800 > 20 \cdot 6 = 120$  мм

$$T_\phi = \frac{D_H^2 \left[ 1 + 8,551 \lg \left( \frac{D_H}{D} \right) \right] - D^2}{1,05 D^2 + 1,945 D_H^2 \left( \frac{D_H}{D} - 1 \right)} ; \quad (2.33)$$

$$T_\phi = \frac{0,93^2 \left[ 1 + 8,551 \lg \left( \frac{0,93}{0,8} \right) \right] - 0,8^2}{1,05 \cdot 0,8^2 + 1,945 \cdot 0,93^2 \left( \frac{0,93}{0,8} - 1 \right)} = 3,49 ;$$

$$\sigma_1 = \frac{3,49 \cdot 13,16 \cdot 10^3 \cdot 0,68}{[0,8 \cdot (0,018 - 0,004)^2]} = 200,5 \text{ МПа.}$$

Максимальна напруження в перетині фланця, обмеженому розміром, за формулою:

$$\sigma_0 = f_\phi \sigma_1 ; \quad (2.34)$$

де  $f_\phi = 1,1$  при  $\beta_1 = 2,2$

$$\sigma_0 = 1,1 \cdot 200,5 = 220,6 \text{ МПа.}$$

Колове напруження в кільці фланця за формулою:

$$\sigma_K = \frac{M_0 [1 - \lambda \quad 1 + 0,9\lambda'_\phi]}{D \cdot h_\phi^2} \psi_2 ; \quad (2.35)$$

$$\sigma_K = \frac{13,16 \cdot 10^3 [1 - 0,32 \quad 1 + 0,9 \cdot 0,319]}{0,8 \cdot 0,03^2} 13,1 = 29,3 \text{ МПа.}$$

Напруження у втулці від внутрішнього тиску:

Тангенціальне:

$$\sigma_t = \frac{p_P \cdot D}{2(S_0 - c)} = \sigma_t = \frac{0,52 \cdot 10^6 \cdot 0,8}{2(0,008 - 0,004)} = 52 \text{ МПа.} \quad (2.36)$$

Меридіональне:

$$\sigma_M = \frac{p_P \cdot D}{4(S_0 - c)} = \sigma_M = \frac{0,52 \cdot 10^6 \cdot 0,8}{4(0,008 - 0,004)} = 26 \text{ МПа.} \quad (2.37)$$

Умова міцності для перетину фланця, обмеженого розміром  $S_1$

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_K^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_K} < \sigma_1 ; \quad (2.38)$$

де  $\sigma_1 = \sigma_T = 230$  МПа — напруження, що допускається, рівна межі текучості сталі 20 при  $t=431$ К [34].

$$\sqrt{200,5^2 + 29,3^2 - 200,5 \cdot 29,3} = 187,6 \text{ МПа} < \sigma_1 = 230 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Умова міцності для перетину, обмеженого розміром  $S_0$ :

$$\sqrt{\sigma_0 + \sigma_m + \sigma_t^2 - \sigma_0 + \sigma_m} < \sigma_1 ; \quad (2.39)$$

де  $\sigma_0 = 220$  МПа – для фланця із сталі 20

$$\sqrt{220,6 + 26 + 52^2 - 220,6 + 26} = 225,2 \text{ МПа} < 1 \cdot 230 = 230 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Умова герметичності фланця:

$$\theta = \frac{\sigma_K}{E} \cdot \frac{D}{h_\phi} < \theta = \theta = \frac{29,3 \cdot 10^6}{1,99 \cdot 10^{11}} \cdot \frac{0,8}{0,03} = 0,004 < \theta = 0,009 ; \quad (2.40)$$

де  $\theta = 0,009$  рад - кут повороту приварного встик фланця, при  $D = 800$  мм  $< 1000$  мм.

Умова герметичності виконується.

## 2.4. Теоретичне обґрунтування мінімальної товщини шару герметика її величини взаємного переміщення фланців

Використання герметиків як ущільнювачів замість прокладок із традиційних матеріалів має на увазі мінімізацію зазорів між робочими поверхнями фланців. Експлуатація фланців в умовах вібраційних впливів може привести до їхнього взаємного переміщення, руйнування шару герметика, абразивному зношуванню й фреттинг-корозії поверхонь і в остаточному підсумку - до втрати герметичності з'єднання.

Відомо, що наявність у фланцевому з'єднанні неметалічного ущільнювача певної товщини приводить до повного його захисту від фреттинг-корозії. Задача стоїть у визначенні мінімальної товщини герметика, при якій він гарантовано буде зберігати свої міцнісні властивості. А це можливо у випадку, коли максимальний тиск на ущільнювач мікровиступів фланців, а також фреттинг-часток, що перебувають на їхній поверхні, буде не більше границі текучості матеріалу ущільнювача.

У процесі експлуатації при впливі вібраційних навантажень робочі поверхні фланців здатні до взаємного переміщення один щодо одного. Тому важливо визначити максимальну величину переміщення поверхонь фланців, при якому ущільнювач збереже свої міцнісні властивості й характеристики.

Спростимо розглянуту вище задачу, що моделює занурення частки в поверхню. Нехай на плоскій поверхні перебуває тонкий шар матеріалу ущільнювача товщиною  $h$  і площею  $S$ , який жорстко пов'язаний із площиною, на якій він розташований. Нехай на цей шар діє горизонтальна сила  $F$ , що відхиляє верхній його край за умови, що нижній край залишається нерухливим (рис. 2.4). Необхідно визначити максимальний зсув  $AX$  верхнього краю шару щодо нижнього, при якому він збереже свої міцнісні властивості.



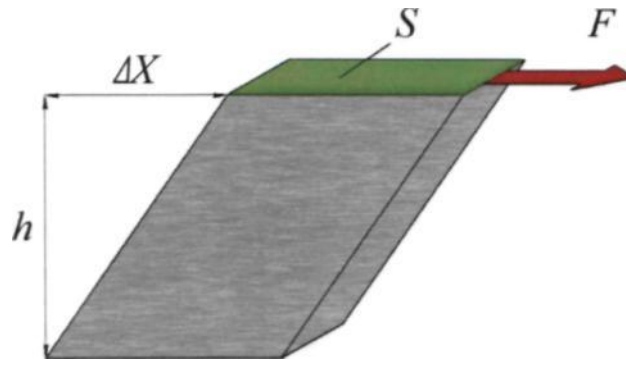


Рис. 2.4 - Відхилення горизонтальною силою  $F$  верхнього краю пружного тонкого шару товщиною  $h$  при нерухомому нижньому

Розв'язок цього завдання зводиться до класичного визначення модуля зрушення полімерного матеріалу, який являє собою відношення дотичного напруження  $\tau_{zc}$  до зсувної деформації  $\gamma_{zc}$ .

$$G = \frac{\tau_{zc}}{\gamma_{zc}} = \frac{\frac{F}{S}}{\frac{\Delta X}{h}} = \frac{Fh}{S\Delta X}, \quad (2.41)$$

Виразимо із цього виразу  $\Delta X$ ,

$$\Delta X = \frac{Fh}{GS} = \frac{\tau_{zc} h}{G}. \quad (2.42)$$

Згідно з вищенаведеними розрахунками гарантована міцність шару герметика може бути забезпечена при товщині, не меншій 4 мкм. Підставивши у вираз (2.42)  $\tau_{zc} = 15$  МПа та  $G = 150$  МПа (середні значення прийнятих показників для герметиків), одержимо  $\Delta X = 0,4$  мкм - максимальний зсув, при якому ущільнювач збереже свої міцнісні властивості в умовах мінімальної товщини шару.

Анаеробні герметики використовуються для герметизації фланцевих з'єднань із зазором до 0,5 мм, а силіконові - до 1,0 мм. Розрахунки показали,

що зі збільшенням товщини ущільнювача з 0,01 до 1,00 мм зсув одного фланця щодо іншого, при якому гарантовано збережуться властивості герметика, зростає з 0,001 до 0,100 мм.

Таким чином, зі збільшенням модуля пружності й товщини шару герметика зростає величина взаємного зсуву фланців, що значною мірою підвищує його опірність руйнуванню й сприяє збільшенню довговічності фланцевого з'єднання.

На рис. 2.5. наведено криві накоплення залишкової деформації.

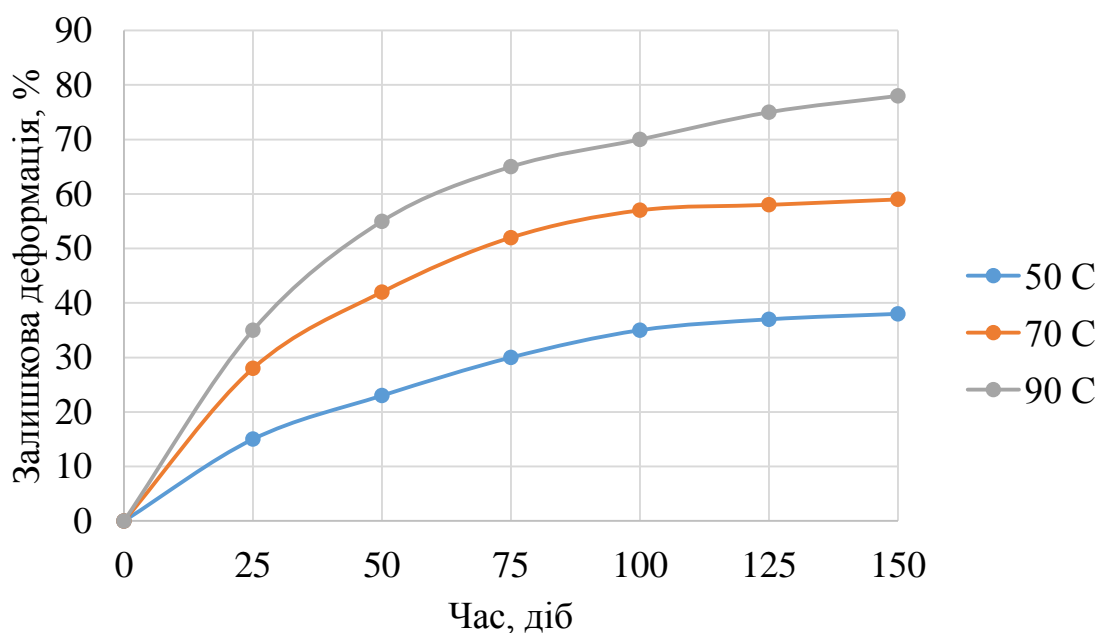


Рис. 2.5. Теоретичні кінематичні криві накоплення залишкової деформації під дією різної температури

## 2.5. Висновки по другому розділу

1. Герметичність нерухомих фланцевих з'єднань при відсутності ущільнювачів забезпечується мінімізацією розмірів мікроканалів за рахунок створення високого контактного тиску на поверхні фланців. Для повного запобігання витоків робочого середовища слід використовувати проміжні ущільнювальні елементи з невеликим модулем пружності.

2. Герметизуюча здатність ущільнювача прямо пропорційно залежить від його деформаційних властивостей, модуля пружності, ширини, коефіцієнтів тертя й адгезії до поверхонь фланців, сили стиску й назад пропорційно - від його товщини й внутрішнього діаметра.

3. Для зменшення витоків робочих рідин у результаті дифузійного проникнення через ущільнювач слід використовувати герметики з меншими ступенем набрякання й енергією активації. Зі збільшенням температури, площі зіткнення з робочими рідинами й зменшенням ширини ущільнювача дифузійна проникність зростає, що необхідно враховувати при проектуванні фланцевих з'єднань із герметиками.

4. У результаті отриманих теоретичних залежностей визначена мінімальна товщина шару герметика, при якій контактні тиски на поверхні фланців будуть перебувати в межах його пружності. Установлено, що зі збільшенням товщини й модуля пружності герметика зростають його міцнісні властивості, а відповідно й довговічність фланцевого з'єднання.

5. Строк експлуатації й зберігання ущільнювача визначається швидкістю старіння, яка залежить від температури експлуатації, енергії активації, механічної енергії деформації й тертя, хвильової механічної енергії й константи швидкості старіння. За гарантований строк ухвалюється час, при якому залишкова деформація ущільнювача збільшується до 80 % і контактний тиск на поверхні фланців досягає свого мінімального значення.

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ

#### 3.1 Загальна програма дослідження

На підставі вивчення стану проблеми й теоретичних передумов відповідно до поставлених завдань розроблена програма, загальна й часткова методики досліджень.

Програма досліджень передбачає:

- дослідження герметичності нероз'ємних фланцевих з'єднань (НФЗ) із прокладками з герметиків й традиційних матеріалів;
- дослідження деформаційних властивостей, термомеханічних характеристик і теплостійкості герметиків;
- дослідження робочих температур ущільнювальних вузлів автотракторної техніки;
- дослідження коефіцієнтів теплопровідності й теплового розширення, а також адгезійної міцності герметиків;
- дослідження стійкості герметиків до РР;
- дослідження стійкості НФЗ із прокладками з герметиків до вібрації й старінню;

Для виконання програми експериментальних досліджень розроблена загальна методика досліджень.

При обробці експериментальних даних використовували комп'ютерну програму Microsoft Excel. Оптимізація досліджень виконана згідно з теорією планування експериментів, теорії імовірності й математичної статистики. При цьому використовували комп'ютерну систему планування експерименту STATGRAPHICS Plus 5.1, за допомогою якої були обрані оптимальні плани проведення експериментів, зроблений факторний аналіз експериментальних

даних. При оформленні роботи використовувалися комп'ютерні програми Word, Компас-Графік LT, Corel Draw.

### **3.2. Вибір і коротка характеристика об'єктів дослідження**

Аналіз показав, що для герметизації НФЗ, що контактують із водою, тосолом, гальмовою рідиною й моторним маслом використовуються силіконові герметики, а для герметизації з'єднань, що контактують із бензином і дизельним паливом - анаеробні. Вітчизняні виробники для герметизації НФЗ тракторів і автомобілів широко використовують силіконові герметики Ана-терм-501 і Ана-терм-505. Автовиробники технічно розвинених країн світу найбільш часто використовують продукцію міжнародної компанії Loctite, яка входить до складу корпорації Henkel Group. Фірма Loctite випускає продукцію преміум класу, яка проходить 100 % контроль якості. Герметики цієї фірми застосовують практично всі дилерські станції з ремонту й технічного обслуговування імпортованих технічних засобів.

На сьогоднішній день гостро стоїть питання про впровадження в ремонтній сфері матеріалів і технологій, які приходять на зміну традиційним методам ремонту деталей, вузлів і механізмів.

Закордонною й вітчизняною промисловістю випускається досить широкий спектр нанонаповнювачів: наночасток й нанопорошки металів і оксидів металів, вуглецеві нанотрубки, керамічні наночастки, фуллерени, ультрадисперсні алмази. Найпоширенішими й доступними є вуглецеві нанотрубки, а також наночастки й нанопорошки металів і оксидів металів.

Тому об'єктами досліджень служили НФЗ із прокладками з анаеробних герметиків Ана-терм-501 і Loctite-518,

**Анаеробні герметики.** Ана-терм-501 (ТУ 2257-401-00208947-2003) являє собою наповнений тиксотропний склад, здатний тривалий час залишатися у вихідному стані й швидко затвердівати в зазорах між металевими повер-

хнями. Він призначений для герметизації нерухомих розємних з'єднань (фланців, плоских стиків, нарізних сполучень) і заміни паронітових, картонних і інших прокладок із твердих матеріалів, що застосовуються на даний момент часу. Його поставляють у флаконах об'ємом 0,2 л. Строк зберігання герметика - один рік при температурі +25 °С. Це герметик прискореного затвердіння, що застосовується без активатора, працездатний у різних агресивних середовищах, у тому числі в маслах, дизельному паливі, бензині, воді.

Висока швидкість затвердіння Анатерм-501 дозволяє його використовувати на конвеєрному виробництві при складанні двигунів і інших вузлів автомобілів. Продукт наноситься на попередньо очищену й знежирену поверхню. Технологічний процес нанесення герметика наведено на рис. 3.1.

Прокладка з Анатерм-501 працездатна при температурах від -60 до +150 °С, а короткочасно - до +180 °С, а межа міцності при розтяганні становить 2...5 Н/мм . Час досягнення максимальної міцності залежить від температури затвердіння, матеріалу й чистоти обробки поверхонь, що з'єднуються, величини зазору й становить 6...24 год. На сталевих зразках із шорсткістю поверхні  $R_z = 1,25...2,5$  мкм міцність досягає 10 МПа. Межа міцності при відриві становить не більш 60 МПа, герметизуюча затність на НФЗ - не менш 35 МПа й максимальний зазор - 0,5 мм.

Loctite-518 є однокомпонентним, анаеробним, тиксотропним герметиком середньої міцності, який швидко полімерізується в невеликих зазорах при відсутності повітря. Зібраний вузол витримує невеликий тиск відразу після складання. Типові області застосування - ущільнення твердих фланцевих з'єднань, включаючи литі деталі коробок передач і двигунів. Склад захищає метал від корозії й стійкий до більшості рідин, використовуваних в автомобільній промисловості. Ефект ущільнення досягається моментально при низькому тиску робочих середовищ. Діапазон робочих температур від -55 до +150 °С. Зусилля зрушення по DIN 53283 становить 8,5 Н/мм<sup>2</sup>, зусилля відриву по DIN 53288 - 8,5 Н/мм<sup>2</sup>. Герметик поставляють у шприцах ємністю 25 і 50 мл.

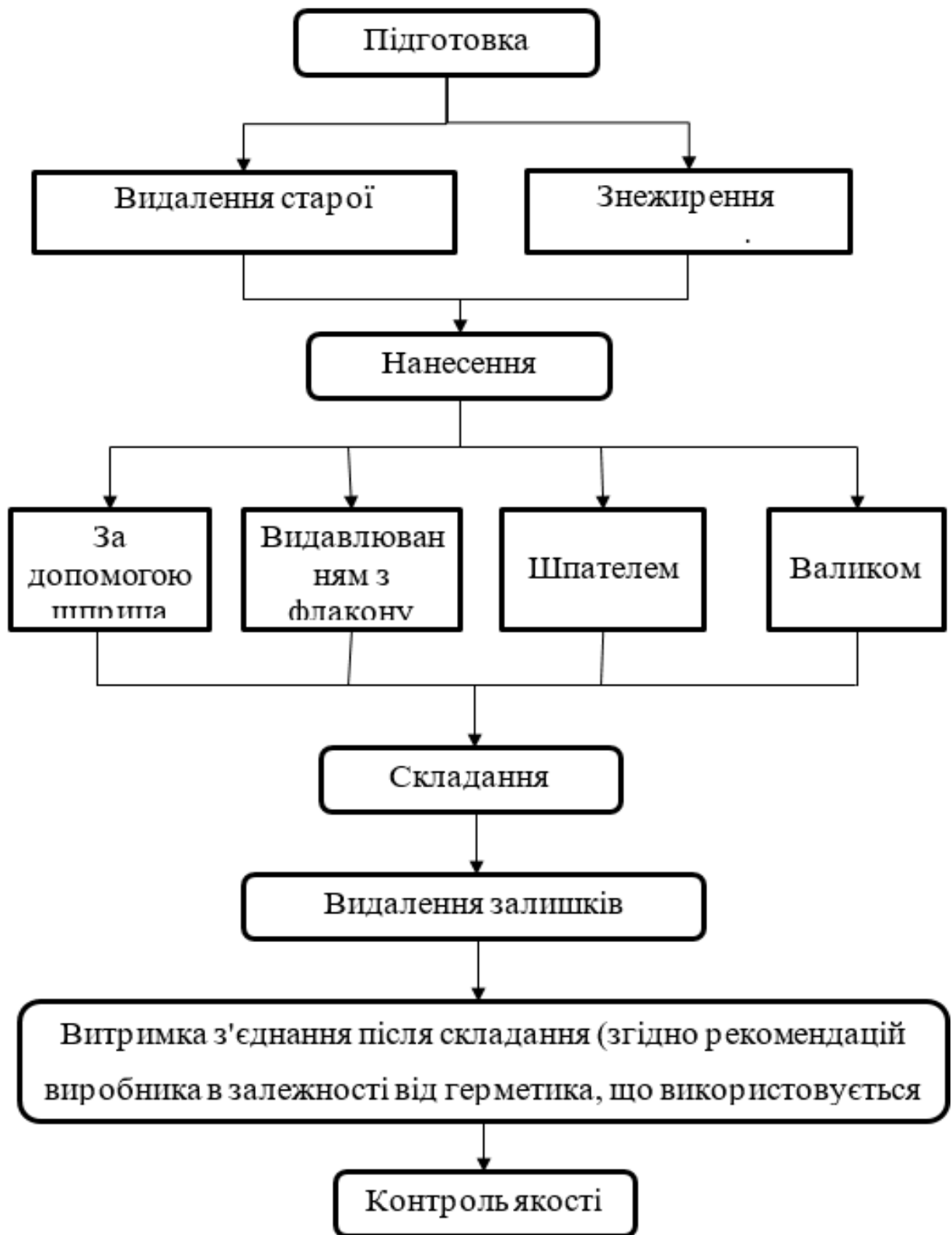


Рис. 3.1. Технологічний процес нанесення герметика

Для досягнення найкращих результатів, поверхні що ущільнюються необхідно очистити й знежирити. Продукт призначений для ущільнення припасованих фланцевих поверхонь із зазором до 0,5 мм. Нанесення складу про-

водиться безперервним валиком або трафаретом на одну з поверхонь, що ущільнюються. Відразу після нанесення деталі збирають, а через 10 хв. видаляють надлишок герметика сухою ганчіркою або обтиральним папером. При цьому контроль герметичності може бути зроблений низьким тиском відразу після складання. Для запобігання можливого переміщення деталей, що сполучаються, їх необхідно стягти відразу після складання. Максимальна міцність досягається через 12 год.

При потраплянні Анатерм-501 або Loctite-518 на шкіру необхідно негайно промити її водою з милом, у випадку влучення в очі - промити великою кількістю води й звернутися до лікаря.

### **3.3. Методика дослідження деформаційних властивостей герметиків**

Деформаційні властивості анаеробних герметиків, досліджували на модернізованому твердомірі типу ТП, загальний вид і кінематична схема якого показано на рис. 3.2 і 3.3.

Покриття термообробляли в сушильно-стерилізаційній шафі ШСС-80п з діапазоном автоматично підтримуваних температур у робочій камері від +50 до +200 °С. Похибка стабілізації температури в опорній точці робочої камери в режимі, що встановився, при +50 С становила не більш 5 °С.

Твердомір оснащений циліндричним або кульковим індентором 1, індикаторною голівкою 9, масляної ванною 2, а також системою нагрівання й регулювання температури з електроконтактним термометром 12.



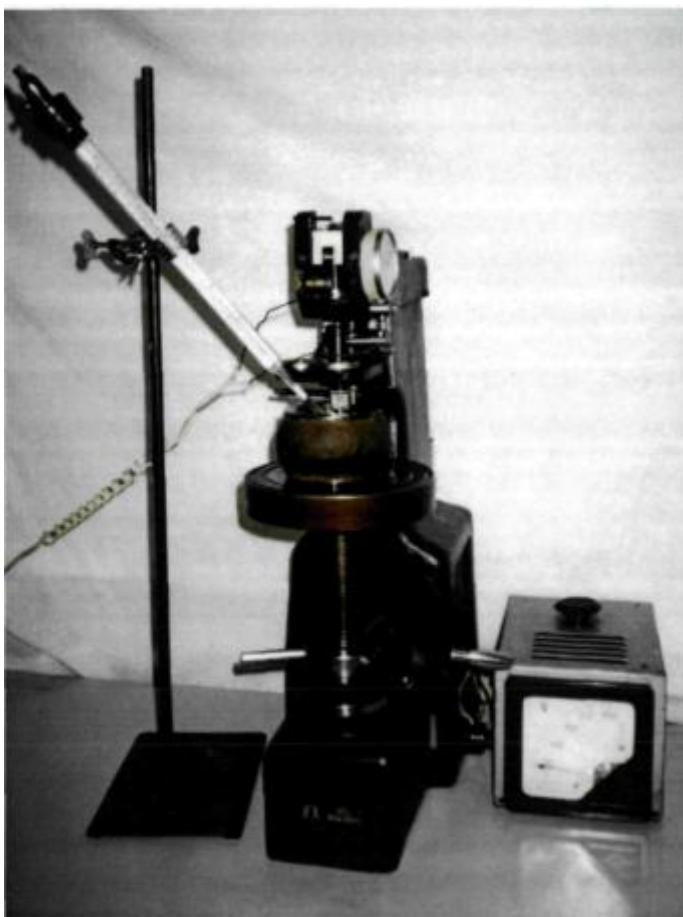


Рис. 3.2. Загальний вид модернізованого твердоміра типу ТП

У якості зразків для дослідження деформаційних властивостей використовували циліндричні сталеві диски діаметром 30 і висотою 5 мм із покриттями з вищезгаданих матеріалів товщиною 100 мкм. Покриття із силіконових герметиків і композицій на їхній основі одержували шляхи нанесення на сталеві диски й витримки на повітрі, а з анаеробних герметиків і композицій на їхній основі - шляхом полімеризації між двома сталевими дисками, на поверхню одного з яких наносили моторне масло. Час витримки нанесених покриттів при температурі  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  змінювалося від 0,5 до 36 ч.

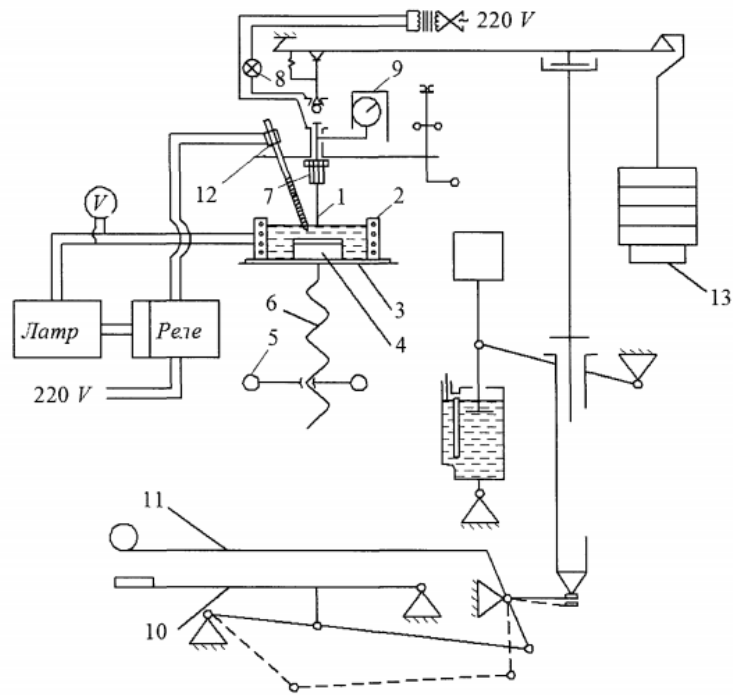


Рис. 3.3 - Кінематична схема модернізованого твердоміра типу ТП:  
 1 - індентор; 2 - ванна; 3 - стіл; 4 - зразок; 5 - маховик; 6 - гвинт; 7 - шпиндель; 8 - лампочка; 9 - індикаторна головка; 10 - педаль; 11- рукоятка; 12 - електроконтактний термометр; 13 – вантажі.

Зразок з покриттям товщиною 100 мкм установлювали на опорному столі, який за допомогою маховика 5 і гвинта 6 піднімали до зіткнення нанесеного шару (прокладки) з індентором 1, закріпленому в шпинделі 7. Момент зіткнення індентора із прокладкою визначали по загорянню сигнальної лампочки 8.

Рукояткою 11 зводили механізм вантажного привода, натискали на спусковий важіль 10 і по секундоміру відраховували час додавання навантаження. За допомогою індикаторної головки ИЧ-1М з ціною поділки 0,001 мм, змонтованої на станині приладу, що й опирається на важіль, з'єднаний зі шпинделем 7, визначали товщину покриття до навантаження й у момент зняття навантаження. Час навантаження, яке становило 60 с, заміряли по секундоміру. Тиск 10 МПа на циліндричний індентор створювали за допомогою вантажів. Схема деформування нанесеного шару (прокладки) циліндричним індентором показано на малюнку 3.4.

Загальну деформацію визначаємо по рівнянню:

$$\Delta_0 = h_0 - h_1, \quad (3.1)$$

де  $h_0$  і  $h_1$  - товщина покриття до навантаження й під навантаженням, мкм. Залишкова (необоротна) деформація:

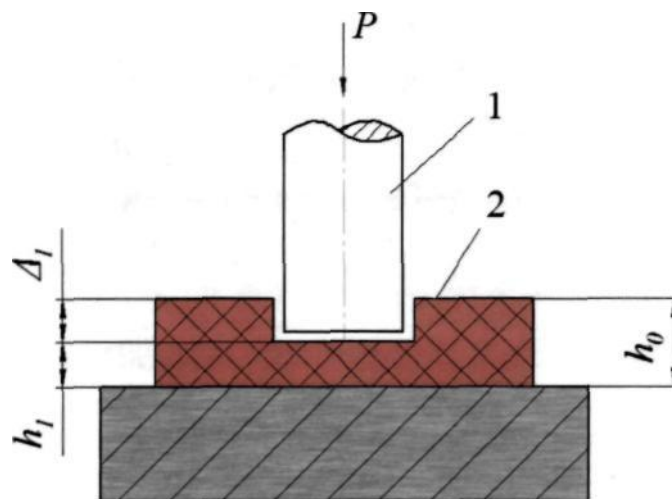
$$\Delta_1 = h_0 - h_2 \quad (3.2)$$

де  $h_2$  - товщина покриття після зняття навантаження.

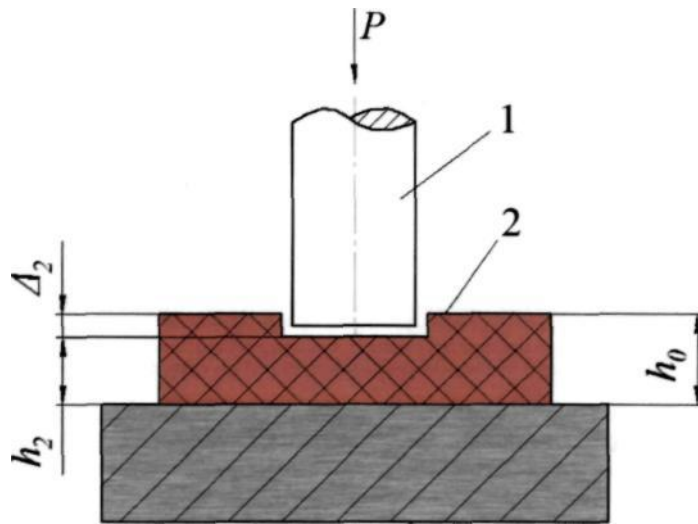
Вискоеластична (оборотна) деформація:

$$\Delta_2 = h_2 - h_1 \quad (3.3)$$

Результати дослідження деформаційних властивостей герметиків на їхній основі порівнювали з аналогічними властивостями досліджених раніше силіконових герметиків вітчизняного виробництва.



а



б

Рис. 3.4 - Схема виміру деформацій полімерного покриття під час навантаження (а) і після зняття навантаження (б) при дослідженні деформаційних властивостей:

1- індентор; 2 - полімерне покриття; 3 - підложка

Особливістю полімерних матеріалів, у тому числі й герметиків, є їхня здатність пластично деформуватися в часі при дії постійних навантажень. Це явище одержало назву повзучості, у результаті якої відбувається релаксація ущільнювача -повільне зменшення напружень при його постійній деформації. Зниження напружень в ущільнювачі тягне зменшення контактного тиску, що є основним параметром, що визначають герметичність фланцевого з'єднання.

На рис. 3.5 наведено вплив способу нанесення герметика на тиск розгерметизації, а на рис. 3.6. наведено вплив підготовки поверхні перед нанесенням герметика.

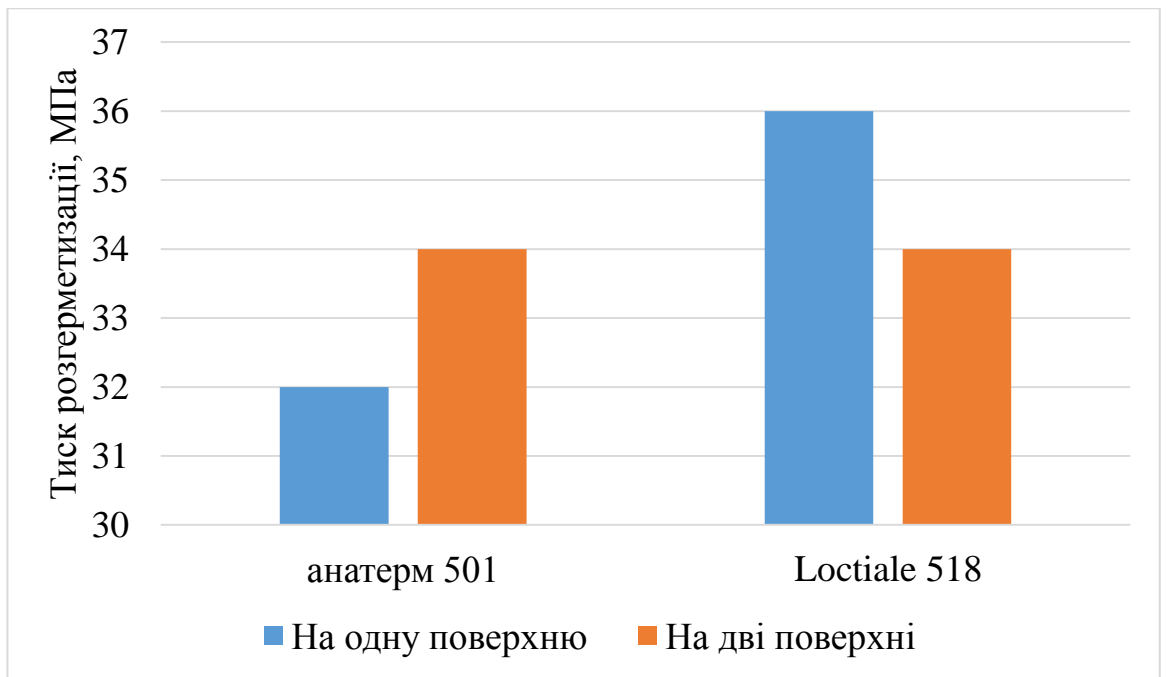


Рис. 3.5. Вплив способу нанесення герметика на тиск розгерметизації

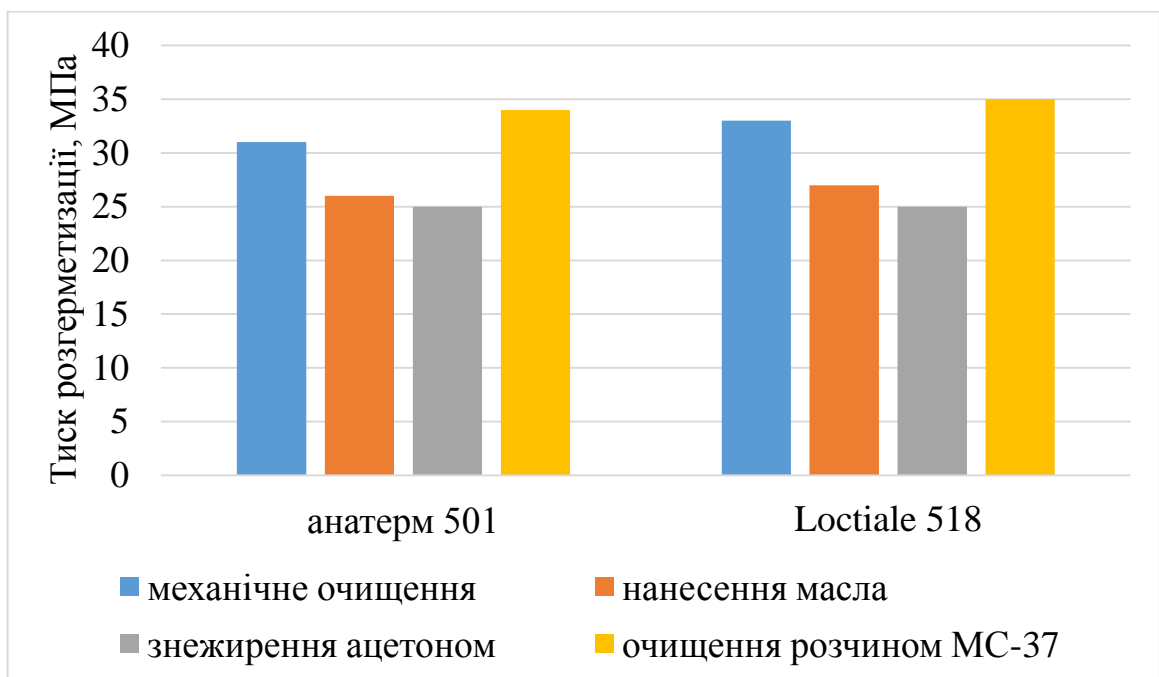


Рис. 3.6. Вплив підготовки поверхні на тиск розгерметизації

### 3.4. Залежність герметичності нерухомих фланцевих з'єднань від високих температур

Фланцеві з'єднання с.-х. техніки часто працюють при підвищених температурах, яка може викликати зміну їх герметизуючої здатності. Згідно з дослідженнями зі збільшенням температури герметичність з'єднань із усіма досліджуваними складами спочатку незначно зростає, досягає максимальної величини, а потім знижується (рис. 3.7).

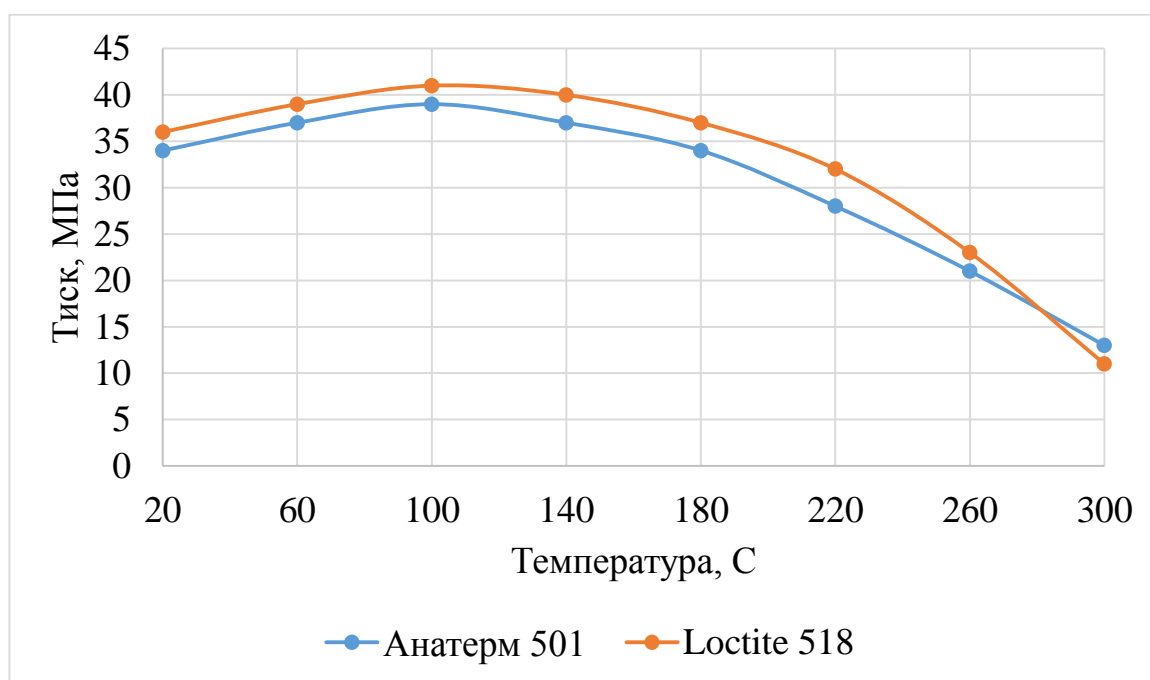


Рис. 3.7- Залежності тиску розгерметизації фланцевих з'єднань від температури:

1 - Анатерм-501; 2 - Loctite-518;

При температурі +20 °C тиск пробою прокладки з Анатерм-501 становить 34 МПа. При її збільшенні до +120 °C - тиск зростає до 38,5 МПа, а потім поступово знижується й досягає первинних значень при температурі +180 °C. Підвищення температури до +300 °C приводить до зниження герметизуючої здатності до 12 МПа. Аналогічні результати отримані при дослідженні складу Loctite-518. При збільшенні температури з +20 до +120 °C його герметизуюча здатність зросла з 36 до 41 МПа, що склало майже 14 %. Подальше

підвищення температури приводить до зниження герметизуючої здатності до 36 МПа при +190 °С, і до 10 МПа - при +300 °С.

Таким чином, установлене, що найбільшу теплостійкість мають анаеробні герметики Анатерм-501 і Loctite-518.

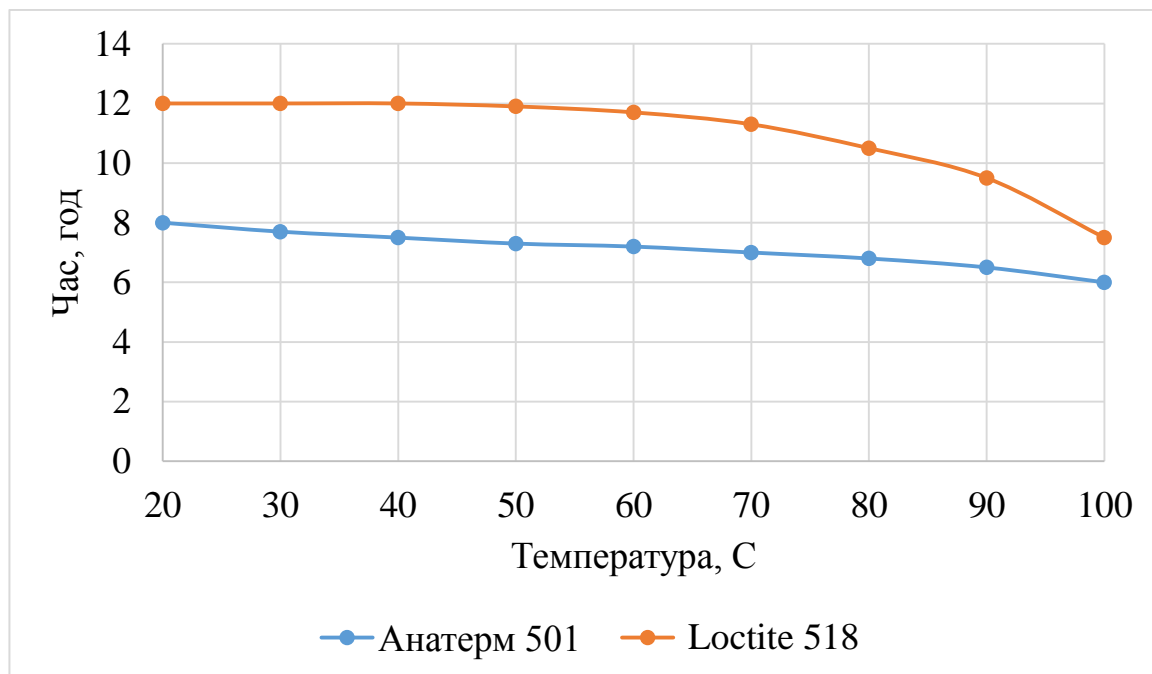


Рис. 3.8. Залежність часу полімеризації герметиків від температури

Аналіз експериментів показав, що при збільшенні температури з +20 до +100 °С час затвердіння знизився на 36...68 % залежно від типу герметика: в анаеробних (Анатерм-501 і Loctite-518) - на 36...38 %, у силіконових з високою теплостійкістю (Автогермесил і Loctite-5920) - на 54.. .60 %.

Таким чином, при збільшенні температури з +20 до +100 °С час полімеризації герметиків знижується на 36...68 % залежно від їхнього типу. Час полімеризації анаеробних герметиків менше, чим силіконових.

Також досліджувалась твердість герметиків за Шором, рис. 3.8, 3.9

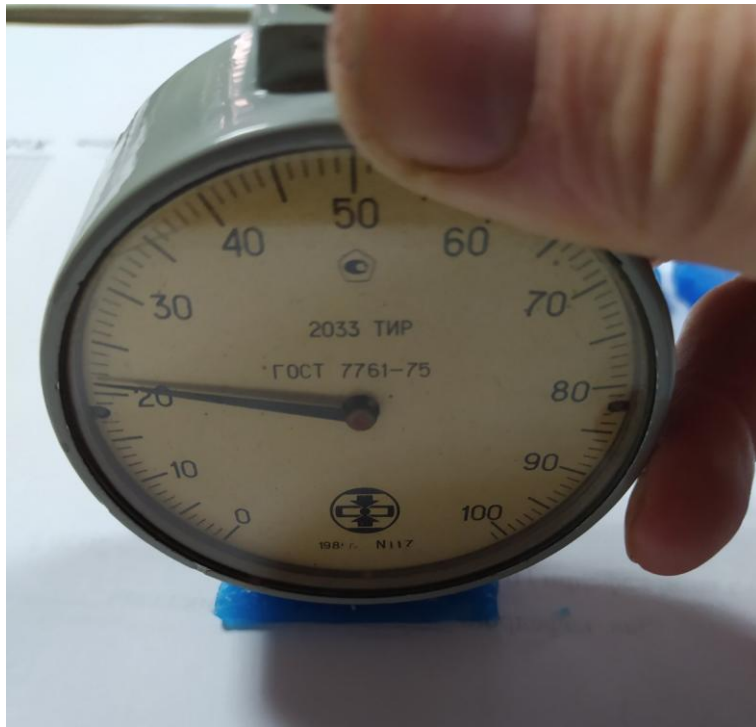


Рис. 3.8. Забір твердості герметика

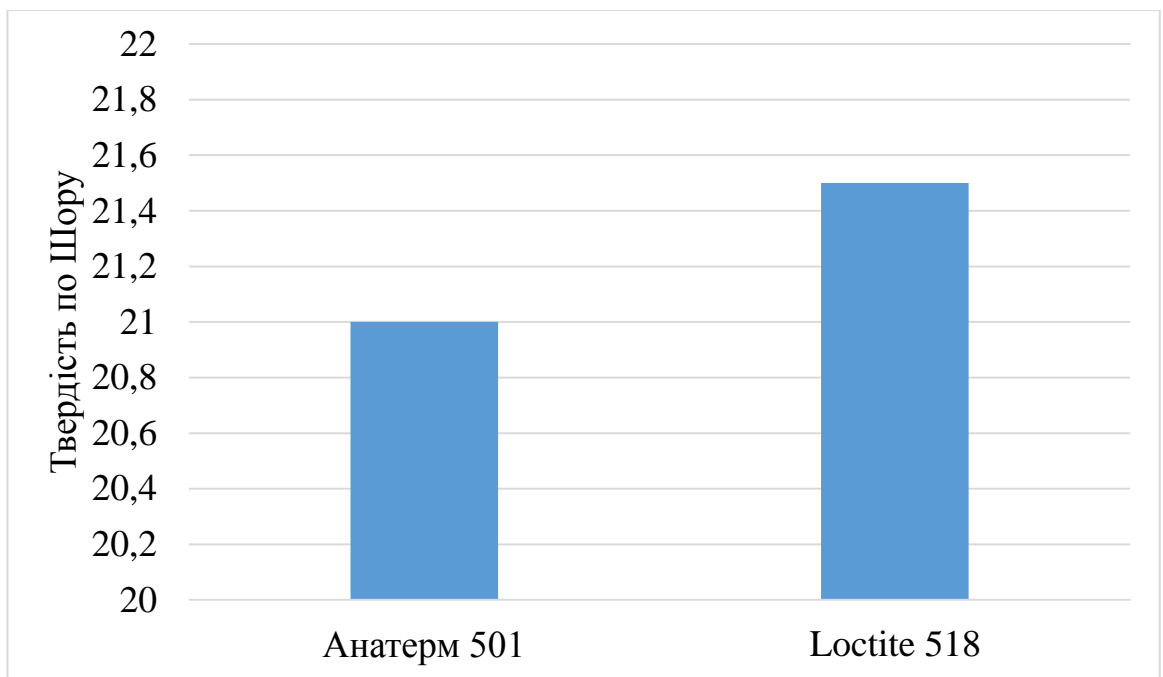


Рис. 3.9. Порівняльна діаграма

### 3.5. Висновки по розділу

Особливістю полімерних матеріалів, у тому числі й герметиків, є їхня здатність пластично деформуватися в часі при дії постійних наванта-



жень. Це явище одержало назву повзучості, у результаті якої відбувається релаксація ущільнювача - повільне зменшення напружень при його постійній деформації. Зниження напружень в ущільнювачі тягне зменшення контактного тиску, що є основним параметром, що визначають герметичність фланцевого з'єднання.

При температурі +20 °С тиск пробою прокладки з Анатерм-501 становить 34 МПа. При її збільшенні до +120 °С - тиск зростає до 38,5 МПа, а потім поступово знижується й досягає первинних значень при температурі +180 °С. Підвищення температури до +300 °С приводить до зниження герметизуючої здатності до 12 МПа. Аналогічні результати отримані при дослідженні складу Loctite-518. При збільшенні температури з +20 до +120 °С його герметизуюча здатність зросла з 36 до 41 МПа, що склало майже 14 %. Подальше підвищення температури приводить до зниження герметизуючої здатності до 36 МПа при +190 °С, і до 10 МПа - при +300 °С. Аналіз експериментів показав, що при збільшенні температури з +20 до +100 °С час затвердіння знизилося на 36...68 % залежно від типу герметика: в анаеробних (Анатерм-501 і Loctite-518) - на 36...38 %, у силіконових з високою теплостійкістю (Автогермесил і Loctite-5920) - на 54.. .60 %.

Таким чином, при збільшенні температури з +20 до +100 °С час полімеризації герметиків знижується на 36...68 % залежно від їхнього типу. Час полімеризації анаеробних герметиків менше, чим силіконових.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1. Загальні відомості про охорону праці в АТ «Дніпропетровськ-газ»

"Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності" [35].

На підприємстві добре організовано службу охорони праці, проводяться інструктажі, як працівників підприємства так і інструктажі населення по безпечному поводженню з газовим обладнанням.

На підприємстві постійно проводяться курси підвищення кваліфікації, семінари, форуми з працівниками інших філій рис. 4.1, 4.2.



Рис. 4.1. Навчання по охороні праці



Рис. 4.2. Навчання в класі з охорони праці

АТ «Дніпропетровськгаз» має розгалужену мережу по всій Дніпропетровській області. На підприємстві організовано службу охорони праці, яка діє на головному підприємстві та на філіях.

АТ «Дніпропетровськгаз» гарантує своїм співробітникам гідні й безпечні умови праці, виконуючи ліцензійні вимоги по забезпеченню виробничої безпеки. У постійному режимі ведеться моніторинг умов праці, проводиться атестація робочих місць, реалізується програма страхування ризиків.

"Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності" [36, 37].

В АТ «Дніпропетровськгаз» ведеться впровадження інтегрованої системи керування промисловою й екологічною безпекою, охороною праці й навколишнього середовища відповідної до міжнародних стандартів OHSAS 18001, ISO 14001 і ISO 9001. У рамках політики в області промислової безпеки, охорони праці й навколишнього середовища на підприємстві також діють стандарти, що регламентують використання будинків і встаткування підприємства. Устаткування проходить планово-запобіжні ремонти відповідно до

попередньо встановлених графіків. Частина найбільш важливого встаткування оснащена системами постійного контролю.

В цілому стан охорони праці на підприємстві знаходиться на задовільному рівні.

#### **4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на дільниці ремонту агрегатів**

На робітників дільниці під час ремонтних робіт впливають небезпечні й шкідливі фактори:

- можливість мимовільного падіння контрольних гир;
- обертові частини, що рухаються, і механізми технологічного обладнання;
- фізичні навантаження й механічні впливи при підключенні еталонного обладнання та обладнання і пристроїв, що підлягають повірці;
- шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони;
- можливість одержання хімічних опіків;
- підвищена температура поверхонь устаткування;
- нервово-психічні перевантаження;
- статичні перевантаження;
- робота з обладнанням, що працює під надлишковим тиском;
- підвищений рівень шуму й вібрації;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень пульсації світлового потоку;
- підвищене значення напружень в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини;
- напруження зору, уваги;

Всі ці фактори в залежності від терміну дії можуть привести до травмувань та втрати працездатності співробітників дільниці повірки та калібруван-

ня засобів вимірювальної техніки та метрології. Довгострокова робота під дією шкідливого фактора також може привести до професійних та хронічних захворювань.

Аналіз агрегатної дільниці, що всі вище перераховані фактори знаходяться в допустимих межах згідно [38, 39, 40, 41] окрім порушення мікроклімату особливо влітку коли на вулиці підвищена температура.

Пожежна безпека відповідає нормам НАПБ Б.03.002-2007 [42]. Вогнегасники проходять перевірку і в разі необхідності заміну.

#### **4.3. Правила безпечного виконання робіт слюсаря – ремонтника на агрегатній дільниці**

Загальні положення. До роботи слюсарем-ремонтником допускаються особи віком не молодше 18 років, які мають посвідчення на право виконання робіт, пройшли медичне обстеження, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж з пожежної безпеки.

Слюсар повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- бути уважним до сигналів рухомого транспорту;
- ходити по тротуарах, доріжках, переходах, спеціально призначених для цього, тримаючись правого боку;
- не торкатись електрообладнання, клем та електродроту, арматури загального освітлення, не відкривати дверці електрошаф;
- не включати і не зупиняти (крім аварійних випадків) машини, верстати та механізми, робота на яких не передбачена адміністрацією;

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть діяти на слюсаря:

- рухомі машини, механізми, незахищені рухомі частини виробничого устаткування; пересувні вироби, заготівлі, матеріали;

- захаращеність робочих місць інструментом, пристосуванням, матеріалами, деталями;

- відсутність спеціальних пристроїв, інструменту та обладнання для виконання робіт відповідно до прийнятої технології;

- незахищені струмоведучі частини електрообладнання (електроустановок);

- недостатня освітленість робочої зони;

Слюсарю згідно з діючими нормами видається безкоштовно спецодяг:

- костюм бавовняний;

- рукавиці комбіновані;

- при роботі взимку на повітрі додатково - куртка та брюки бавовняні на те-плій підкладці.

Ручні інструменти (молотки, зубила, пробійники тощо) не повинні мати:

- на робочих поверхнях пошкоджень (вибоїн, відколів);

- на бокових гранях у місцях затискання їх рукою задирок та гострих ребер;

- на дерев'яних поверхнях ручок сучків, задирок, тріщин; поверхня повинна бути гладкою;

- наклепів та перегартованих робочих поверхонь.

Гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок та головок болтів і не мати тріщин та забоїн, площини зіва ключів повинні бути паралельними і не повинні бути закатаними. Розвідні ключі не повинні бути ослабленими у рухомих частинах.

Світильники з люмінесцентними лампами напругою 127-220 В допускається застосовувати для місцевого освітлення за умов недоступності їх струмопровідних частин для випадкового дотику.

Освітлювальна арматура і вимикачі повинні мати електро- і гідроізоляцію.

У разі наявності особливо несприятливих умов, коли небезпека ураження електрострумом посилюється тісністю, незручністю, дотиком із заземленими поверхнями, для живлення переносних світильників використовується напруження не вище 12В.

При роботі з пневмо- і електроінструментом слюсар повинен бути навчений по безпечній роботі з ними і проінструктований.

Вимоги безпеки перед початком роботи. Отримати завдання від керівника робіт.

Привести до ладу спецодяг, застібнути або обв'язати рукава, заправити одяг таким чином, щоб кінці його не розвіювались.

Уважно оглянути робоче місце, прибрати все, що заважає роботі.

Впевнитись в тому, що робоче місце достатньо освітлене, а світло не буде засліплювати очі.

Робочий інструмент та деталі розташувати в зручному та безпечному для користування порядку.

Впевнитись в тому, що робочий інструмент, пристосування, обладнання та засоби індивідуального захисту справні і відповідають вимогам охорон праці.

Перед початком робіт електро- пневмоінструментом та на верстатах необхідно пройти інструктаж по безпечній роботі з ними.

Вимоги безпеки під час виконання роботи. Виконувати роботи необхідно згідно з технологічною картою на виконання тієї чи іншої роботи.

При роботі з переносною електродриллю, гайковертом, шліфувальною машиною додержуватись інструкції по експлуатації електроінструмента.

При роботі пневматичним інструментом необхідно:

- Працювати тільки справним інструментом. Клапани відрегулювати так, щоб вони легко відкривались, при припиненні натиску на правлячий держак швидко закривались і не пропускали повітря в закритому положенні.

- Працювати тільки в захисних окулярах.
- Користуватись тільки абразивними кругами, одержаними в інструментальній коморі та спеціально призначеними для пневмомашинки.

Забороняється:

- Спрямовувати струмінь повітря на себе або на людей, які працюють поруч.
- Працювати пневмомашинкою за відсутності захисного кожуха над абразивним кругом та наявності уступів, вибоїн, тріщин та стукотіння абразивного круга.
- Працювати бічною поверхнею абразивного круга.
- Працювати пневматичним інструментом з приставних драбин.
- Несправний інструмент здати в інструментальну комору. Ремонтувати його самому забороняється.

Забороняється здувати стисненим повітрям з верстата чи деталей металеву стружку. Для змитання стружки та пилу користуватись волосяною щіткою, перебувати при цьому в захисних окулярах.

На розбирально-складальних роботах застосовувати справні знімачі, гайковерти і ключі. Відкручувати гайки за допомогою зубила і молотка забороняється.

Розбирання і складання агрегатів виконувати тільки на спеціальних стендах, оснащених пристроями для закріплення.

Перевіряти співвісність отворів при складанні вузлів необхідно виконувати за допомогою конусної оправки або бородка. Забороняється робити це пальцем.

Зливати мастила з агрегатів слід тільки у спеціальну тару.

Випадково пролите на підлогу мастило слід негайно засипати тирсою або сухим піском і зібрати у спеціально відведене місце, підлогу витерти.

Забороняється зберігати на робочому місці легкозаймисті рідини та обтиральний промаслений матеріал.



Вимоги безпеки після закінчення роботи. Прибрати робоче місце. Інструмент і пристрої протерти і поскладати їх у відведене для них місце.

Якщо агрегат, що ремонтується, залишається на спеціальних підставках, перевірити надійність їх встановлення. Не залишати його висіти на тросі вантажопідйомного механізму.

Зняти спецодяг, повісити його у спеціально призначене для нього місце.

Забороняється мити руки в мастилі, бензині, гасі і витирати їх ганчір'ям, тирсою, стружкою.

Повідомити керівника робіт про всі недоліки, які були в процесі роботи.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях. Надання першої медичної допомоги.

- Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані оживлення починати необхідно негайно, після чого викликати швидку медичну допомогу.

- Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом.

Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку і т. ін. На те місце ганчірки, що приходиться безпосередньо на рану, бажано накапати декілька крапель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

- Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом. Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба.

- Перша допомога при теплових опіках.

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом.

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом.

- Перша допомога при кровотечі.

Підняти поранену кінцівку вгору.

Рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин. Якщо кровотеча зупинилася, не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском).

У разі сильної кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, за допомогою згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою. У разі великої кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

У разі виникнення пожежі викликати пожежну частину та приступити до її гасіння первинними засобами пожежогасіння.

Виконувати всі вказівки майстра по усуненню небезпечної ситуації.

#### **4.4. Дії у разі настання надзвичайної ситуації**

При всякій перерві в подачі електроенергії необхідно негайно відключити електроустаткування.

У випадку пожежі негайно сповістити всіх працюючих у виробничому приміщенні, довести до відома керівництво й вжити заходів до ліквідації пожежі наявними засобами пожежогасіння. При необхідності викликати пожежну бригаду по телефону 101.

Вимкнути електроенергію. Пам'ятати, що електромережу, електрообладнання гасити тільки вуглекислотними порошковими вогнегасниками, азбестовими ковдрами, піском. При займанні матеріалів, стружки з магнію та його сплавів користуватися виключно спеціальною емульсією.

Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

При аваріях і виникненні виробничих травм негайно звільнити потерпілого від травмуючого фактора, дотримуючись правил власної безпеки, надати йому першу допомогу, при необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103, сповістити безпосереднього керівника робіт, по можливості зберегти обстановку, якщо це не загрожує життю й здоров'ю навколишніх працівників і не приведе до аварії.

#### **4.5. Висновок**

Аналіз стану охорони праці на підприємстві показав, що він знаходиться на задовільному рівні. Потребує покращення стану охорони праці показники мікроклімату на агрегатній ділянці

Впровадження заходів по охороні праці дозволить знизити рівень травматизму та підвищити якість роботи.

## РОЗДІЛ 5

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

АТ «Дніпропетровськгаз» обслуговує населення та підприємства Нікопольського району (колишнього Томаківського). Підприємство має значний машино-тракторний парк, який використовується при проведенні ремонтних робіт газогонів та побутових споживачів. Ремонтна майстерня потребує покращення. Відсутні графіки виконання робіт, площі ремонтної майстерні використовуються на 60 %, хоча техніка простоює очікуючи ремонту. Тому в процесі удосконалення ремонтно-обслуговуючої бази підприємства за рахунок впровадження організаційних заходів, було усунуто ці недоліки. Проведено реконструкцію ремонтної майстерні та впроваджено заміну прокладок із твердих матеріалів на прокладки анаеробні.

Вихідними даними для розрахунку економічної ефективності є показники, наведені в таблиці 5.1.

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити наступні показники [43]:

- Вартість проведених ремонтів становить:

$$B_{np} = Q \cdot C_{1ум.рем.}, \quad (5.1)$$

$$B_{np}^{\delta} = 138 \cdot 113256,00 = 1829328,00 \text{ грн.}$$

$$B_{np}^{np} = 143 \cdot 15320,00 = 2190760,00 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1 – Вихідні данні для розрахунку техніко-економічних показників проекту

Показники	Позначення показників	Значення показників	
		Базовий варіант	Проектний варіант
Обсяг ремонтних робіт, ум. рем.	Q	138,00	143,00
Вартість 1 ум. рем, грн.	Ц1 ум рем	13256,00	15320,00
Кількість основних робітників, осіб	Кпр	18,00	20,00
Середньомісячна заробітна плата робітника з нарахуванням, грн.	ЗПср	4650,00	4650,00
Вартість діючого обладнання (балансова), грн.	Бд	356200,00	
Вартість придбаного обладнання, грн.	Бпр	–	186300,00
Вартість будівлі за балансом, грн.	Ббуд	252000,00	–
Витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію ділянки, грн.	Брек	–	145000,00
Річні витрати електроенергії, кВт/рік.	Qел	45800,00	56230,00
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	Цел	1,99	1,99

– Експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB = 3П + A + B_{ел} + B_{рем} + IB, \quad (5.2)$$

де  $ЗП$  – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

$A$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{ел}$  – вартість електроенергії, грн.;

$B_{рем}$  – витрати на поточний ремонт (ПР) та технічне обслуговування (ТО), грн.

Заробітна плата з нарахуванням визначається:

$$ЗП = 1,22 \cdot ЗП_{cp} \cdot K_{np} \cdot 12, \quad (5.3)$$

де 1,22 – коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну платню;

$ЗП_{cp}$  – середньомісячна заробітна плата робітника, грн.;

$K_{np}$  – кількість основних робітників, осіб;

12 – кількість місяців.

$$ЗП^б = 1,22 \cdot 4650,00 \cdot 18 \cdot 12 = 1225368,00 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 1,22 \cdot 4650,00 \cdot 20 \cdot 12 = 1361520,00 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на амортизацію будівлі та обладнання визначаються:

$$A = A_{обл} + A_{б}, \quad (5.4)$$

де  $A_{обл}$  – витрати на амортизацію обладнання, грн.;

$A_{б}$  – витрати на амортизацію будівлі, грн.

Витрати на амортизацію обладнання визначаються:

$$A_{обл}^б = \frac{B_{обл} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{356200,00 \cdot 21,93}{100} = 78114,66 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$A_{одл}^{np} = \frac{B_{обл} + B_{np} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{(356200,00 + 186300,00) \cdot 21,93}{100} = 118970,25 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

де  $B_{обл}$  – балансова вартість обладнання, грн.

$B_{np}$  – вартість придбаного обладнання, грн.

$\lambda_{обл}$  – норма амортизації обладнання,  $\lambda_{обл} = 21,93\%$ .

Витрати на амортизацію будівлі визначаються:

$$A_{буд}^{\bar{o}} = \frac{B_{буд} \cdot \lambda_{буд}}{100} = \frac{252000,00 \cdot 7,76}{100} = 19555,20 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

$$A_{буд}^{np} = \frac{B_{буд} + B_{орг} \cdot \lambda_{буд}}{100} = \frac{(252000,00 + 145000,00) \cdot 7,76}{100} = 30807,20 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де  $B_{буд}$  – балансова вартість будівлі, грн.;

$B_{орг}$  – витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію дільниці, грн.

$\lambda_{буд}$  – норма амортизації будівель,  $\lambda_{буд} = 7,76\%$ .

Тоді загальні витрати на амортизацію становлять:

$$A^{\bar{o}} = 78114,66 + 19555,20 = 97669,86 \text{ грн.}$$

$$A^{np} = 118970,25 + 30807,20 = 149777,45 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються:

$$B_{ел} = Q_{ел} \cdot C_{ел}, \quad (5.9)$$

$$B_{ел}^{\delta} = 45800 \cdot 1,99 = 91142,00 \text{ грн.}$$

$$B_{ел}^{np} = 56230 \cdot 1,99 = 111897,70 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування визначаються:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (5.10)$$

$$B_{рем}^{\delta} = \frac{97669,86 \cdot 30}{100} = 29300,96 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^{np} = \frac{149777,45 \cdot 30}{100} = 44933,24 \text{ грн.}$$

Інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{3П + A + B_{ел} + B_{рем} \cdot 3}{100}, \quad (5.11)$$

$$IB^{\delta} = \frac{1225368,00 + 97669,86 + 91142,00 + 29300,96 \cdot 3}{100} = 43304,42 \text{ грн.}$$

$$IB^{np} = \frac{1361520,00 + 149777,45 + 111897,70 + 44933,24 \cdot 3}{100} = 50043,85 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати всього становлять:



$$EB^{\sigma} = 1225368,00 + 97669,86 + 91142,00 + 29300,96 + 43304,42 = 1486785,24 \text{ грн.}$$

$$EB^{np} = 1361520,00 + 149777,45 + 111897,70 + 44933,24 + 50043,85 = 1718172,24 \text{ грн.}$$

– Повна собівартість проведених ремонтів становить:

$$PC^{\sigma} = (EB + B_K) \cdot 1,02, \quad (5.12)$$

$$PC^{np} = EB \cdot 1,02, \quad (5.13)$$

де  $B_K$  – витрати на роботи виконані за кооперацією, за даними підприємства, грн.

$$PC^{\sigma} = 1486785,24 + 165750,00 \cdot 1,02 = 1685585,95 \text{ грн.}$$

$$PC^{np} = 1718172,24 \cdot 1,02 = 1752535,68 \text{ грн.}$$

– Загальний прибуток становить:

$$П = B_{np} - PC, \quad (5.14)$$

$$П^{\sigma} = 1829328,00 - 1685585,95 = 143742,05 \text{ грн.}$$

$$П^{np} = 2190760,00 - 1752535,68 = 438224,32 \text{ грн.}$$

– Приріст прибутку становить:

$$\square\Pi = \Pi^{np} - \Pi^{\delta} = 438224,32 - 143742,05 = 294482,27 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

– Рівень рентабельності становить:

$$P = \frac{\Pi \cdot 100}{\Pi C}, \quad (5.16)$$

$$P^{\delta} = \frac{143742,05 \cdot 100}{1685585,95} = 8,5\%$$

$$P^{np} = \frac{438224,32 \cdot 100}{1752535,68} = 25\%$$

– Обсяг додаткових капітальних вкладень становить:

$$B = B_{np} + B_{орг} = 186300,00 + 154000,00 = 331300,00 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

– Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить:

–

$$T_o = \frac{B}{\square\Pi} = \frac{331300,00}{294482,27} = 1,1 \text{ років} \quad (5.18)$$

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність роботи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
1	2	3
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	138	143
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	13256,00	15320,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	1829328,00	2190760,00

Кількість основних робітників, осіб.	18	20
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	331300,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	1486785,24	1718172,24
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	1225368,00	1361520,00
- амортизаційні відрахування, грн.	97669,86	149777,45
- вартість електроенергії, грн.	91142,00	111897,70
- витрати на ПР та ТО, грн.	29300,96	44933,24
- інші витрати, грн..	43304,42	50043,85
Повна собівартість продукції, грн	1685585,95	1752535,68
Загальний прибуток, грн.	143742,05	438224,32
Рівень рентабельності, %	8,5	25,0
Приріст прибутку, грн.	–	294482,27
Термін окупності додаткових вкладень, років	–	1,1

**Висновок.** Результати техніко - економічної оцінки заходів з реконструкції ремонтної майстерні показують, додатковий прибуток підприємства становитиме 294482,27 грн., при цьому рівень рентабельності збільшиться на 16,5 відсоткових пунктів, а термін окупності капітальних витрат складе 1,1 років.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Герметизуюча здатність ущільнювача прямо пропорційно залежить від його деформаційних властивостей, модуля пружності, ширини, коефіцієнтів тертя й адгезії до поверхонь фланців, сили стиску й назад пропорційно - від його товщини й внутрішнього діаметра.

2. Для зменшення витоків робочих рідин у результаті дифузійного проникнення через ущільнювач слід використовувати герметики з меншими ступенем набрякання й енергією активації. Зі збільшенням температури, площі зіткнення з робочими рідинами й зменшенням ширини ущільнювача дифузійна проникність зростає, що необхідно враховувати при проектуванні фланцевих з'єднань із герметиками.

3. У результаті отриманих теоретичних залежностей визначена мінімальна товщина шару герметика, при якій контактні тиски на поверхні фланців будуть перебувати в межах його пружності. Установлено, що зі збільшенням товщини й модуля пружності герметика зростають його міцнісні властивості, а відповідно й довговічність фланцевого з'єднання.

4. Строк експлуатації й зберігання ущільнювача визначається швидкістю старіння, яка залежить від температури експлуатації, енергії активації, механічної енергії деформації й тертя, хвильової механічної енергії й константи швидкості старіння. За гарантований строк ухвалюється час, при якому залишкова деформація ущільнювача збільшується до 80 % і контактний тиск на поверхні фланців досягає свого мінімального значення.

5. Особливістю полімерних матеріалів, у тому числі й герметиків, є їхня здатність пластично деформуватися в часі при дії постійних навантажень. Це явище одержало назву повзучості, у результаті якої відбувається релаксація ущільнювача - повільне зменшення напружень при його постійній деформації. Зниження напружень в ущільнювачі тягне зменшення контактної

го тиску, що є основним параметром, що визначають герметичність фланцевого з'єднання.

6. При температурі +20 °С тиск пробою прокладки з Анатерм-501 становить 34 МПа. При її збільшенні до +120 °С - тиск зростає до 38,5 МПа, а потім поступово знижується й досягає первинних значень при температурі +180 °С. Підвищення температури до +300 °С приводить до зниження герметизуючої здатності до 12 МПа. Аналогічні результати отримані при дослідженні складу Loctite-518. При збільшенні температури з +20 до +120 °С його герметизуюча здатність зросла з 36 до 41 МПа, що склало майже 14 %. Подальше підвищення температури приводить до зниження герметизуючої здатності до 36 МПа при +190 °С, і до 10 МПа - при +300 °С. Аналіз експериментів показав, що при збільшенні температури з +20 до +100 °С час затвердіння знизився на 36...68 % залежно від типу герметика: в анаеробних (Анатерм-501 і Loctite-518) - на 36...38 %, у силіконових з високою теплостійкістю (Автогер-месил і Loctite-5920) - на 54.. .60 %.

Таким чином, при збільшенні температури з +20 до +100 °С час полімеризації герметиків знижується на 36...68 % залежно від їхнього типу. Час полімеризації анаеробних герметиків менше, чим силіконових.

7. Аналіз стану охорони праці на підприємстві показав, що він знаходиться на задовільному рівні. Потребує покращення стану охорони праці показники мікроклімату на агрегатній дільниці

8. Впровадження заходів по охороні праці дозволить знизити рівень травматизму та підвищити якість роботи. Результати техніко - економічної оцінки заходів з реконструкції ремонтної майстерні показують, додатковий прибуток підприємства становитиме 294482,27 грн., при цьому рівень рентабельності збільшиться на 16,5 відсоткових пунктів, а термін окупності капітальних витрат складе 1,1 років.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черкасова Т. І. Проблеми розвитку аграрного сектору України / Т. І. Черкасова, І. В. Моторнюк, Ю. М. Митрошак. // Одеський національний політехнічний університет. – 2019. – №40. – С. 57–61.
2. Зельднер А. Аграрный сектор на повороте XXI века; реальность и перспективы. // Международный сельскохозяйственный журнал, 1999, № 4.
3. Черноиванов В.И. Состояние и основные направления развития технического сервиса на селе. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2000, № 6.
4. Заяць В.М. Розвиток ринку сільськогосподарських земель : монографія / Заяць В.М. – К. : ННЦ ІАЕ, 2011. –166 С.
5. Моголова М.М. Матеріально-технічне забезпечення аграрної галузі / М. М. Моголова, Я.К. Білоусько, Г.М.Підлісецький // Економіка АПК. – 2013. – №2 – С. 61-67.
6. Білоусько Я.К. Техніко-технологічне забезпечення сільського господарства / Я.К. Білоусько, Ю.Я. Лузан, В.Л. Товстопят // Економіка АПК. – 2009. – №12. – С. 29-33.
7. Войтюк В.Д. Технічний сервіс – як засіб розв'язання проблем надійності сільськогосподарської техніки / Войтюк В.Д., Демко, А.А., Демко, О.А. // Техніка АПК. № 6 -7. 2004.- С.37-38.
8. Проблема зберігання сільськогосподарської техніки [Електронний ресурс] / Я.Михайлович, О. Романюк, А. Рубець, А. Засулько // Пропозиція – Режим доступу до ресурсу: <http://propozitsiya.com/ua/problema-zberigannya-silskogospodarskoyi-tehniki>.
9. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Жу-рфонд, 2015. – 292 с.
10. Пучин Е.А. Система технического обслуживания тракторов в современ-

ных условиях. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1998, № 4.

11. Спири́н А.П., Экологические требования к сельскохозяйственной технике. // Спири́н А.П., Сизов О.А. // Техника в сельском хозяйстве, 1999, № 2.

12. Малышева Г.В., Бобович Б.Б., Ипатов Н.В. Герметизирующие свойства жидких прокладок на основе одноупаковочных кремнийорганических герметиков. // Вестник машиностроения, 1990, № 1.

13. Анискин В.И. Перспективы технического обеспечения сельского хозяйства // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1999, № 12.

14. Інформація про компанію. Історія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dp.dsoua.com/ua/informacija-pro-kompaniju/history/id/istorija-746>.

15. В Марганці пройшли регіональні змагання аварійно-диспетчерських служб ПАТ «Дніпропетровськгаз» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://marganets-rada.dp.ua/ua/767-v-margantsi-projshli-regionalni-zmagannya-avarijno-dispecherskikh-sluzhb-pat-dnipropetrovskgaz>.

16. Druckluft im Handwerk Energie sparen Klima schützen Kosten senken! [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.druckluft-effizient.de/downloads/dokumente/druckluft-im-handwerk-lfu.pdf>.

17. Дрищ В.В. Сучасні технології та матеріали у герметизації нерухомих з'єднань агрегатів мобільних машин / Дрищ В.В. // Модернізація та наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку суспільства і технологій: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2021. – С. 113–116.

18. Инновационные технологии сборки и ремонта промышленного оборудования Справочник Главного инженера [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docplayer.ru/28813251-Innovacionnye-tehnologii-sborki-i>

remonta-promyshlennogo-oborudovaniya-spravochnik-glavnogo-inzhenera-glavnogo-tehnologa-glavnogo-mehanika-glavnogo.html.

19. Карабиньош С. С. Застосування високотехнологічних матеріалів покриття при ремонті с.г. машин / С. С. Карабиньош, Д. М. Гордина. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вертикальний обробіток ґрунту та зрошення – шлях до рекордних врожаїв». Кропивницький: ЦНТУ.. – 2018. – С. 25–27.

20. Adhesive Technologies «Клейові технології» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.henkel.ua/brands-and-businesses/adhesive-technologies>.

21. Лапенко А. О. Особливості негативного впливу нафтогазової промисловості на навколишнє середовище / А. О. Лапенко // Вісник СумДУ. Серія Економіка. – 2010. – № 2. – С.41-47.

22. Плеханова Т.Е. Выбор оптимального способа герметизации неподвижных разъемных фланцевых соединений / Плеханова Т.Е., Бычкова Л.Н., Никитина Е.А. // Применение полимерных материалов при ремонте и восстановлении деталей машин и оборудования. - Ижевск: ДНТП, 1990.

23. Рекомендации по герметизации и уплотнению узлов и агрегатов тракторов и автомобилей. -М.: ГОСНИТИ, 1983.

24. Рештованюк І. В. Наногерметики для фланцевих з'єднань / Рештованюк І.В. // Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців "Перші наукові кроки-2019". 2019. – 26-27 с.

25. Карабинеш С.С. Ремонт машин и оборудования / С.С. Карабинеш, З.В. Ружило. – Германия, Саабрюкен, 2014. – 193 с.

26. Бондарева Г.И. Герметизация неподвижных фланцевых соединений силиконовыми герметиками при ремонте сельскохозяйственной техники. Дис. канд. техн. наук. - М.,2000.

27. Анатерм 501 анаэробный герметик [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://profigoods.ru/goods/Anaterm-501?mod\\_id=51057026](https://profigoods.ru/goods/Anaterm-501?mod_id=51057026).



28. LOCTITE 518 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://loctite.masterkley.ru/catalogue/loctite-518/>.
29. Кричевский М.Е. Применение полимерных материалов при ремонте сельскохозяйственной техники / Кричевский М.Е. // -М.: Росагропромиздат, 1988. – 68 с.
30. Мотовилин Г.В., Ухалин А.С, Гринблат М.П. Новая жидкая прокладка для герметизации агрегатов машин. - Л.: ЛДНТП, 1984.
31. Герметик гермесил: область применения и условия эксплуатации [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vseprokley.ru/avto/germetik-germesil>.
32. Полиуретановый герметик "Superflex PUR" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stroimag.com/p8534712-poliuretanovyj-germetik-superflex.html>.
33. Герметик прокладка маслостойкий «УЛЬТРА ЧЕРНЫЙ» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.permatex.ru/products/detail.php?SECTION\\_ID=264](http://www.permatex.ru/products/detail.php?SECTION_ID=264).
34. 9. Деталі машин / [Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін.]. – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.
35. ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми шуму, ультразвуку та інфразвуку”.
36. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.
37. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення".
38. ДСН 3.3.6.039-99 „Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”.
39. НАПБ Б.03.002-2007 „Правилах пожежної безпеки в Україні”.
40. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу : підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
41. Сокол С.П. Методичні рекомендації до виконання і оформлення ди-

пломних проектів ОКР "Бакалавр" за напрямом підготовки 6.100102 "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва і дипломних робіт ОКР "Магістр" за спеціальністю 8.1001023 "Механізація сільського господарства" / С.П. Сокол, Б.Г. Харченко – Д.: ДДАУ, 2013. – 44 с.

## **ДОДАТКИ**

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра надійності і ремонту машин**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ НЕРУХОМИХ  
З'ЄДНАНЬ АНАЕРОБНИМИ ГЕРМЕТИКАМИ ПРИ РЕМОНТІ  
АВТОМОБІЛІВ ТА ТРАКТОРІВ**

Доповідач: Дрищ В.В.

Керівник: доц. к.т.н. Толстенко О.В.

**Метою роботи** є розробка технології герметизації нерухомих роз'ємних фланцевих з'єднань прокладками з вітчизняного й імпортного анаеробних герметиків і рекомендацій з їхнього застосування.

### **Задачі досліджень**

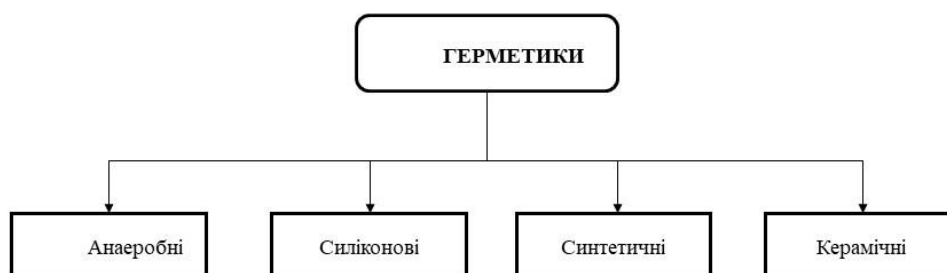
1. Теоретично обґрунтувати вплив технологічних параметрів герметизації на довговічність фланцевих з'єднань із рідкими прокладками;
2. Досліджувати стійкість герметиків у різних робочих рідинах;
3. Досліджувати деформаційні властивості, термомеханічні характеристики й теплостійкість прокладок з Анатерм-501 і Loctite-518;
4. Розробити технологічний процес герметизації нерухомих фланцевих з'єднань прокладками з Анатерм-501 і Loctite-518;
5. Провести заходи з удосконалення стану охорони праці.
6. Провести техніко-економічну оцінку роботи.

# НЕОБХІДНІСТЬ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

3

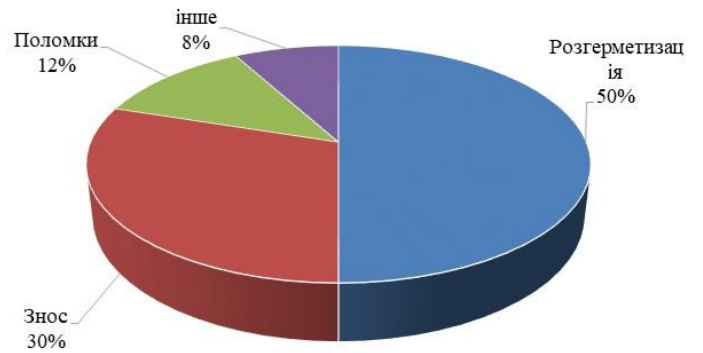
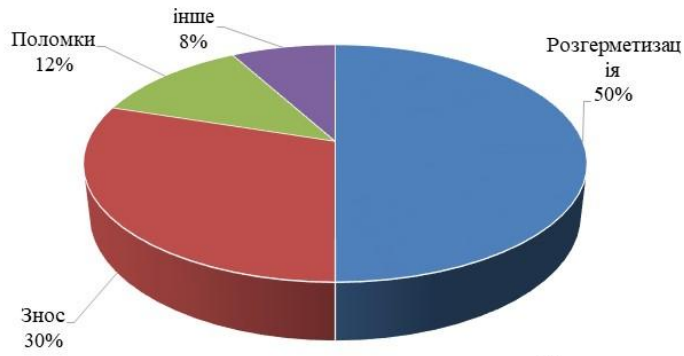
Економічні втрати від витоку масла на промислових підприємствах

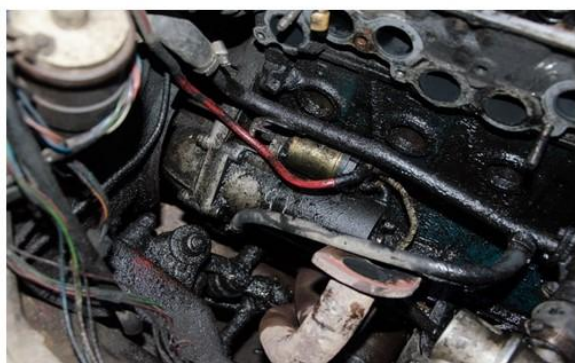
Характер течі	Втрати в день, літри	Втрати в рік, літри	Втрати в рік, грн.*
Одна крапля в 10 секунд	0,56	204,98	4509
Одна крапля в 5 секунд	1,12	409,97	9019
Одна крапля в секунду	5,62	2049,84	45096



# ВІДМОВИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

4

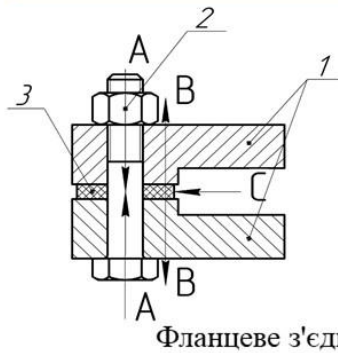






# СИЛИ, ЩО ДІЮТЬ НА З'ЄДНАННЯ ТА УМОВА ЇХ ГЕРМЕТИЧНОСТІ

6



$$A - B > C$$

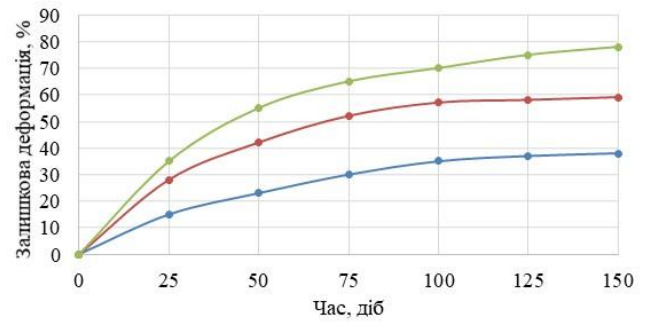
Фланцеве з'єднання

1 – фланці, 2 – болт, 3 - прокладка

Сила А - це навантаження на фланець / болт.

Сила В - це гідростатична кінцева навантаження, викликаний внутрішнім тиском рідини в системі. Ця сила прагне розсунути поверхні фланця.

Сила С - це внутрішній тиск викиду, яке діє на прокладку і намагається видавити її через зазор між фланцями



— 50 C — 70 C — 90 C

Теоретичні кінематичні криві накопичення залишкової деформації під дією різної температури

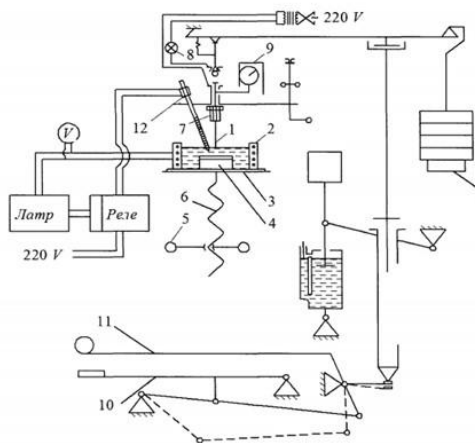
# ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ГЕРМЕТИЗАЦІЇ З'ЄДНАННЯ ГЕРМЕТИКАМИ

7



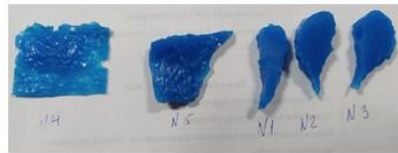
# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

8



Кінематична схема модернізованого твердоміра типу ТП:

- 1 - індентор; 2 - ванна; 3 - стіл; 4 - зразок;  
 5 - маховик; 6 - гвинт; 7 - шпindelь; 8 - лампочка; 9 - індикаторна головка; 10 - педаль; 11 - рукоятка; 12 - електроконтактний термометр; 13 – вантажі.



Зразки для випробування



Замір твердості

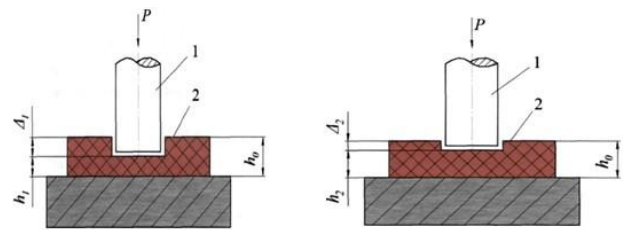
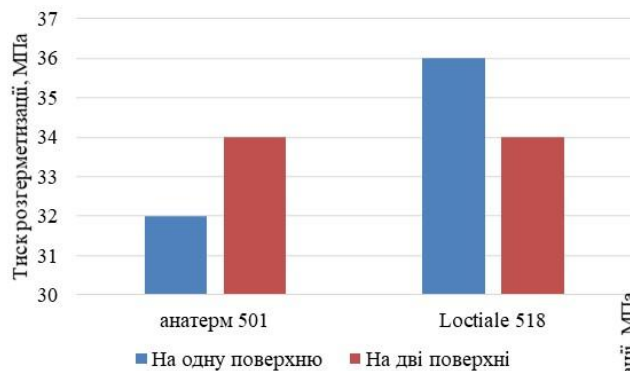


Схема виміру деформацій полімерного покриття під час навантаження (а) і після зняття навантаження (б) при дослідженні деформаційних властивостей:  
 1- індентор; 2 - полімерне покриття; 3 - підложка

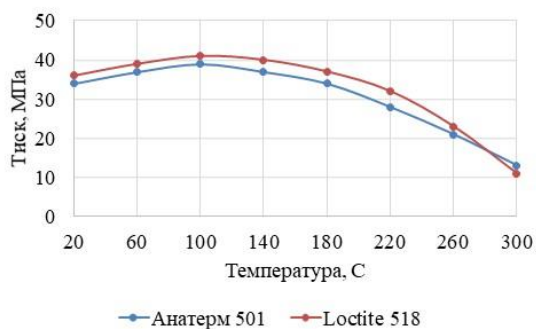


Вплив способу нанесення герметика на тиск розгерметизації



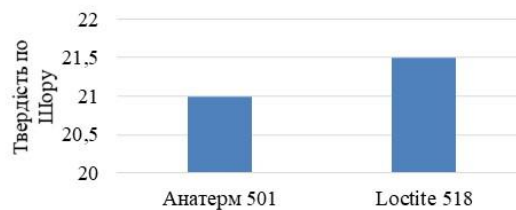
# РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

10

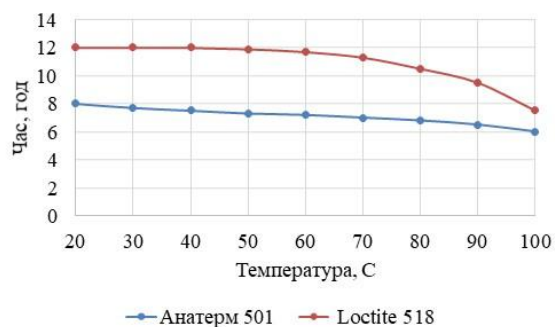


Залежності тиску розгерметизації фланцевих з'єднань від температури:

1 - Анатерм-501; 2 - Loctite-518;



Порівняльна діаграма



Залежність часу полімеризації герметиків від температури

# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

11



# ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ

12

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	138	143
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	13256,00	15320,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	1829328,00	2190760,00
Кількість основних робітників, осіб.	18	20
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	331300,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	1486785,24	1718172,24
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	1225368,00	1361520,00
- амортизаційні відрахування, грн.	97669,86	149777,45
- вартість електроенергії, грн.	91142,00	111897,70
- витрати на ПР та ТО, грн.	29300,96	44933,24
- інші витрати, грн..	43304,42	50043,85
Повна собівартість продукції, грн	1685585,95	1752535,68
Загальний прибуток, грн.	143742,05	438224,32
Рівень рентабельності, %	8,5	25,0
Приріст прибутку, грн.	–	294482,27
Термін окупності додаткових вкладень, років	–	1,1



1. Герметизуюча здатність ущільнювача прямо пропорційно залежить від його деформаційних властивостей, модуля пружності, ширини, коефіцієнтів тертя й адгезії до поверхонь фланців, сили стиску й назад пропорційно - від його товщини й внутрішнього діаметра.
2. Для зменшення витоків робочих рідин у результаті дифузійного проникнення через ущільнювач слід використовувати герметики з меншими ступенем набрякання й енергією активації. Зі збільшенням температури, площі зіткнення з робочими рідинами й зменшенням ширини ущільнювача дифузійна проникність зростає, що необхідно враховувати при проектуванні фланцевих з'єднань із герметиками.
3. У результаті отриманих теоретичних залежностей визначена мінімальна товщина шару герметика, при якій контактні тиски на поверхні фланців будуть перебувати в межах його пружності. Установлено, що зі збільшенням товщини й модуля пружності герметика зростають його міцнісні властивості, а відповідно й довговічність фланцевого з'єднання.
4. Строк експлуатації й зберігання ущільнювача визначається швидкістю старіння, яка залежить від температури експлуатації, енергії активації, механічної енергії деформації й тертя, хвильової механічної енергії й константи швидкості старіння. За гарантований строк ухвалюється час, при якому залишкова деформація ущільнювача збільшується до 80 % і контактний тиск на поверхні фланців досягає свого мінімального значення.
5. Особливістю полімерних матеріалів, у тому числі й герметиків, є їхня здатність пластично деформуватися в часі при дії постійних навантажень. Це явище одержало назву повзучості, у результаті якої відбувається релаксація ущільнювача - повільне зменшення напружень при його постійній деформації. Зниження напружень в ущільнювачі тягне зменшення контактного тиску, що є основним параметром, що визначають герметичність фланцевого з'єднання.
6. При температурі +20 °С тиск пробою прокладки з Анаерм-501 становить 34 МПа. При її збільшенні до +120 °С - тиск зростає до 38,5 МПа, а потім поступово знижується й досягає первинних значень при температурі +180 °С. Підвищення температури до +300 °С приводить до зниження герметизуючої здатності до 12 МПа. Аналогічні результати отримані при дослідженні складу Loctite-518. При збільшенні температури з +20 до +120 °С його герметизуюча здатність зростає з 36 до 41 МПа, що склало майже 14 %. Подальше підвищення температури приводить до зниження герметизуючої здатності до 36 МПа при +190 °С, і до 10 МПа - при +300 °С. Аналіз експериментів показав, що при збільшенні температури з +20 до +100 °С час затвердіння знизився на 36...68 % залежно від типу герметика: в анаеробних (Анаерм-501 і Loctite-518) - на 36...38 %, у силіконових з високою теплостійкістю (Автогермесил і Loctite-5920) - на 54...60 %.
- Таким чином, при збільшенні температури з +20 до +100 °С час полімеризації герметиків знижується на 36...68 % залежно від їхнього типу. Час полімеризації анаеробних герметиків менше, чим силіконових.
7. Аналіз стану охорони праці на підприємстві показав, що він знаходиться на задовільному рівні. Потребує покращення стану охорони праці показники мікроклімату на агрегатній дільниці
8. Впровадження заходів по охороні праці дозволить знизити рівень травматизму та підвищити якість роботи. Результати техніко - економічної оцінки заходів з реконструкції ремонтної майстерні показують, додатковий прибуток підприємства становитиме 294482,27 грн., при цьому рівень рентабельності збільшиться на 16,5 відсоткових пунктів, а термін окупності капітальних витрат складе 1,1 років.



Національна академія наук України  
Науково-навчальний центр прикладної інформатики  
Інститут інноваційної освіти



**Модернізація та наукові дослідження:  
парадигма інноваційного  
розвитку суспільства і технологій**

**Матеріали  
IV Міжнародної науково-практичної конференції  
29-30 січня 2021 р.**

Інститут  
інноваційної  
освіти



Міжнародні та всеукраїнські  
науково-практичні конференції

[www.novaosvita.com](http://www.novaosvita.com)

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
Науково-навчальний центр прикладної інформатики

ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТИ

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ:  
ПАРАДИГМА ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ  
СУСПІЛЬСТВА І ТЕХНОЛОГІЙ**

МАТЕРІАЛИ

IV Міжнародної науково-практичної конференції

*29–30 січня 2021 р.  
м. Київ*

Київ  
Інститут інноваційної освіти  
2021

УДК 001(063):378.4 (Укр)  
ББК 72я43  
М74

*До збірника увійшли матеріали наукових робіт (тези доповідей, статті), надані згідно з вимогами, що були заявлені на конференцію.*

*Роботи друкуються в авторській редакції, мовою оригіналу.  
Автори беруть на себе всю відповідальність за зміст поданих матеріалів.  
Претензії до організаторів не приймаються.  
При передруку матеріалів посилання обов'язкове.*

*Відповідає п. 12 Порядку присудження наукових ступенів Затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567.*

**М74** Модернізація та наукові дослідження: Парадигма інноваційного розвитку суспільства і Технологій : Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 29–30 січня 2021 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2021. – 200 с.

Матеріали конференції рекомендуються освітянам, науковцям, викладачам, здобувачам вищої освіти, аспірантам, докторантам, студентам вищих навчальних закладів тощо.

Відповідальний редактор: С.К. Бурма  
Коректор: П.А. Немкова

Матеріали видано в авторській редакції.

УДК 001(063):378.4 (Укр)

© Усі права авторів застережені, 2021  
© Інститут інноваційної освіти, 2021  
© Друк ФОП Москвін А.А., 2021

Підписано до друку 08.02.2021. Формат 60x84/16.  
Віддруковано з готового оригінал-макету.  
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Charter. Ум. друк. арк. 11,63.  
Зам. № 0002/21-1. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить змішаними мовами: укр., англ., рос.

Виготовник. ФОП Москвін А.А. Цифрова друкарня «Сору Арт».  
69095, Запоріжжя, просп. Соборний, 109. Тел.: (061) 708-08-80  
Інститут інноваційної освіти: e-mail: novaocvita@gmail.com; сайт: www.novaocvita.com

Видання здійснене за експертної підтримки  
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України  
03680, Київ-187, просп. Академіка Глушкова, 40.

УДК 621.891

**В.В. Дрищ,**

адобувач вищої освіти ступеня магістра  
інженерно-технологічного факультету

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕРІАЛИ У ГЕРМЕТИЗАЦІЇ  
НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ АГРЕГАТИВ МОБІЛЬНИХ МАШИН**

**Анотація.** В статті розглядається технологічний процес герметизації фланцевих з'єднань різними матеріалами. Наведено використання перспективних новітніх матеріалів у вигляді рідких прокладок. Розглянуто їх класифікацію та визначено сферу застосування, а також технологічний процес їх нанесення.

**Ключові слова:** Герметик, анаеробний герметик, прокладка, рідка прокладка, довговічність, герметизація, фланцеве з'єднання.

**Загальна суть проблеми.** Герметичність нерухомих роз'ємних фланцевих з'єднань забезпечують найчастіше прокладками з листових і формованих матеріалів. Їхнє використання вимагає суворої паралельності поверхонь, що сполучаються, певної мікро- і макрогеометрії, відсутності ушкоджень, а також високий контактний тиску, який можна забезпечити при певній твердості деталей. Особливі труднощі представляє забезпечення паралельності поверхонь, що сполучаються, при ремонті машин у результаті деформації деталей і їх механічних ушкоджень під час експлуатації [1].

Тому в машинобудуванні для ущільнення нерухомих фланцевих з'єднань останнім часом усе більш широко застосовують герметики, які одержали найменування рідких прокладок. Найбільшого поширення набувають анаеробні герметики.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Анаеробні матеріали являють собою рідкі або в'язкі композиції, здатні тривалий час залишатися у вихідному стані й швидко затвердівати в зазорах між металевими поверхнями, що сполучаються, при порушенні контакту з киснем повітря [2].

Здатність анаеробних матеріалів заповнювати мікронерівності й мікротріщини на робочих поверхнях деталей, зазори в сполученнях деталей, фіксувати взаємне положення деталей з різними видами з'єднань (різьбовими, фланцевими, із гладкими поверхнями), швидке затвердіння з утворенням міцного з'єднання, стійкість до агресивного впливу навколишнього середовища (вологі, нафтопродуктам, перепаду температури) забезпечили можливість створення якісно нової технології ремонту деталей технологічного встаткування й машин .

Баварське агентство по захисту навколишнього середовища «Druckluft im Handwerk» [3] провела дослідження й розрахувала економічні втрати від витоків масла на промислових підприємствах. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Економічні втрати від витоків масла на промислових підприємствах

Характер течі	Втрати в день, літри	Втрати в рік, літри	Втрати в рік, грн.*
Одна крапля в 10 секунд	0,56	204,98	4509
Одна крапля в 5 секунд	1,12	409,97	9019
Одна крапля в секунду	5,62	2049,84	45096

\*Виходячи з розрахунку вартості масла в середньому 22 грн за 1 літр.

**Мета роботи.** Класифікувати та дослідити довговічність анаеробних герметиків, що використовуються для герметизації фланцевих з'єднань.

**Виклад основного матеріалу.** Герметики можна розділити на чотири групи: анаеробні, силіконові, синтетичні та керамічні рис. 1.

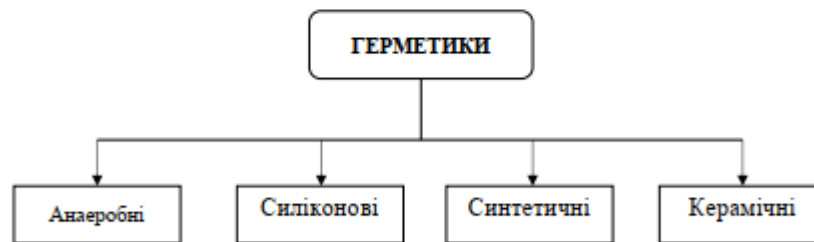


Рис. 1. Класифікація герметиків

**Анаеробні.** Це сполуки на основі з'єднань складних ефірів. Переходять у твердий стан, стикнувшись із поверхнями з металу для заповнення дуже маленьких зазорів. Речовина забезпечує герметизацію мікроскопічних тріщин і застигає тільки коли попадає в них, що відносять до їх переваг.

**Силіконові.** Цей вид клею найчастіше застосовують поза професійною діяльністю. Речовина часто відносять до універсальних, з ним легко



працювати, силікон підходить для більшості поверхонь. Герметики на основі силікону ділять за рівнем еластичності, температури застигання, кольору.

**Синтетичні.** Ці сполуки універсальні, їх наносять для герметизації різних деталей в автомобілі. Речовину роблять на основі синтезованих смол; властивості матеріалу в складі забезпечують герметику надійність у будь-якій області застосування.

**Керамічні.** Їх роблять на основі синтезованих з'єднань, додаючи кераміку в процесі створення. Застосовують для ремонту системи вихлопу в авто, обробці каталізаторів, усуненню тріщин і прогару на верхньому кожусі.

Приклади використання та марки герметиків, які найбільш широко представлені на ринку України наведено в таблиці 2.

Нажаль хімічна промисловість України майже зруйнована і такі речі як герметики майже не випускаються, а ті що випускаються мають походження з інших країн і випускаються за ліцензією або завозяться в країну і продаються вже як власне виробництво.

Таблиця 2 – Класифікація Герметиків, що використовуються в машинобудуванні та ремонтному виробництві

Герметик	Марка	Призначення
Анаеробний	Loctite, АнаТерм, Permatex, Тангіт, Dirko, Унігерм, Elting, Abro, Quickseal, Uni-Fitt та інші	Герметизація фланцевих з'єднань
Силіконові	Loctite, REINZOPLAST, Dirko-S Profi Press HT, CYCLO HI-Temp C-952, Curil, MANNOL 9914, Gasket maker RED	Герметизація, кузовних деталей (скла, фари, світильники та інше)
Синтетичні	Loctite, SMARTBUSTER, Smartbuster Sil, APP PU 50, та інші	Герметизація конкретної деталі, шини, ремонт кузова, Приклеювання теплоізоляції та ущільнену швів
Керамічні	Loctite, DoneDeal DD6785, HI-GEAR HG9043, ABRO ES-332 R та інші	Ремонт та Герметизація вихлопної, каталізатора, ремонт тріщин, прогарів та інше

Хімічна промисловість України випускає небагато анаеробних герметиків, найбільше поширення з них одержав Анатерм і Унітерм, доречі за даними [4] саме герметик Анатерм – є перспективним і тим, що відповідає критерію якість-ціна. Із закордонних професійних герметиків лідером є безперечно Loctite виробництва фірми виробництва фірми Henkel CEE GmbH, яка представляє свою продукцію в Україні з 1999 року і випускає клейові композиції під марками Момент, Loctite і Ceresit [5].

Технологічний процес герметизації фланцевих з'єднань відбувається наступним чином рис. 2.



Рис. 2. Технологічний процес Герметизації нерухомих з'єднань агрегатів

До переваг анаеробних герметиків слід віднести:

- можливість застосування в будь-яких сферах і галузях;
- не дуже високі вимоги до якості поверхонь порівняно з твердими прокладками;
- стійкість до температурного впливу досить широкого діапазону - 60...+300 °С;
- широка гама виробників з різною ціновою політикою;
- простота нанесення;
- стійкість до різних агресивних рідин (бензин, дизпаливо, масло та інше);
- не потребує високої кваліфікації робітників, що наносять герметик;
- механізація процесу нанесення та інше.

Але наряду з перевагами анаеробних герметиків є і недоліки:

- на ринку багато підробок;

- професійні ліцензовані герметики мають високу ціну;
- швидке застигання потребує швидкого складання агрегатів, що в свою чергу підвищує вимоги до якості підготовки поверхонь до складання та професіоналізм слюсаря;
- утруднене використання при низьких температурах (повільне застигання, що потребує додаткового підігрівання);
- вузька направленість герметиків, що вимагає мати певний перелік у майстерні,
- недостатньо досліджень, щодо довговічності герметиків та їх робота у різних умовах.

В доступних джерелах майже відсутня інформація про старіння герметиків, згідно [6] саме старіння має найбільший вплив на довговічність різних матеріалів і герметики не є виключенням.

**Висновки.** Герметики витісняють традиційні прокладочні матеріали майже у всіх сферах машинобудування, а особливо ремонтного виробництва, на жаль висока вартість професійних герметиків дещо стримує їх використання особливо у ремонтному виробництві.

Недостатність фундаментальних досліджень по довговічності, стійкості до різних супутніх матеріалів, що використовуються в машинах, стійкості до температурної дії. В герметизації фланцевих з'єднань найбільш широкого використання знайшли анаеробні герметики. Тому питання дослідження використання анаеробних герметиків є актуальним і потребує подальшої розробки.

#### Список використаних джерел

1. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцева П.Т., Калганков, Е.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
2. Анаеробные герметики [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
3. Druckluft im Handwerk Energie sparen Klima schützen Kosten senken! [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.druckluft-effizient.de/downloads/dokumente/druckluft-im-handwerk-lfu.pdf>.
4. Қарабиньш С. С. Застосування високотехнологічних матеріалів покриття при ремонті сільськогосподарських машин / С. С. Қарабиньш, Д. М. Гордина. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вертикальний обробіток ґрунту та зрошення – шлях до рекордних врожаїв». Кропивницький: ЦНТУ.. – 2018. – С. 25–27.
5. Adhesive Technologies «Клейові технології» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.henkel.ua/brands-and-businesses/adhesive-technologies>.
6. Калганков Е.В. Расчет долговечности резиновых футеровок шаровых рудоразмольных мельниц с учетом старения резины / Калганков Е.В.// ГеоТехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. Праць, Ін-т ГеоТехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – № 113. С. 181–202.



**Розділ 11  
ТРАНСПОРТ**

**В.В. Дрищ,**  
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕРІАЛИ У ГЕРМЕТИЗАЦІЇ  
НЕРУХОМИХ З'ЄДНАНЬ АГРЕГАТИВ МОБІЛЬНИХ МАШИН.....106

**О.А. Степаненко,**  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИХОДУ З ЛАДУ КУЛЬОВИХ ОПОР  
ТА ПОШУК ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ .....191

Підписано до друку 09.02.2021. Формат 60x84/16. Папір офсетний білий.  
Гарнітура «Charter». Друк цифровий. Ум. друк. арк. 11,63.  
Зам. № 0002/21-1. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить змішаними мовами: укр., англ., рос.

Віддруковано з готового оригінал-макета ФОП Москвін А.А.  
м. Запоріжжя, просп. Соборний, 109.

Інститут інноваційної освіти. Науково-навчальний центр Прикладної інформатики НАН України  
e-mail: novavita@gmail.com; сайт: www.novavita.com

Видання здійснене за експертної підтримки  
Науково-навчального центру Прикладної інформатики НАН України  
03680, Київ-107, просп. Академіка Глушкова, 40