

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення деталей системи рульового керування легкового автомобіля Daewoo Lanos з дослідженням впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на температурні показники трибоспряжень автомобіля.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-62  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Віталій ЛЯХТА</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Андрій ГУПКА</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Михайло ЛЕВКОВИЧ</u> (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	<u>Олег ЦЬОНЬ</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Ігор ЯРЕМА</u> (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«20» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

студенту Ляхті Віталію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення деталей системи рульового керування легкового автомобіля Daewoo Lanos з дослідженням впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на температурні показники трибоспряжень автомобіля.

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1072.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення деталей системи рульового керування

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Вісь маятникового важеля 1 лист – А2

Карти ескізів 1 лист – А2

Карти ескізів 1 лист – А1

Установка для подрібнення і змішування полімерних матеріалів 2 листа – А1

Маятниковий важіль 1 лист – А1

Стадії пресування ступінчастих втулок 1 лист – А1

Графічні залежності температурних показників трибо спряжень автомобіля 2 листа – А1

Ділянка ремонту деталей системи рульового керування 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	20.11.2023	
2	Технологічний розділ	27.11.2023	
3	Конструкторський розділ	4.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	8.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	15.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	26.12.2023	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Віталій ЛЯХТА \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Андрій ГУПКА \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дана магістерська робота присвячена вивченню та розробці методів відновлення маятникового важеля рульового керування автомобіля з метою підвищення його функціональності та надійності. З ростом автопарку та зростаючими вимогами до безпеки дорожнього руху, стан системи рульового керування стає ключовим аспектом забезпечення ефективності та безпеки автомобільного транспорту.

В першому розділі обґрунтовується актуальність обраної теми, ставиться мета дослідження та формулюються основні завдання. Основна увага приділяється проблемі деградації та пошкодження маятникового важеля, яка виникає внаслідок інтенсивної експлуатації та впливу зовнішніх факторів.

Перший розділ роботи присвячений аналізу стану проблеми, визначенню основних чинників, що впливають на стан маятникового важеля, та огляду існуючих методів відновлення. Розглядаються різноманітні підходи до ремонту та їх ефективність, що становить теоретичну основу для подальшого дослідження.

Другий розділ присвячений розробці нових методів відновлення маятникового важеля з використанням сучасних матеріалів та технологій. В рамках дослідження проводяться експерименти, спрямовані на визначення оптимальних параметрів відновлення та оцінку його впливу на функціональність важеля та загальну безпеку автомобільного руху.

Також в роботі розглядаються можливі перспективи подальших досліджень у цій галузі. В цілому, дана магістерська робота спрямована на поглиблене дослідження проблеми відновлення маятникового важеля рульового керування автомобіля та розробку практично застосовних методів його удосконалення. Результати цього дослідження можуть мати позитивний вплив на технічне обслуговування автомобільного транспорту та підвищення рівня безпеки на дорозі.

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b>	1
<b>ЗМІСТ</b>	2
<b>ВСТУП</b>	4
<b>1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	5
1.1 Загальна характеристика основних служб станції технічного обслуговування.	5
1.2 Конструктивні особливості та режими експлуатації механізму рульового керування автомобілів моделі DAEWOO LANOS	7
1.3 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей втулок маятникового важеля.	11
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	15
2.1 Розробка технологічного процесу розбирання маятникового важеля	15
2.2 Обґрунтування та розробка технологічного процесу дефектування вісі маятникового важеля	16
2.3 Технологічний процес виготовлення втулки маятникового важеля	19
2.4 Порядок розрахунку та вибору режимів обробки деталі для виконання технологічних операцій	22
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	33
3.1. Установка для подрібнення і змішування полімерних матеріалів	33
3.2. Розрахунок необхідної кількості запропонованого матеріалу – поліуретан для виготовлення втулок маятникового важеля	34
3.2.1 Визначення умов роботи вузла тертя втулка — вісь маятника	34
3.2.2. Розрахунок на знос поліуретану П-20	37
3.2.3 Розрахунок на знос поліуретану П-25	39
3.3 Пристосування для пресування втулок маятникового важеля	43
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ</b>	46
4.1 Дослідження впливу конструктивних і експлуатаційних факторів	46
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	53

5.1 Розрахунок природного освітлення поста фарбування кузовів транспортних засобів	53
5.2 Виробнича безпека при виконанні робіт на запропонованих установках	54
5.3 Оцінка сховища по місткості	56
<b>ВИСНОВКИ</b>	59
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	60

## ВСТУП

З розвитком автомобільної індустрії та постійним прагненням до вдосконалення безпеки на дорозі, особлива увага приділяється технічному стану та ефективності систем рульового керування автомобілів. Одним із ключових елементів цих систем є маєтниковий важіль, який забезпечує точне та стабільне керування транспортним засобом. Проте, внаслідок експлуатації та зовнішніх впливів, маєтникові важілі можуть піддаватися пошкодженням, що ставить під загрозу не лише ефективність, але й безпеку автомобільного руху.

Мета цієї магістерської роботи полягає в дослідженні та розробці методів відновлення маєтникового важіля рульового керування автомобіля з використанням сучасних матеріалів та технологій. Проведення цього дослідження є актуальним у зв'язку з постійними змінами в автомобільній техніці та необхідністю забезпечення високого рівня безпеки для учасників дорожнього руху.

Дослідження полягають в розгляді проблем відновлення маєтникового важіля рульового керування автомобіля, а також у розробці та апробації методів його оптимізованого відновлення. Зазначений аспект стає надзвичайно актуальним в умовах постійного розвитку технологій автопрому та підвищення вимог до безпеки на дорогах. В рамках цього дослідження буде проведено глибокий аналіз стану проблеми, визначено основні фактори впливу на стан маєтникового важіля, розглянуто існуючі методи відновлення та визначено перспективи використання новітніх матеріалів та технологій у цій сфері. Результати даного дослідження можуть внести вагомий внесок у розвиток технічного обслуговування автомобільного транспорту та підвищення безпеки дорожнього руху.

## 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Загальна характеристика основних служб станції технічного обслуговування.

Робочі служби, відповідні відділи та їх підрозділи забезпечують належне функціонування станцій технічного обслуговування (СТО). До одного із головних підрозділів в структурі управління СТО та організації її роботи відноситься технічна служба. До переліку робіт, які виконуються технічною службою відносяться:

1. Вдосконалення процесу організації технічного обслуговування та ремонту автомобілів з метою суттєвого скорочення періодів простою автомобілів під час технічного обслуговування та ремонту, покращення якісних показників ремонтних робіт із зниженням їх собівартості, забезпечення умов належного зберігання автомобілів. В перелік робіт, які виконує технічна служба входить організація відповідних технічних оглядів та ремонтів технологічного обладнання та оснащення, яке використовується на СТО.

З метою використання останніх досягнень в даній галузі технічна служба аналізує передовий досвід, як вітчизняних так і зарубіжних в галузі науково-дослідних робіт, заохочує раціоналізаторську та винахідницьку роботу, а також заходи по впровадженні наукової організації праці.

2. Технічна служба також здійснює кооперування, міроприємства з концентрації та спеціалізації технологічного виробництва при технічному обслуговуванні та ремонті автомобілів.

3. Здійснює суттєве покращення організаційної структури підприємства та форм сучасної організації праці при виконанні ремонтних робіт, удосконалення структури управління, форм організації праці, впровадження сучасних методів технології і коректування діючих режимів технічного обслуговування і ремонту автомобілів, використання сучасного обладнання та оснащення, впровадження засобів механізації та автоматизації ремонтних робіт.



4. Покращення якості навчання та рівня контролю сучасної технічної підготовки робітників та інженерно-технічних працівників.

Стацією технічного обслуговування керує головний інженер, який являється першим заступником генерального директора підприємства. В структуру технічної служби входять: виробничо-технічний підрозділ, відділ головного механіка, підрозділи зон технічного обслуговування та ремонту, гаражні відділення.

В обов'язки служби експлуатації входять: планування та організація схем перевезень вантажів, різноманітних матеріалів, запасних частин, транспортування автомобілів для продажу. Служба експлуатації керує роботу підприємства та виконує диспетчерські функції. Крім цього дана служба здійснює розробку заходів з безпеки руху автомобілів, конструює стан водіїв перед виїздом на маршрут та здійснює профілактичні огляди автотранспорту.

Питаннями організації по доставці, збереженню та продажу автомобілів займається служба реалізації.

В обов'язки планово-економічного відділу входить щорічне планування виробничої діяльності станції технічного обслуговування та контроль за її виконанням.

Генеральний директор являється головою СТО та є безпосереднім керівником та відповідальною особою даного підприємства, якому підпорядковуються всі служби і підрозділи.

Аналізуючи роботу підприємства Богдан Авто можна порівняти фактичні і нормативні показники та оцінити рівень технічного оснащення та запас по виробничих площах. В останні роки суттєво знизився показник надходження автомобілів на технічний огляд та ремонт про що свідчить вільні робочі пости а також пости, які працюють не на повну потужність.

Враховуючи складні економічні умови, в яких працюють аналогічні підприємства, одним із шляхів підвищення ефективності його роботи є суттєве збільшення капітальних вкладень на розробку нових прогресивних технологій,

освоєння сучасного технологічного обладнання та оснащення на виконання відповідного виду робіт.

Одним із шляхів для поповнення фондів на капітальні вкладення може бути організація технічного обслуговування та ремонту автомобілів приватних власників, надання відповідних послуг при ремонті автомобілів іноземних марок, а також транспортних засобів інших автотранспортних підприємств та фірм, враховуючи що дане підприємство (СТО) володіє необхідними площами, виробничими потужностями, висококваліфікованими працівниками.

Серед перспективних міроприємств по підвищенні ефективності роботи автотранспортного підприємства можна застосувати заходи по підвищенню коефіцієнта технічної готовності автомобіля, підвищення рівня якості виконуваних робіт на етапі діагностування автомобіля. Сучасне діагностичне обладнання дозволяє визначити вид та характер несправностей вузлів та агрегатів автомобіля без їх розбирання, що забезпечує виявлення даних несправностей до відказу в роботі та дозволяє спланувати заходи для їх попередження, мінімізує зношування робочих поверхонь деталей пар тертя, суттєво знижує матеріальні та фінансові

## **1.2 Конструктивні особливості та режими експлуатації механізму рульового керування автомобілів моделі DAEWOO LANOS**

Система рульового керування автомобіля складається з ряду ключових компонентів, які спільно забезпечують водієві можливість керувати транспортним засобом. Основні елементи цієї системи включають:

1. Кермо (руль): Це основний елемент, який утримує водій для забезпечення керування. Руль може мати різні форми та конструкції, включаючи класичне кермо або руль з електронним керуванням.

2. Рейка рульового управління: Рейка рульового управління відповідає за переміщення коліс транспортного засобу згідно з обертанням руля. Вона може бути гідравлічною або електричною.

3. Маятниковий важіль: Цей важіль перетворює рух руля в рульову реакцію, керуючи кутом повороту передніх коліс. Його можна виконати у вигляді кулькового маятника або редуктора.

4. Наконечники рейки: Ці компоненти з'єднують рейку рульового управління з колесами транспортного засобу, передаючи рух від рейки до керованих коліс. Гідравлічні або електричні насоси та циліндри: В системах рульового керування можуть використовуватися гідравлічні або електричні елементи для забезпечення потрібного тиску та сили для переміщення рейки та коліс.

5. Рульовий механізм: Це об'єднує всі компоненти системи в єдину функціональну систему та забезпечує координацію їхньої роботи.

Разом ці компоненти створюють ефективну систему рульового керування, яка дозволяє водієві легко та точно керувати автомобілем в різних умовах руху.

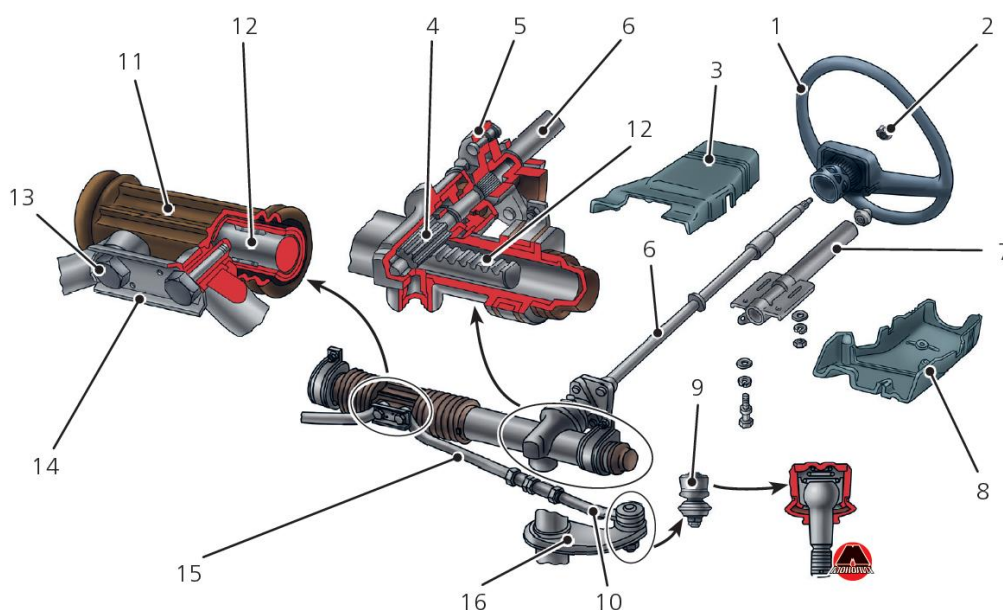


Рисунок 1.1. Рульове управління

1 - Рульове колесо, 2 - Гайка кріплення рульового колеса, 3 - Верхній кожух рульової колонки, 4 - Шестерня рульового редуктора, 5 - Фланець рульового вала, 6 - Рульовий вал, 7 - Труба рульового вала, 8 - Нижній кожух, 9 - Кульовий шарнір, 10 - Наконечник рульової тяги, 11 - Пильовик, 12 - Рейка рульового редуктора, 13 - Болт кріплення рульової тяги, 14 - Стопорна пластина, 15 - Рульова тяга, 16 - Поворотний важіль передньої стійки.

Рульовий механізм призначений для передачі зусилля, створюваного водієм до рульового приводу, а також для збільшення зусилля, що додається водієм, і зміни його напрямку. Рульовий привід здійснює передачу зусиль від кермового механізму до керованих коліс автомобіля і забезпечує необхідну кінематику повороту автомобіля, при якій всі його колеса котяться по дугах, описаних з одного центру (це досягається поворотом керованих коліс на різні кути). Рульовий підсилювач служить для полегшення керування автомобілем та підвищення безпеки його руху. Рульовий механізм включає рульове колесо, рульовий вал, рульову передачу. Рульовий механізм автомобіля Lanos (Sens) шестеренний: у ньому застосовано рульову передачу типу «шестерня-рейка». У технічній літературі такі механізми іноді називають рейковими. Рульова передача забезпечує зміну величини та напрямки силового впливу водія на кермо; вона розміщується в окремому картері, закріпленому на кузові. Рульове колесо пов'язане з рульовою передачею рульовим валом (цей вал розміщений у кожусі, що називається рульовою колонкою). Вал рульового керування автомобілів Lanos (Sens) виконують цільним, з'єднаним карданним шарніром. Рульова колонка травмобезпечна.

Рульовий привід автомобіля Lanos (Sens) складається з двох рульових тяг, внутрішні (відповідно до розташування на автомобілі) кінці, яких шарнірно з'єднані з кермовим механізмом, а зовнішні пов'язані кульовими шарнірами з поворотними важелями, закріпленими на стійких амортизаторах передніх підвісок (ці тяги і важелі утворюють рульову трапецію, яка забезпечує необхідне співвідношення між кутами повороту керованих коліс).

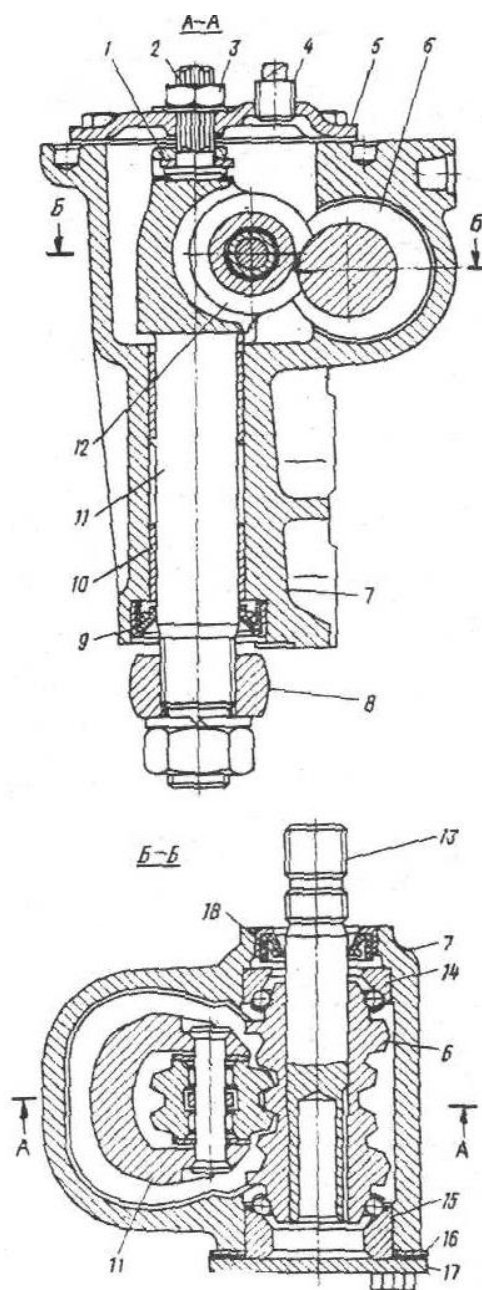


Рисунок 1.2. Загальний вигляд рульового механізму.

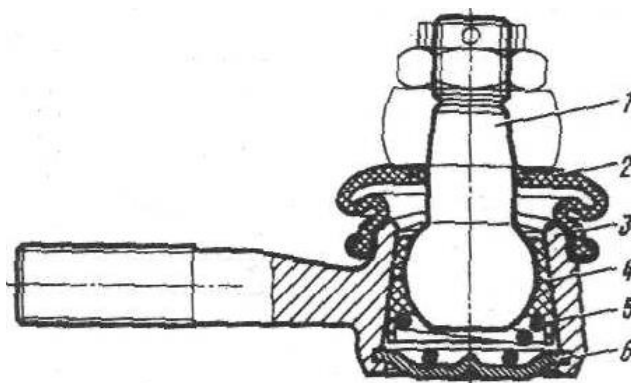


Рисунок 1.3. Конструкція шарового шарніру рульової тяги.

Згідно конструкції приведеної на рисунку 1.4, за допомогою двох болтів до одного з лонжеронів (правого) кузова автомобіля, який розміщений навпроти картера рульового механізму прикріплено маятниковий важіль.

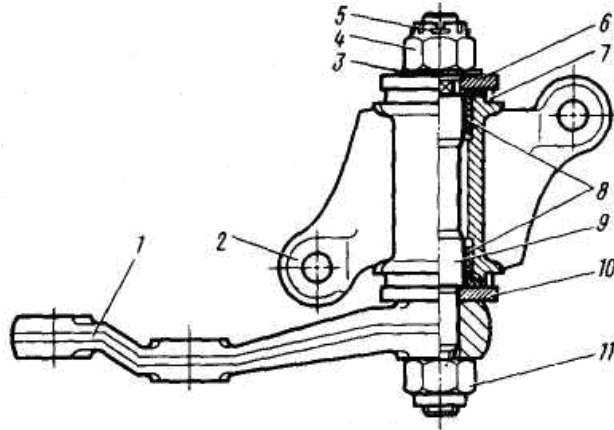


Рисунок 1.4. Конструкція маятникового важеля.

Дві втулки виготовлені з поліуретану 8, які служать для обертання вісі 9 змонтовані в корпусі кронштейна 2 маятникового важеля. В процесі збирання даного вузла, в зону рухомих з'єднань кронштейна, подається мастильний матеріал Літол-24, який в процесі експлуатації автомобіля не замінюється і не поповнюється.

### 1.3 Характеристика режимів експлуатації та основні причини зношування деталей маятникового важеля

В процесі експлуатації на маятниковий важіль діють динамічні, знакоперемінні навантаження, вібрації. Маятниковий важіль сприймає дані навантаження безпосередньо за допомогою рульових тяг, як в процесі обертання рульового колеса та від керованих коліс під час їхнього контакту із асфальтним дорожнім покриттям.

Таблиця 1.1

Основні фізико-механічні параметри поліуретанів

Показник	Марка поліуретану		
	СКУ-7Л	ЛУР-СТ	СКУ-ПФЛ
1. Значення твердості по Шору	75-90	максимально80	мінімально90

А, ум.од.			
2. Верхня границя міцності в умовах розтягу, МПа	35	35	35
3. Відносне видовження під час розриву, %	375	650	350
4. Залишкова деформація після розриву, %	5	15	15
5. Величина опору при задирі, кН/м	35	35	55
6. Густина матеріалу, кг/м <sup>3</sup>	1255	1255	1250
7. Показник гідролітичної стійкості	незадовільна	незадовільна	задовільна
8. Маслостійкість, бензиностійкість	задовільна	задовільна	незадовільна
9. Допустимий температурний інтервал експлуатації, С°	плюс 10... 80	плюс 10... 80	мінус 45 плюс 85

На пару тертя втулка маятникового важеля-вісь, в процесі експлуатації діє цілий комплекс силових та кінематичних параметрів, які суттєво впливають на зносостійкість робочих поверхонь. Динамічний, знакоперемінний характер прикладання зовнішніх сил, реверсивний характер руху, наявність в зоні тертя абразиву та продуктів зношування, високі температури сприяють виникненню в основному абразивного та втомлю вального зношування. Недостатній режим змащування призводить до можливостей викришування на окремих ділянках поверхонь тертя даного спряження. Все це в сокупності погіршує режим тертя даної пари та умови експлуатації механізму в цілому.

Як показує практика експлуатації даних вузлів на вид та інтенсивність абразивного зношування впливає ряд факторів: твердість матеріалу деталі та твердість зерен абразиву; співвідношення даних твердостей; концентрація абразиву в зоні тертя; дисперсність абразивних зерен; механізми захисту вузла тертя від попадання в нього абразиву. В залежності від співвідношення твердостей абразиву та матеріалу деталі розрізняють або механічну, або термохімічну форми абразивного зношування. При механічній формі абразивного зношування (твердість абразиву значно вища твердості матеріалу)

відбувається мікрорізання на поверхнях тертя, про термомеханічній формі абразивного зношування (не суттєва різниця в твердостях) відбувається пластична деформація поверхневих шарів матеріалів пар тертя. Більш небезпечною є механічна форма абразивного зношування.

Серед основних факторів, які зумовлюють інтенсивне абразивне зношування поверхонь тертя деталей автомобілів являється: частинки ґрунту та пил, металева стружка після механічної обробки поверхонь, зношенні та подрібнені окисні плівки, які утворюються на поверхні тертя, продукти зношування, які попадають в зону тертя і діють як абразивний матеріал, як при наявності мастильного матеріалу так і при його відсутності.

В залежності від вихідного матеріалу, силових факторів, абразивні частинки мають різну форму та розміри. Інтенсивність абразивного зношування залежить також від концентрації абразивних частинок в зоні тертя, співвідношення твердостей матеріалу поверхневих шарів деталей та абразиву.

Багаторазове повторне деформування поверхневих шарів матеріалу деталі (мікроб'ємів) призводить до появи втомного зношування, як одного із видів механічного зношування, який характеризується наявністю скритого періоду на протязі якого відбувається накопичення внутрішніх пошкоджень матеріалу.

При використанні полімерних матеріалів у вузлах тертя появляються, в результаті пружних деформацій, втомні тріщини, які по відношенні до вектора швидкості ковзання розміщені в поперечному напрямку і призводять до руйнування пари тертя.

Ударно-втомливе зношування характеризується поступовим формуванням робочого рельєфу на поверхнях тертя при повільному збільшенні інтенсивності зношування. Як правило, для поверхні тертя не характерно визначеність рельєфу (риски, лунки), тому що в результаті контактної взаємодії зразків із підвищеною твердістю початкові нерівності рельєфу згладжуються і технологічна шорсткість поверхні переходить в експлуатаційну. На загальному графіку залежностей показників тертя та зношування від силових та кінематичних параметрів навантаження, характерна наявність на ступнях



етапів: I – період припрацювання (поступове зменшення значення трибо технічних показників); II – період нормального тертя та зношування (мінімальні та стабільні значення триботехнічних показників); III – період об'ємної деструкції (руйнування основного матеріалу деталей пар тертя).

Отже процеси зношування маятничого важеля протікають в основному на поверхнях тертя, а саме у спряженні втулка маятничого важеля – вісь маятничого важеля.

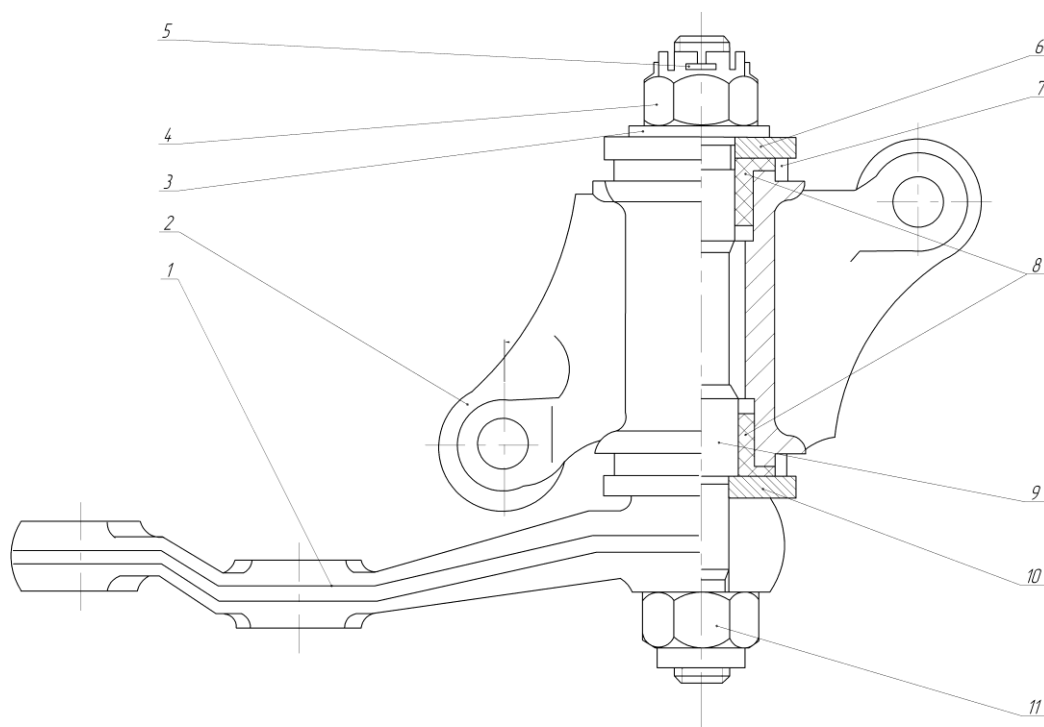
## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розробка технологічного процесу розбирання маятникового важеля

При формуванні оптимальної схеми розбирання конкретної складальної одиниці вивчають її конструктивні особливості згідно складального креслення, попередньо ознайомившись з існуючими типовими технологічними процесами розбирання, яке здійснюється в конкретній послідовності враховуючи конструкцію складальної одиниці.

Для загального опису структури технологічного процесу розбирання, вихідною інформацією являється схема розбирання даної складальної одиниці. Дана схема розбирання використовується, як основний технологічний документ на конкретному робочому місці. Враховуючи трудомісткості виконуваних робіт дана схема обґрунтовує необхідну кількість робочих місць для реалізації розбірно-складальних операцій на конкретному підприємстві (для конкретної складальної одиниці) враховуючи можливість реалізації здійснення, як послідовних так і паралельних робіт.

Початковим етапом схеми розбирання є складальна одиниця, завершальним етапом – базова деталь. В таблиці 2.1 приведена схема послідовності виконання технологічних операцій по розбиранню маятникового важеля. На робочому кресленні складальної одиниці номери позицій (деталей) наносять на полках ліній виносок.



Маятниковий важіль в зборі			
Шлінт 4 x 28.3.036 ГОСТ 397-79	5	Гайка 2М16x125-6Н.5.019 ГОСТ 5932-73	4
	1		1
Шайба	3	Гайка М16x125-6Н.5.019 ГОСТ 5932-73	11
	1		1
Шайба	10	Маятниковий важіль	1
	1		1
		Ущільнювач	7
			1
		Кронштейн	2
			1
		Втулка	8
			2

## 2.2 Обґрунтування та розробка технологічного процесу дефектування вісі маятникового важеля

Дефект деталі – не відповідність даного параметру деталі встановленим нормативною документацією вимогам. Основне завдання технологічного процесу дефектації деталі – загальна оцінка технічного стану поверхонь деталі

та її придатність до експлуатації. При розробці технічних умов на дефекацію деталі використовують два основних критерії, які оцінюють технічний стан деталі: I – критерій можливого подальшого використання даної деталі у вузлі (допустимий критерій) до наступного її ремонту; II – критерій неможливого використання деталі в даному вузлі (критерій граничного стану). Як правило, такі деталі або ремонтують, якщо це технологічно та економічно доцільно, або бракують (критичні пошкодження, деталь не піддається відновленню).

Засоби, які використовуються для оцінки технічного стану деталі при її дефекації: візуальний огляд – характеристика загального стану деталі; мірний інструмент – аналіз розмірних характеристик дефектів; спеціальне обладнання та оснащення – комплексна оцінка фізико-механічних, технологічних, експлуатаційних характеристик деталі; спеціальні гідравлічні та пневматичні випробування – аналіз та характеристики тріщин, нещільностей, мікротріщини, приховані дефекти.

Перед початком дефекації деталі проходять попередню очистку, знежирювання та миття поверхонь при дотримванні відповідних технічних вимог. Виконуються дані операції кваліфікованими робітниками на спеціальних робочих постах.

Технологічний процес ремонту маятникового важеля, як одного з елементів системи рульового керування, передбачає заміну втулки. При цьому, вісь маятникового важеля, яка обертається у даних втулках, проходить етап дефektування, який дозволяє використовувати зношену вісь при умові виготовлення та використання втулки із внутрішнім діаметром, який відповідає діаметру зношеної вісі.

Умови експлуатації, характер навантаження, особливості конструкції впливають на виникнення тих чи інших поверхневих та внутрішніх дефектів вісі маятникового важеля (Рисунок 2.1): поверхневі тріщини, забої робочих поверхонь, абразивний, втомний види зношування робочих поверхонь під втулки, зношування поверхні вісі під сошку, пошкодження різьбових поверхонь.

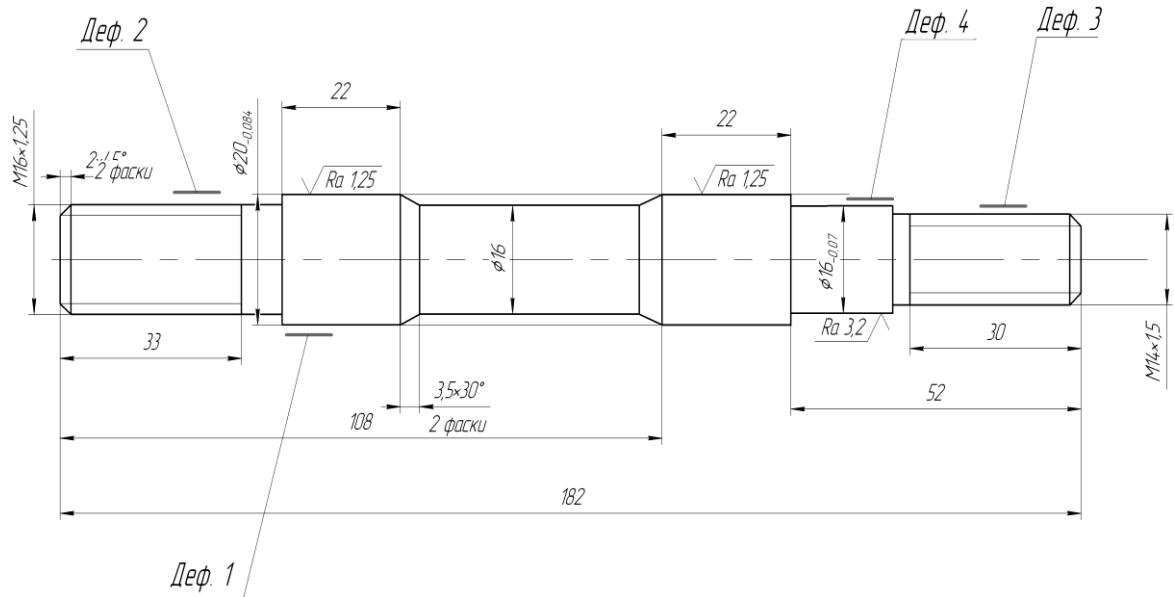


Рисунок 2.1 – Дефекти осі маятникового важеля.

В таблиці 2.1 приведено значення максимальних параметрів дефектних поверхонь, контрольні засоби. Вплив наявності дефекту на можливість подальшої експлуатації деталі.

Таблиця 2.1

Карта дефектації поверхонь вісі маятникового важеля

Провірочний дефект	Розміри поверхонь, мм		Контрольні засоби	Загальні висновки
	Робоче креслення	Допустимі розміри		
Надриви, вибоїни, вмятини	Повна відсутність		Збільшувальна лупа	Відбракувати
Зношування поверхонь тертя під втулки	$\text{Ø}22_{-0,084}$	$\text{Ø} 20,8$	Мікрометраж	Підлягає ремонту
Пошкодження різьбової поверхні	M18x1,5		Контрольна гайка	Відбракувати
Пошкодження різьбової поверхні	M16x1,5		Контрольна гайка	Відбракувати
Зміна діаметрального розміру під сошки	$\text{Ø}16_{-0,07}$	$\text{Ø} 16,80$	Мікрометраж	Підлягає ремонту

Як видно із таблиці 2.1 відновленню підлягає тільки та поверхня вісі маятникового важеля, яка є робочою під відповідні втулки для якої характерно інтенсивне зношування. На виявлений дефект, в подальшому розробляється технологічний процес відновлення зношеної поверхні деталі.

### 2.3 Технологічний процес виготовлення втулки маятникового важеля

В якості матеріалу для виготовлення втулки маятникового важеля використано полімерний матеріал – поліуретан. Згідно мети та завдань даної роботи запропоновано, в якості матеріалу для виготовлення даної деталі, використати поліуретан. Це зумовлено тим, що в порівнянні із поліуретаном у поліуретана кращі параметри по фізико-механічних характеристиках. Крім цього, поліуретан більш стійкий до абразивного зношування. Основні фізико-механічні та технологічні властивості поліуретану представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Основні фізико-механічні та технологічні характеристики поліуретану

Параметри	Поліуретан 16/21	Поліуретан 16МВ
1	2	3
Густина матеріалу, кг/м <sup>3</sup>	2100...2220	2100...2600
Параметр міцності при розтягу, МПа	18...28	12...17
Модулі пружності, МПа р озтяг стиск	760...1220 700...950	1100...1400 750...850
Величина видовження при розриві деталі, %	12...24	8...32
Коефіцієнт термічного розширення (x10) <sup>-6</sup> при 275...253К,	65...69	65...69
Показник теплопровідності при 275...255К, (Вт/мК)	0,36...0,39	0,38...0,44
Твердість матеріалу НВ, МПа	55...65	55...65
Параметр в'язкості, кДж/м <sup>2</sup>	20...100	20...50
Величина зношування (x10 <sup>-7</sup> ), мм <sup>3</sup> /м, граничне навантаження	1,4...33	1,2...32

помірне навантаження	0,5...11,5	0,6...8
Середній коефіцієнт пари тертя		
граничне навантаження	0,16...0,33	0,2...0,4
помірне навантаження	0,07...0,33	0,07...0,02

В таблиці 2.3 приведена послідовність виконання технологічних операцій для виготовлення втулки маятникового важеля.

Таблиця 2.3

Послідовність технологічного процесу виготовлення втулки маятникового важеля

№ п/п	Технологічні операції	Виконувані операції
005	Операція порізки	Порізка тканини
010	Операція для подрібнення	Подрібнення тканини
015	Операція для змішування	Змішування тканини з порошком фторопласту -4.
020	Операція для подрібнення	Одержання необхідної композиції полімерних матеріалів
025	Термічна операція	Сушка композиції
030	Операція рихлення	Розрихлення композиції
035	Вагова операція	Зважування композицією
040	Пресова операція	Пресування втулки
045	Термічна операція	Спікання втулки
050	Операція для контролю	Контроль основних розмірів втулки

Для забезпечення технологічного процесу виготовлення даної деталі згідно заданої послідовності виконання операції вибираємо необхідне обладнання. Одна з головних вимог до даного обладнання – його універсальність, яка дозволяє одночасно виконувати декілька операцій при невеликих габаритних розмірах. В таблиці 2.4 приведена характеристика

вибраного технологічного обладнання для кожної операції технологічного процесу виготовлення втулки маятникового важеля.

Таблиця 2.4

Технологічне обладнання та контрольний інструмент для технологічного процесу виготовлення втулки маятникового важеля.

№№ п/п	Технологічні операції	Технологічне обладнання, вихідні матеріали, робочі інструменти
005	Операція порізки	Машина для порізки, марка БРМ-4,
010	Операція подрібнення	Молоткова дробарка, марка КДУ-2,
015	Операція змішування	Дозатор для змішування, марка Д-81ПМ.
020	Операція подрібнення	Подрібнювач – змішувач для полімерних матеріалів, марка МРП-1М
025	Термічна операція	Піч термічна, марка А-114 М
030	Операція рихлення	Аналогічно операції 020
035	Операція зважування	Аналітичні ваги, марка ВНЦ-10, точність вимірювання до 0,01 грама
040	Операція пресування	Прес гідравлічний, марка ДВ.2434.00
045	Термічна операція	Піч термічна, марка А-114 М
050	Контрольна операція	Мікрометр 0-50 Штангенциркуль ШЦ 1-01-50



## **2.5 Порядок розрахунку та вибору режимів різання для виконання технологічних операцій**

### **005. Операція порізки.**

Рулон вуглецевої тканини УТМ-8, який розміщений на робочому столі розрізаємо в поперечному напрямку паперово-ріжучою машиною марки БМР-4 на відповідні шматки.

### **010. Операція подрібнення.**

Подальше подрібнення порізаної вуглецевої тканини здійснюється за допомогою молоткової дробарки марки КДУ-2. В. В даному агрегаті тканина проходить два етапи різання до досягнення розміру 0,1...0,25мм. Регулярно в процесі роботи через сильне пилоутворення, молоткова дробарка підлягає очистці (сепаруюча решітка). Згідно технічних вимог щільність волокон при насипанні повинна знаходитись в межах 55...155кг/м.

Не допускається варіант змішування різних марок вуглецевих тканин. У разі необхідності подрібнення тканини іншої марки, подрібнювач очищається. Даний подрібнювач оснащений системою керування, куди входять блок автоматичного керування у випадку перевантаження вторинною сировиною, станція ПКЕ622-2 та вимикач ВПК-2110. У випадках, коли в зону подрібнення попадають по стороні предмети, або матеріали іншої марки, двигун автоматично вимикається. Передбачена також система аварійного відключення двигуна при відкритих кришках ріжучого барабана.

### **015. Операція змішування.**

Процес приготування полімерних композицій з використанням поліуретану проходить у два етапи:

- Формування заданої полімерної композиції в результаті змішування вихідних компонентів, за допомогою змішувача-дозувальника;
- Кінцеве подрібнення полімерної композиції з використанням млина МРП-1М.

Процес змішування полімерної композиції з поліуретану відбувається у змішувачі–дозувальнику за допомогою ножа, який закріплений на валу в середині змішувача. Перед початком змішування, робоча зона змішувача чиститься, після чого завантажується поліуретан, оптимальна вага якого, при завантаженні, дорівнює 35кг. Змішування відбувається при температурі 25°C на протязі 15...25хв, яка вимірюється при допомозі хромель-копельових термопар, при циклічному характері роботи – період роботи змішувача 3...5хв, інтервал зупинки 8...12хв.

#### **020.** Операція подрібнення.

На початку подрібнення даної композиції з використанням млина МРП-1М її зважують та завантажують в камеру розмолу, при цьому зачиняють кришку, а камеру герметизують. Камеру розмолу розташовують на колонці приводу при умові, що квадрат валика входить в зачеплення із муфтою приводу, а штифти нижнього циліндра входять в прорізи колонки приводу. Після цього камеру розмолу провертають до зупинки на штифтах, які розміщені в горизонтальних прорізах. Встановлюється необхідний час помолу ( $t = 4$ хв) та вмикається млин.

Етап змішування відбувається в три етапи при чергових змінах камери змішування на протязі 10 – 12хв. Для уникнення можливого перегріву втулки, передбачені паузи для охолодження на протязі 10хв після кожних 12хв роботи млина.

#### **025.** Термічна операція.

Процес сушіння композиції відбувається при температурі 150°C протягом 4-8 год. при товщині шару не більше 25мм. Іноді при сушінні композиції здійснюють процес рихлення сипучого матеріалу. Сушать композицію в спеціальній сушильній установці, яка обладнана спеціальними блоками для автоматичного відкривання дверей сушильної камери, відключення нагрівачів при відсутності витяжної вентиляції, відкриття заслінки при досягненні температури в сушильній камері 160...185°C.

#### **030.** Операція рихлення.

Використовувані композиції із второпласту (поліуретан) підлягають розпушуванню до початку технологічної операції присування для цього використовують спеціальні композиції. Процес розпушування здійснюється із використанням спеціального млина або змішувача, робочим елементом якого являється робочий ніж при частоті обертання 1200 об/хв. Дана композиція завантажується в бункер млина, або змішувач, після чого потрапляє на обертовий розсіювач і в подальшому зсипається у відповідну ємність.

### **035.** Операція зважування.

На спеціальних гідравлічних пресах здійснюється процес пресування поліуретану (фторопластової композиції) з використанням холодних сталевих форм, при цьому застосовуючи вагове дозування композиції в використанням циферблатних настільних ваг із високою точністю зважування (+0,01кг).

### **040.** Операція пресування.

На відміну від пресування гладких заготовок, типу втулок, процес пресування деталей ступінчастого типу ускладнений у зв'язку з тим, що вихідний матеріал (поліуретан) не відноситься до матеріалів з високою текучістю та пластичністю у підпресованому стані. Ця властивість поліуретану в процесі перерозподілу ущільнених об'ємів призводить до зміни його щільності, появи дефектів у вигляді тріщин, розривів, зрізів, які стають помітними по закінченні процесу спікання. Якщо конструктивно деталь містить ступінчасті бокові поверхні, при виготовленні пресформ, виключають наявність формотвірних елементів по формі кільцевих виступів та канавок на робочій торцевій поверхні пуансона. В якості кількісної оцінки технологічності конструкції ступінчастих деталей служить міра ущільненості матеріалу в процесі присування. Даний параметр для деталей, які містять фланцеву та стрижневу частини визначається за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{H_n}{H_{\phi}}, \quad \varepsilon_c = \frac{H_o}{H_c},$$

Де  $H_n$  — рівень засипки поліуретану в прес-форміи;

$H_{\phi}$  — розрахункова товщина фланця;

$H_c$  — протяжність стрижневої частини на заготовці;

Оптимальне значення степіні ущільнення  $\varepsilon_{opt} = 6$ .

Для більш рівномірного розподілу щільності матеріалу по об'єму для ступінчастих деталей використовують в процесі пресування прес-форми з телескопічними пуансонами. Телескопічний пуансон – це комбінація внутрішнього та зовнішнього пуансонів, які розміщені один в одному і мають можливість взаємного переміщення вздовж твірної яке співпадає із напрямком пресування. Геометричні розміри зовнішнього пуансона (зовнішні та внутрішні діаметри) – це розміри фланця, а відповідні розміри внутрішнього пуансона – це розміри стержневої частини даної деталі.

Технологічний процес пресування деталі, з використанням прес-форм оснащених телескопічними пуансонами: порожнина між стрижнем і матрицею заповнюється поліуретаном, маса якого дорівнює масі фланцевої частини заготовки, з подальшим ущільненням; здійснюється контакт між матрицею та зовнішнім пуансоном. Відбувається додаткове ущільнення поліуретану під вагою пуансона, при цьому деяка частина поліуретану заповняє порожнину між стрижнем та внутрішньою поверхнею пуансона. В подальшому порожнина засипається іншою порцією поліуретана, маса якої рівна масі стрижневої частини деталі із встановленням внутрішнього пуансона. Відбувається процес пресування, при якому переміщення внутрішнього пуансона відбувається в напрямку пресування, що дозволяє ущільнити стрижневу частину заготовки.

Під дією сил тертя, які виникають між поліуретаном та внутрішньою циліндричною робочою поверхнею зовнішнього пуансона він теж переміщується відносно напрямку пресування деталі на який впливає величина ущільнення поліуретану у фланцевій частині заготовки. У порівнянні із швидкістю переміщення внутрішнього пуансона, зовнішній пуансон переміщується повільніше, при цьому його швидкість рівна швидкості переміщення плити гідравлічного преса. При досягненні рівності верхніх торців внутрішнього та зовнішнього пуансонів, починається одночасний їх рух із швидкістю пресування для формоутворення готової деталі.

Про закінчення процесу пресування можна судити по моменту, коли фіксується саме крайнє положення торців обох пуансонів, внизу щодо самого верхнього торця матриці, яка встановлена по відповідних точках, або по граничному значенню тиску для пресування в гідравлічній системі преса. Основні етапи пресування деталей ступінчастої форми: перший етап – окремий рух, як внутрішнього, так і зовнішнього пуансонів, при різних співвідношеннях їхніх швидкостей; другий етап – одночасне переміщення обох пуансонів в напрямку пресування, при чому, як правила, швидкість переміщення внутрішнього пуансона у порівнянні із зовнішнім більша. Дане співвідношення швидкостей переміщення обох пуансонів впливає на параметри якості одержуваних деталей. Формула для визначення оптимального ущільнення матеріалу.

$$\frac{V_{в.п.}}{V_{н.п.}} = \frac{h_c}{h_\phi},$$

Де  $h_a$  і  $h_c$  – відповідно висота фланця та довжина стрижня деталі.

До основних параметрів, які впливають на співвідношення швидкостей переміщення з використанням телескопічних пуансонів відносяться: фізико-механічні та технологічні властивості вихідного матеріалу для пресування; міра поліуретану (вага), при формоутворенні деталі в цілому та окремих її елементів; попереднє ущільнення поліуретану; параметри точності та якості робочих поверхонь прес-форм; величина зазору між контактуючими робочими поверхнями пуансонів та матриць. Одержану композицію перед початком пресування необхідно якісно перемішати та просушити, для недопущення появи грудок, які негативно впливають на процес засипки матеріалу та його рівномірного розподілення між поверхнями стрижня та внутрішнього пуансона.

Перед початком процесу пресування деталей із різних марок поліуретану всі робочі поверхні прес-форми протираються та зачищаються. Формула для визначення маси відпресованої втулки.

$$G=(V_\phi + V_c) \cdot \rho,$$

Де:  $G$  - маса матеріалу втулки, кг;

$\rho$  - щільність матеріалу втулки,  $1,930 \text{ кг/м}^3$  ;

$V_\phi$  - об'єм фланця деталі;

$V_c$  - об'єм стрижневої частини деталі.

Необхідний об'єм при засипці вихідного матеріалу, при пресуванні деталі визначається по характеристиках першої готової деталі. Розрахунок проводиться за формулою:

$$G_u = \frac{G \cdot h}{h_t},$$

Де:  $G_u$  - оптимальна величина завантаження вихідного матеріалу, кг;

$G$  - вихідна маса втулки, кг;

$h$  - вихідна висота втулки, мм.;

$h_t$  - одержана висота втулки, мм.

Як правило, величина оптимального завантаження матеріалу не співпадає із завантаженням, визначеним за розрахунками, виходячи з умови рівномірності обсягів завантаження для фланцевої частини заготовки, так і для об'єму стрижня заготовки. Найбільш оптимальні значення розмірів завантаження вихідного матеріалу одержують дослідним шляхом, при умові забезпечення високих параметрів точності та якості готової деталі.

Однією з причин розбіжностей між фактичними та розрахунковими завантаженнями матеріалу являється переміщення частини поліуретану із фланця деталі в її стрижневу частину при встановленні зовнішнього пуансона. До факторів, які впливають на обсяг матеріалу який переміщується можна віднести: степінь попереднього ущільнення матеріалу; способу встановлення пуансона; конструктивні особливості фланцевої частини деталі.

Завершенням другого етапу пресування деталі є той факт, що торці як зовнішнього, так і внутрішнього пуансонів зрівнюються і починається їх одночасний рух за рахунок дії зусилля із сторони плити преса.

До переваг процесу пресування на другому етапі, з використанням прес-форм та телескопічних пуансонів, можна віднести рівномірне зростання

зусилля при пресуванні, що забезпечує високу якість одержуваних виробів. Причиною зменшення зусилля при пресуванні (ступінчастого або плавного) являється наявність тріщин, розривів поверхні, відшарувань поверхневого матеріалу, тобто недопустимих дефектів. Дані дефекти проявляються, як правило після спікання порошкоподібного вихідного матеріалу. Якщо дефекти на деталі виявлені після процесу пресування, вони не усуваються, а деталь перемелюється в млинах і одержаний порошок матеріал використовується повторно. Аналогічний процес, після процесу спікання, не використовується. Для зменшення фактору появи дефектних деталей при їх пресуванні з поліуретану, кінцевий технологічний процес коректується шляхом виготовлення декількох експериментальних деталей на яких відпрацьовується всі конструкторсько-технологічні заходи.

Конструктивно, втулка маятникового важеля відноситься до деталей ступінчастого класу із внутрішньою поверхнею постійного діаметру. Для реалізації технологічного процесу пресування втулки маятникового важеля. Розроблена конструкція, спеціальної прес-форми, яка містить змінні формоутворюючі елементи, які по формі та розмірах відповідають аналогічним парламентам деталі, враховуючи при цьому усадку її розмірів, після процесу спікання.

В конструкцію прес-форми входять верхня та нижня плити, які з'єднані між собою за допомогою трьох стяжних болтів. Формоутворюючі елементи (9 комплектів), встановлюються у спеціальні гнізда, які передбачені в конструкціях обох плит. В комплект формоутворюючих елементів входять: матриця, стяжні стержні, зовнішні та внутрішні пуансони, опорні вкладиші, пружні елементи у вигляді гумових втулок. Наявність гумових втулок передбачена для компенсації похибок, які виникають в процесі пресування деталі, а саме: вагові відхилення маси порошку при одноразовому пресуванні, відхилення в розмірах робочих контактуючих поверхонь пуансона та матриці, які суттєво впливають на якість одержуваних деталей.

Перелічені недоліки, а також при непаралельному розміщенні плит призводять до появи таких небажаних процесів, як недопресування або перепресування деталей. Відсутність компенсаторів іноді приводить до одержання втулок різної довжини в процесі одного пресування. Для усунення даного дефекту необхідну висоту пружного елемента досягають встановленням між пружним елементом та донною вставкою спеціальних прокладок.

Подача порошкоподібного поліуретану, в робочі зони прес-форми відбувається поза межами преса. Необхідна кількість однієї порції для засипки вимірюється на спеціальних лабораторних вагах, з точністю вимірювання – 0,01г, при цьому вага першої засипки становить 6г, а другої 8г. Технологічно на першому етапі завантажуються порції вихідного матеріалу по 6г в кожену матрицю прес-форми. Наступний етап – процес ущільнення засипаного порошкового матеріалу з поліуретану, в подальшому процес ущільнення здійснюється за допомогою зовнішнього пуансону, який вставляється в матрицю. Завершальний етап – засипка другої порції вихідного матеріалу (8г) в проміжок між поверхнями стрижня та зовнішнього пуансон та встановлення прес-форми в робочу зону гідравлічного преса.

Гідравлічний привід преса піднімає нижню плиту для реалізації процесу пресування деталі. Верхня плита, яка прикріплена до середньої траверси, яка в свою чергу змонтована на сферичній опорі здійснює переміщення по різбових колонах і забезпечує необхідний робочий простір. В багатопозиційній прес-формі одночасно пресуються дев'ять втулок маятникового важеля, при швидкості переміщення пуансонів – 0,003м/сек. При робочому зусиллі, деталь витримується на протязі 60с, після чого тиск гідроциліндра зменшують і опускають нижню плиту вниз разом із прес-формою. Після завершення процесу пресування прес-форма звільняється з робочої зони преса з подальшим її розбиранням.

Процес розбирання прес-форми включає в себе: демонтаж пуансонів, з'єднувальних стержнів, деталі, донної вставки з матриці; демонтаж донної



вставки зовнішнього та внутрішнього пуансона, деталі із з'єднювальних стержнів.

#### **045. Термічна операція**

Вибраковані дефектні деталі під час візуального контролю в подальшому не використовуються. Інші деталі спікають партіями по 200...300 штук у спеціальних електропечах, які оснащені обертовим подом та циркуляцією нагрітого повітря по всьому обсязі печі. Деталі складають рядами без взаємного дотику на спеціальних сітчастих полицях, що забезпечує задовільну циркуляцію теплового потоку при рівномірному нагріві по всьому об'ємі печі. Як правило, в процесі термічної обробки полиці теж обертаються.

Для візуального контролю за протіканням даного процесу використовують спеціальні оглядові вікна та світильники. Безперервна реєстрація та автоматичний запис температури в робочій зоні здійснюється за допомогою автоматичних потенціометрів (КСП-4 з діапазоном вимірювання температури 0...600°C. Температурний режим в печі контролюється по всьому об'єму в 5...10 точках. У комплекті з потенціометрами, які встановлені на панелі у щитовій, працюють термопари ТХК-5...10 штук. У вимірювальний комплекс входять потенціометри КСП-4, автоматичні електронні програми, регулюючі пристрої.

На панелях щитових 1 і 2 відділень встановлені амперметри, які вимірюють силу струму яка подається на нагрівачі електропечі моделі А-114. Тягнорометром ТНМ-11 (межі вимірювання від -12 до +12 кгс/см (від -1,2 до +1,2 МПа).

Як правило сушіння заготовки відбувається у сушильній шафі протягом 4...20 год. при температурі 150°C із подальшим переносом нагрітої заготовки в піч для спікання. При цьому, проміжок часу між операцією вивантаження заготовки із сушильної шафи до її завантаження в піч, для спікання не повинен перевищувати 35хв.

Режим термічної обробки втулки:

- годинне просушування втулок на 2,5...5,5мм заданої товщини заготовки при температурі 150°C;
- поетапне нагрівання втулки в інтервалі температур 140...320°C при швидкості нагрівання 0,6°C за хв. на протязі 7год;
- витримка втулки протягом однієї години при температурі 320°C із розрахунку 2...5мм товщини заготовки втулки на протязі 1,5год;
- температурний діапазон нагрівання (320...370°C) втулки при швидкості 0,5град/хв. на протязі 1год;
- витримка втулки протягом 1год при температурі 370°C із розрахунку 2...4мм товщини заготовки на протязі 2год;
- температурний інтервал охолодження втулки (370...310°C) при швидкості 0,6 град/хв. на протязі 1год;
- витримка втулки протягом 1год при температурі 310°C із розрахунку 2...4мм товщини втулки на протязі 2год;
- температурний інтервал охолодження втулки (310...150°C) при швидкості 0,6 град/хв.;
- витримка втулки протягом 1год при температурі 150°C на 2...4мм товщини втулки.

В подальшому деталі охолоджуються разом із піччю до кімнатної температури, при вимкненому нагрівачі, із використанням гладких робочих поверхонь на протязі 4год. При цьому, загальна тривалість часу спікання деталі складає 23...25год., при автоматизованому регулюванні температурно-часових параметрів.

#### **050.** Контрольна операція.

Згідно розробленого технологічного процесу заготовки із поліуретану (фторопластова композиція) підлягають комплексній перевірці відповідними партіями, яка являє собою певну кількість заготовок виготовлених із матеріалу однієї марки, при наявності одного документа про якість виробу. Перевірці підлягають як геометричні параметри (параметри точності) так і параметри якості (характеристики матеріалу). Крім цього, заготовки перевіряють на

відповідність заданим показникам для наступних випробовувань: руйнування при розтязці, характеристики щільності матеріалу. Для випробовування із партії беруть 5 втулок, періодичність повторювання випробування – 3 рази. У випадку незадовільних результатів, одержаних при випробуванні, проводять аналогічні повторні випробування на ідентичних зразках.

На основі вищевикладеного та даних хронометражу визначаємо норми часу, необхідні для виготовлення втулки. Отримані дані заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6

Норми часу на виготовлення втулки маятникового важеля.

№ п/п	Операція	Норма часу, хв.
005	Порізка	0,35
010	Подрібнення	0,47
015	Змішування	0,63
020	Подрібнення	0,72
025	Термічна	2,34
030	Рихлення	1,13
035	Зважування	1,72
040	Пресування	2,10
045	Термічна	32,30
050	Контрольна	1,93
	Всього:	43,69

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Установа для подрібнення і змішування полімерних матеріалів

Установа, спроектована в дипломному проекті, призначена для подрібнення і змішування полімерних матеріалів. Використання даної установки в технологічному процесі виготовлення втулок маятникового важеля підвищить якість формування композиційного полімерного матеріалу, що забезпечить надійність виготовлених втулок маятникового важеля в процесі експлуатації.

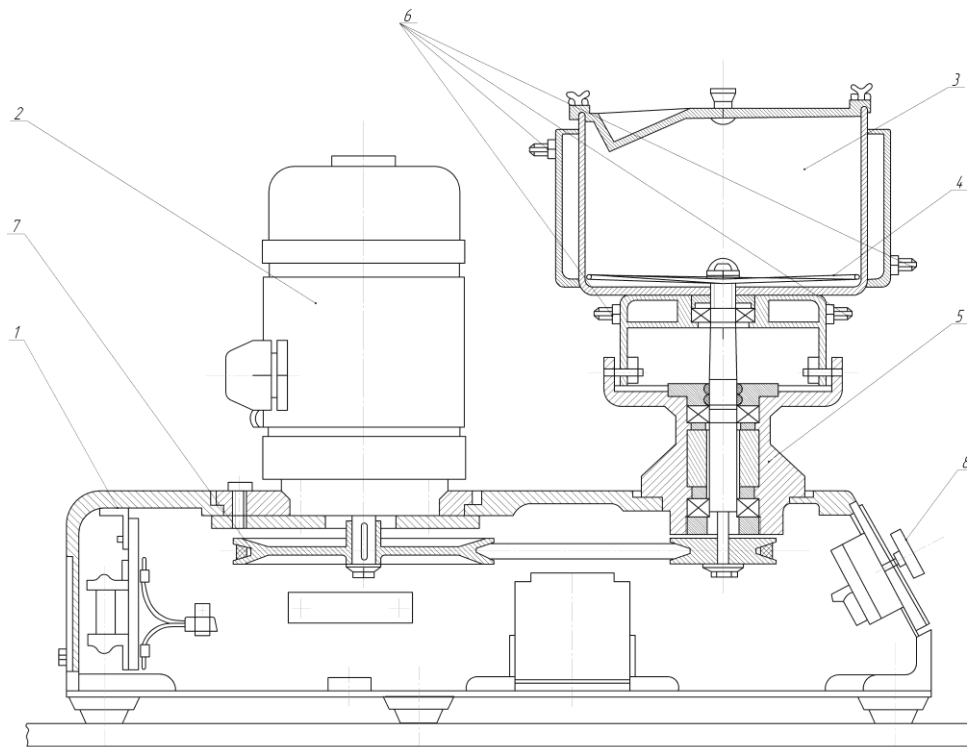


Рисунок 3.1. Установа для подрібнення і змішування полімерних матеріалів.

Установа складається з корпуса 1 на якому розміщені: камера розмелу 3, пульт керування, електродвигун 2. У середині корпуса змонтована клинопасова передача. У камері розмелу закріплений ніж 4 на валу, що обертається на двох підшипниках, встановлених у стакані 5. Камера розмелу закривається кришкою. Конструкція кришки забезпечує при обертанні її проти годинникової стрілки - легкість відкриття камери розмелу й при обертанні за годинною стрілкою - герметичність камери розмелу. На установці передбачене примусове

охолодження камери розмелу. Для цього на камері розмелу встановлено штуцери 6, через які подається охолоджувальна рідина в порожнину навколо камери.

Включається установка поворотом ручки 20 реле часу. Лампи індикації й запобіжники розміщені на пульті керування.

Технічна характеристика.

Продуктивність, г/год - не менше 1000

Час розмелу однієї проби, хв. – 20...30 (в залежності від розмірів вихідних компонентів).

Послідовність виконання розмелу полімерних матеріалів наступна. В камеру розмелу завантажується порція матеріалу і щільно закривається кришкою. За допомогою ручки керування реле часу виставляють необхідну тривалість розмелу. Вмикають електродвигун і контролюють температуру камери розмелу. Якщо вона перевищує 60<sup>0</sup>С, вмикають примусове охолодження. По закінченню розмелу реле часу автоматично вимикає електродвигун, після чого відкривають кришку камери розмелу і вивантажують суміш.

### **3.2. Розрахунок запропонованого матеріалу – поліуретан для виготовлення втулок маятникового важеля**

#### **3.2.1 Визначення умов роботи вузла тертя втулка — вісь маятника**

Розрахункова схема вузла тертя втулка – вісь маятникового важеля представлена на рис.3.2

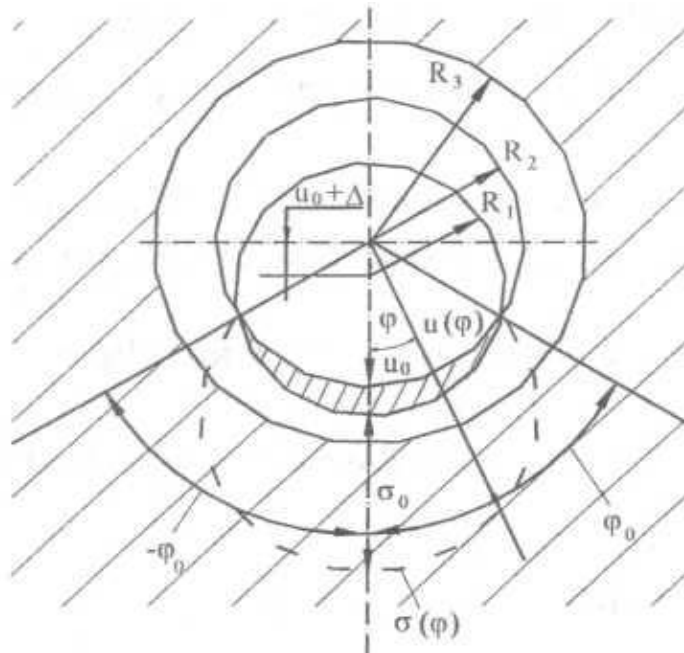


Рисунок 3.2 — Розрахункова схема підшипника ковзання :

$R_1$  — радіус контактної поверхні вала;

$R_2$  — радіус внутрішньої робочої контактної поверхні втулки;

$R_3$  — радіус зовнішньої поверхні втулки;

$\Delta$  — радіальний зазор у спряженні;

$\varphi$  — поточна кутова координата;

$2\varphi_0$  — повний кут контакту під навантаженням;

$\sigma_0$  — максимальний контактний тиск

Розрахунок тисків

Вихідні дані для розрахунку

Розміри:

— номінальний радіус вала і внутрішнього радіуса втулки :  $R_1 = R_2 = R = d/2 = 20/2 = 10$  мм;

— максимальний зазор у спряженні  $\Delta = 0,5$  мм;

— розмір втулки по твірній  $z = 15$  мм;

— зовнішній радіус втулки  $R_3 = 12$  мм; товщина втулки  $h = R_3 - R_2 = 12 - 10 = 2$  мм.

Навантаження :

— повне :

$$Q_{\Pi} = 15 \text{ кг}$$

— питоме, на одиницю довжини лінії контакту по твірній :

$$Q = \frac{Q_n}{15} = \frac{15}{15} = 1 \text{ кг/мм}$$

Механічні характеристики матеріалів :

— для матеріалу вала ( сталь 40X ) :

$$E_1 = 2,1 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2 ; \mu_1 = 0,3;$$

— для матеріалу втулки ( поліуретан ) :

$$E_2 = 0,8 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2 ; \mu_2 = 0,35 ;$$

— для матеріалу втулки ( поліуретан 20 ) :

$$E_2 = 0,75 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2 ; \mu_2 = 0,32$$

Розрахунок контактних тисків

Визначення кута  $2\varphi_0$  :

— визначаємо коефіцієнт податливості втулки :

$$k_2 = \frac{(1 - 2\mu_2) \cdot (1 + \mu_2) \cdot \left[ \left( \frac{R_3}{R_2} \right)^2 - 1 \right] \cdot R_2}{E_2 \cdot \left[ 1 + (1 + 2\mu_2) \cdot \left( \frac{R_3}{R_2} \right)^2 \right]} ,$$

$$k_2 = \frac{(1 - 2 \cdot 0,32) \cdot (1 + 0,32) \cdot \left[ \left( \frac{12}{10} \right)^2 - 1 \right] \cdot 10}{0,75 \cdot 10^4 \cdot \left[ 1 + (1 + 2 \cdot 0,32) \cdot \left( \frac{12}{10} \right)^2 \right]} = 0,8298 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг}$$

— визначаємо коефіцієнт податливості вала :

$$k_1 = \frac{(1 - 2\mu_1) \cdot (1 + \mu_1) \cdot R_1}{E_1} ,$$

$$k_1 = \frac{(1 - 2 \cdot 0,3) \cdot (1 + 0,3) \cdot 10}{2,1 \cdot 10^4} = 2,48 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг}$$

— визначаємо параметр безрозмірного навантаження :

$$\bar{Q} = \frac{Q \cdot (k_1 + k_2)}{R_2 \cdot \Delta} ,$$

$$\bar{Q} = \frac{1 \cdot (2,48 \cdot 10^{-4} + 0,8298 \cdot 10^{-4})}{10 \cdot 0,5} = 0,73396 \cdot 10^{-4}$$

Знаходимо кут контакту  $\varphi_0 = 2,7^\circ$

Визначення контактної тиску

Максимальний контактний тиск визначаємо підставивши  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $\Delta$  і  $\varphi_0$  у вираз :

$$\sigma_0 = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \cdot \left( \frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right),$$

$$\sigma_0 = \frac{0,5}{2,48 \cdot 10^{-4} + 0,8298 \cdot 10^{-4}} \cdot \left( \frac{1}{\cos 2,7} - 1 \right) = 1,64 \text{ кг/см}^2$$

Розрахунок шляху тертя

Шлях тертя визначимо із виразу :

$$S = \pi \cdot d \cdot n \cdot t,$$

де  $d$  — внутрішній діаметр втулки,  $d = 20$  мм;

$n$  — частота обертання осі,  $n = 0,5$  об/с;

$t$  — час, с

$$S = \pi \cdot 20 \cdot 0,5 \cdot 60 = 1884,955 \text{ мм}$$

### 3.2.2. Розрахунок на знос поліуретану П-20

Початкові умови

- 1) частота обертання робочого вала  $n = 650$  об/хв;
- 2) діаметр робочого вала  $d_e = 35$  мм;
- 3) діаметр випробовуваного зразка  $d_{1s} = 10$  мм,  $d_{1z} = 10$  мм,
- 4) загальне навантаження на контакт  $Q = 0,1$  кг.

Під час випробовувань через визначений проміжок часу вимірялися розміри осей еліптичної плями контакту, що позначаються  $2a_*$  і  $2b_*$ .

Еквівалентний радіус кола визначався по співвідношенню  $a = (a_* \cdot b_*)^{1/2}$ .



Результати випробувань на зношування зразка, занесемо у таблицю.  
Шлях тертя  $S$ , попередньо визначимо за формулою:

$$S = \pi d n t$$

Для зручності, всі отримані дані занесемо у таблицю 3.1

Таблиця 3.1

Результати дослідження зносу поліуретану.

№	$t$ , хв.	$S \cdot 10^6$ , мм.	$a$ , мм.
1	1	0,07	0,2
2	5	0,36	0,39
3	10	0,71	0,49
4	15	1,072	0,52
5	25	1,787	0,62
6	60	4,288	0,78
7	120	8,577	0,89

Графічно результати зобразимо на рисунку 3.2

Визначаємо параметри степеневі апроксимації. Для цього оберемо дві точки на графіку:

$$T1(a_1; S_1) = (0,62; 1,787 \cdot 10^6) \quad \text{та} \quad T2(a_2; S_2) = (0,89; 8,577 \cdot 10^6)$$

$$\beta = \frac{\lg a_1 / a_2}{\lg S_1 / S_2} = 0,23 ;$$

$$C = \frac{a_1}{S_1^\beta} = 0,022.$$

$$\text{Приведений радіус: } R = \frac{17,3 \cdot 5}{17,3 + 5} = 3,889 \text{ мм.}$$

Отже, параметри моделі зношування:

$$m(1) = \frac{1 - 2\beta}{2\beta} = 1,17 ,$$

$$k_w(1) = \frac{C^{2m+2}}{(2m+2)(Q/\pi)^m R} = 2,349 \cdot 10^{-7} (\text{мм}^2/\text{кг})^m$$

Тоді інтенсивність зношування можливо визначити підставляючи отримані параметри в модель зношування.

### 3.2.3 Розрахунок на знос поліуретану П-25

Розрахунки для поліуретану проводимо аналогічно до розрахунків поліуретану, отримані дані занесемо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Результати дослідження зносу поліуретану

№	$t$ , хв.	$S \cdot 10^6$ , мм.	$a$ , мм.
1	1	0,07	0,2
2	5	0,36	0,52
3	10	0,71	0,60
4	15	1,072	0,66
5	25	1,787	0,75
6	60	4,288	0,88
7	120	8,577	1,08

Графічно результати зобразимо на рисунку 3.3

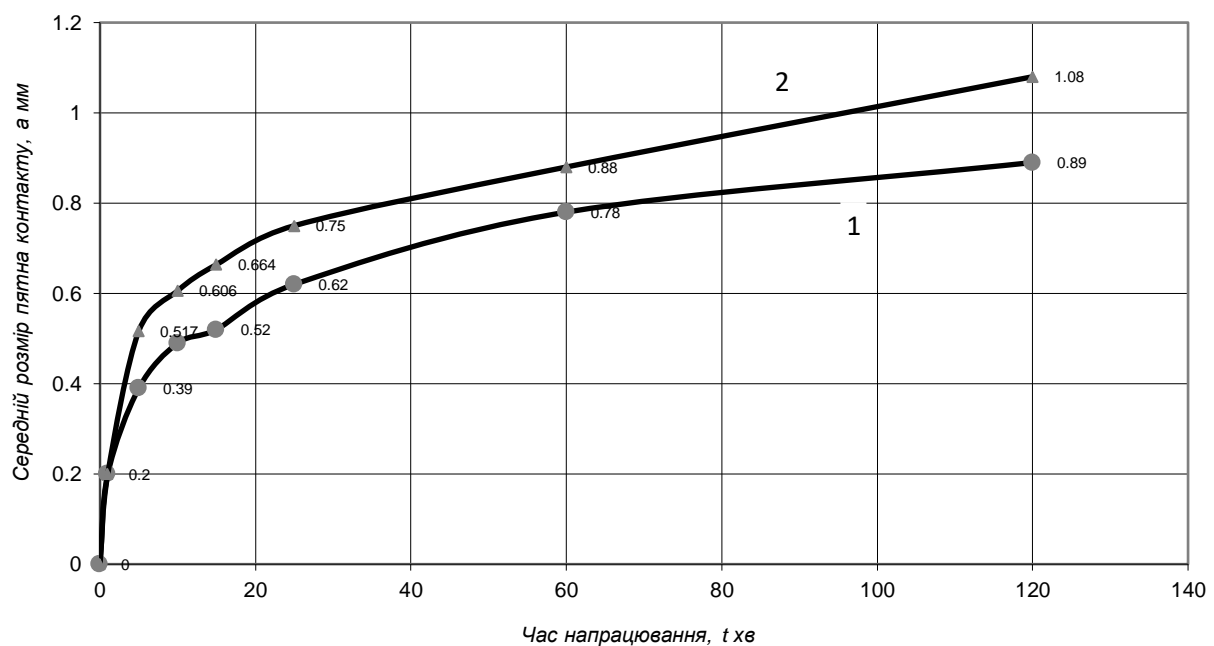


Рисунок 3.3 – Графік залежності середнього розміру плями контакту від часу тертя: 1 – Поліуретан; 2 – Поліуретан

Визначаємо параметри степеневі апроксимації. Для цього оберемо дві точки на графіку:

$$T1(a_1; S_1) = (0,75; 1,787 \cdot 10^6) \quad \text{та} \quad T2(a_2; S_2) = (1,08; 8,577 \cdot 10^6)$$

$$\beta = \frac{\lg a_1 / a_2}{\lg S_1 / S_2} = 0,232 ;$$

$$C = \frac{a_1}{S_1^\beta} = 0,026.$$

Отже, параметри моделі зношування :

$$m(2) = \frac{1-2\beta}{2\beta} = 1,151 ,$$

$$k_w(2) = \frac{C^{2m+2}}{(2m+2)(Q/\pi)^m R} = 5,129 \cdot 10^{-7} (\text{мм}^2/\text{кг})^m$$

Тоді інтенсивність зношування можливо визначити підставляючи отримані параметри в модель зношування.

Отримавши параметри моделі зношування для заданих матеріалів, можемо провести порівняльну оцінку по інтенсивності зношування. Отже, інтенсивність зношування для поліуретану 1:

$$I_1 = k_w(1)\sigma^{m(1)} = 2,349 \cdot 10^{-7} \sigma^{1,17} ;$$

а для поліуретану 2:

$$I_2 = k_w(2)\sigma^{m(2)} = 5,129 \cdot 10^{-7} \sigma^{1,151} .$$

Визначимо, як впливає величина контактної тиску на інтенсивність зношування для обох матеріалів. Для цього складемо таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку інтенсивності зношування

№	$\sigma, \left( \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} \right)$	$I_1 \cdot 10^{-8}$	$I_2 \cdot 10^{-8}$	$I_1/I_2$
1	0,05	0,71	1,63	0,433
2	0,1	1,59	3,62	0,439
3	0,15	2,55	5,78	0,442

4	0,2	3,58	8,05	0,444
5	0,3	5,75	12,83	0,448
6	0,4	8,05	17,87	0,45
7	0,5	10,44	23,1	0,452
8	0,6	12,92	28,5	0,454
9	0,8	18,09	39,7	0,456
10	1	23,49	51,3	0,458

Отримані дані графічно зобразимо на рисунку 3.4

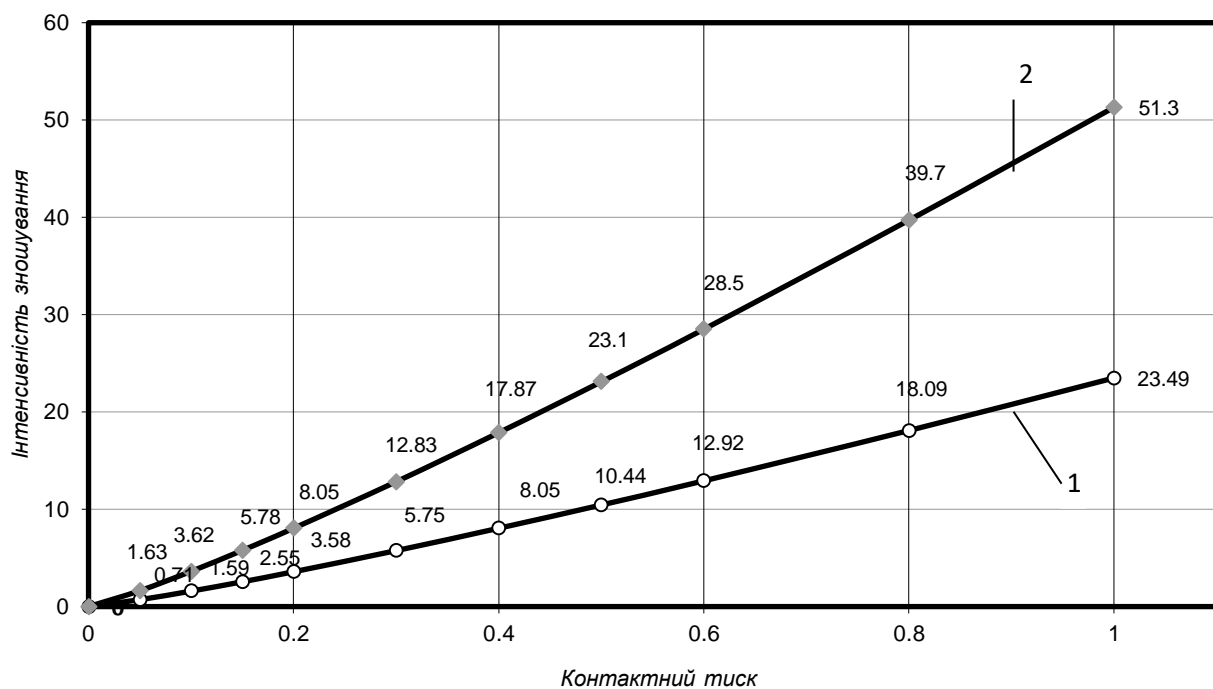


Рисунок 3.4 – Залежність інтенсивності зношування матеріалів від контактних тисків: 1 – поліуретан; 2 – поліуретан.

За отриманими даними, визначимо параметри моделі зношування  $K_w$  і  $m$  для двох зразків матеріалів.

Параметри моделі зношування  $K_w$  і  $m$  для поліуретану визначаємо з виразу:

$$\beta = \frac{\ln \frac{0,7625}{1,475}}{\ln \frac{76,032}{628,992}} = 0,3123$$

$$c = \frac{0,7625}{76,032^{0,3123}} = 0,1972$$

і параметри моделі зношення :

$$m = \frac{1-0,3123}{0,3123} = 2,2$$

$$K_w = \frac{0,3123 \cdot 0,1972^{3,2} \cdot 0,005^{3,2}}{0,0125} \left( \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,126}{1,05} \right)^{2,2} = 0,3 \cdot 10^{-8}$$

Визначаємо параметри моделі зношення для поліуретану-20:

$$\beta = \frac{\ln \frac{0,475}{0,575}}{\ln \frac{73,032}{628,992}} = 0,09$$

$$c = \frac{0,475}{76,032^{0,09}} = 0,3217$$

$$m = \frac{1-0,09}{0,09} = 10,1$$

$$K_w = \frac{0,09 \cdot 0,3217^{11,1} \cdot 0,005^{11,1}}{0,0125} \left( \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,126}{1,05} \right)^{10,1} = 4,07 \cdot 10^{-32}$$

Розрахунок на зношування контртіла.

Для першого досліді підставляючи значення отримуємо U :

$$\sigma = \frac{1,05}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,7625 \cdot 12} = 1,8 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$$

$$U = 0,3 \cdot 10^{-8} \cdot 1,8^{2,2} \cdot 73,032 = 8,37 \cdot 10^{-7}$$

Для другого досліді підставляючи значення отримуємо U :

$$\sigma = \frac{1,05}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,475 \cdot 12} = 2,9 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$$

$$U = 4,07 \cdot 10^{-32} \cdot 2,9^{10,1} \cdot 76,032 = 1,45 \cdot 10^{-25}$$

Проведений порівняльний розрахунок базового матеріалу для виготовлення втулок маятничого важеля з поліуретану і запропонованого – поліуретану, показав доцільність застосування поліуретану-20, оскільки він має кращі триботехнічні та фізико-механічні характеристики.

### 3.3 Опис конструкції та принцип роботи пристосування при пресуванні втулки маятничого важеля

На рисунку 3.5 приведена схема пресування поліуретану для формоутворення втулки маятничого важеля з використанням спеціального пристосування.

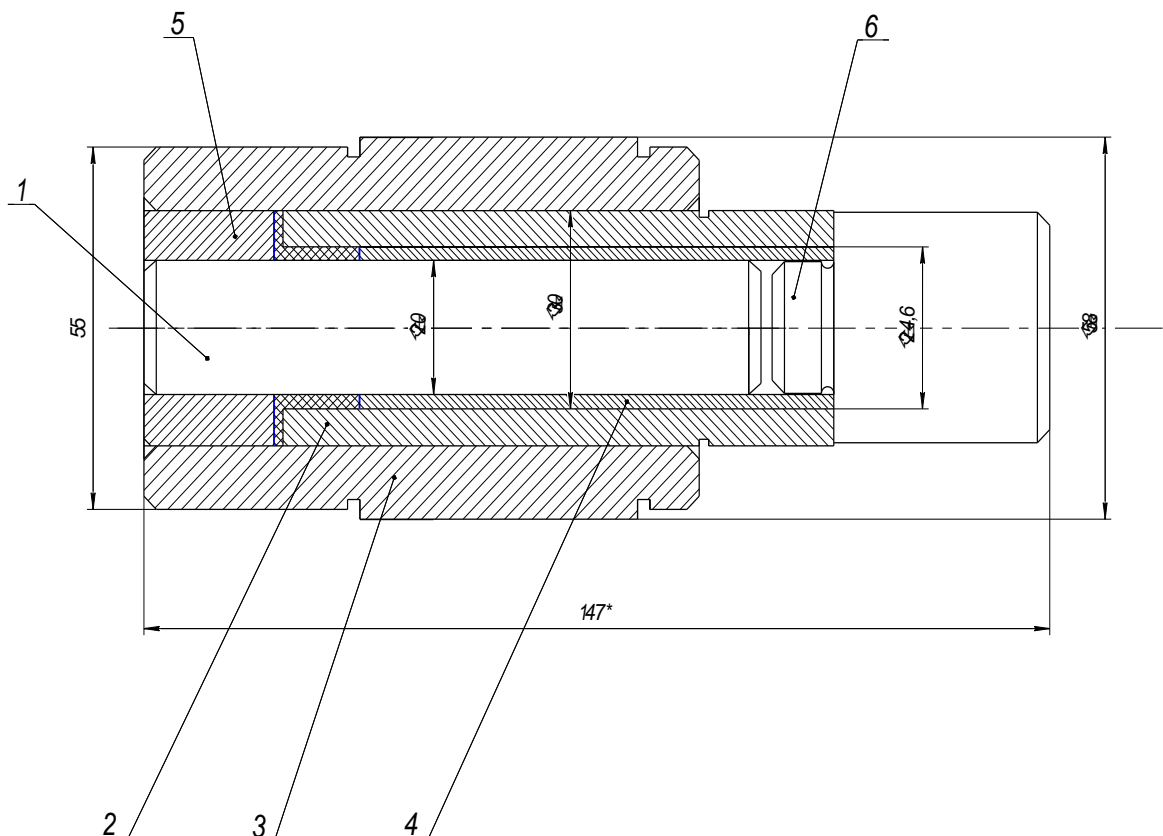


Рисунок 3.5 Конструктивна схема пристосування при пресуванні втулок маятничого важеля:

1 – робочий стержень; 2 – зовнішній пуансон; 3 – формуюча матриця; 4 – внутрішній пуансон; 5 – нижній пуансон; 6 – силовий виштовхувач деталі.

З технологічної точки зору, для забезпечення високої зносостійкості робочих поверхонь деталей пар тертя, та тривалої експлуатації для виготовлення якісної продукції, високої продуктивності технологічного процесу пресування даної деталі всі елементи використовуваного пристосування повинні виготовлятися із високоякісних марок сталі.

В конструкцію запропонованого та використовуваного пристосування входять зовнішні та внутрішні пуансони, які розміщені один в одному і мають можливість відносно переміщатися в напрямку пресування вздовж твірної поверхні. Зовнішній пуансон своїм зовнішнім та внутрішнім діаметрами співпадають з розмірами фланця. Аналогічні розміри внутрішнього пуансона співпадають із розмірами стержневої частини даної деталі.

Послідовність виконання операцій технологічного процесу пресування деталі:

1. В зазор між поверхнями стрижня та матриці подається відповідна порція поліуретану, яка по масі відповідає масі фланцевої частини заготовки. Засипаний порошковий поліуретан розрівнюється та ущільнюється.
2. Зовнішній пуансон вставляється у внутрішню поверхню матриці. Під дією ваги пуансона поліуретан повторно ущільнюється, при цьому значна частина поліуретану попадає в проміжок між стрижнем та внутрішньою поверхнею зовнішнього пуансона.
3. Контрольна наважка поліуретану, яка по масі рівна масі стержневої частини деталі, подається у вище згадану порожнину та ущільнюється. Після цього вставляється внутрішній пуансон. Відбувається процес пресування деталі.
4. Переміщення внутрішнього пуансона, який збігається із напрямком пресування з одночасним ущільненням стержневої частини заготовки. Переміщення зовнішнього пуансона, теж в напрямку пресування,

внаслідок дії сил тертя, які виникають між засипним поліуретаном та внутрішньою його поверхнею циліндричної форми. При цьому відбувається ущільнення у фланцевій частині деталі вихідного матеріалу.

5. В процесі пресування зовнішній пуансон переміщується із швидкістю, яка менша від швидкості переміщення внутрішнього пуансона. Дана швидкість рівна швидкості переміщення робочої плити преса гідравлічного.

В певний момент торці верхнього та нижнього пуансонів вирівнюються і починається одночасний рух із робочою швидкістю процесу пресування поліуретану для одержання заданої висоти деталі. За критерій закінчення процесу пресування можуть служити: кінцеве положення нижніх торців обох пуансонів відповідно до самої верхньої торцевої поверхні матриці, або максимальне значення величини тиску процесу пресування деталі в гідравлічній системі преса.

Конструктивно розглянута схема пристосування забезпечує виготовлення втулок маятникового важеля із різними внутрішніми діаметрами за рахунок підбору необхідного діаметра стержня.



## 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Дослідження впливу конструктивних і експлуатаційних факторів

Досвід експлуатації малооборотних дизелів з турбонаддувом (діаметр циліндра 500мм і більше) показує, що такі двигуни в ряді випадків мають місце високого рівня температур деталей циліндро-поршневої групи. У табл. 4.1 наведені значення середніх температур цих деталей, заміряні у ряду двигунів в експлуатаційних умовах та на стенді. Виявилось, що температурне поле циліндрових втулок двигунів з прямоточним продуванням має значну асиметрію. Під час випробування двигуна 874 VT 2 BF -160 це не було враховано, звідси занижені середні значення температур (друга графа таблиці 4.1).

Дані двигуни мають дві форсунки, розташовані по осі двигуна, на внутрішній поверхні втулок у верхньому поясі на рівні першого поршневого кільця при положенні поршня у верхній мертвій точці спостерігається стійка різниця температур (20 °C) між точками виміру, розташованими по осі двигуна і перпендикулярно до неї.

Результати експлуатації показують, що на температуру циліндро-поршневої групи впливають такі фактори, як ступінь рухливості поршневих кілець і розташування їх замків, величина зазору між торцями кільця і канавкою поршня, величина тиску продувного повітря, температура охолоджувальної води, а також експлуатаційні фактори.

Для конкретної оцінки впливу цих факторів на температурний режим поршня і циліндра було проведено експериментальне дослідження на даному двигуні ( $D_{ц} = 500\text{мм}$ ,  $S = 1100\text{мм}$ ,  $n = 170\text{об/хв}$ ,  $P_i = 8,0\text{кгс/см}$   $P_k = 1,42\text{ат}$ ,  $N_{iц} = 650\text{к. с.}$ ). Паливо - дизельне, олія - Кастрон S / DZ , Шелл Алексія-40. Випробування тривали 5 місяців. При випробуваннях проводилося осцилографування робочого процесу та процесу газообміну. Основна увага була приділена виміру температур поверхонь циліндра та поршня у різних експлуатаційних умовах. Запис температур проводився автоматичними потенціометрами.

Таблиця 4.1

Середні температури (в °С) деталей циліндро-поршневої групи

Місця вимірювання температури	Марки двигунів				
<b>Втулка</b>					
Опорний борт	220	---	290	260	---
На рівні першого кільця					
При положенні поршня у верхній мертвій точці	143	190	200	165	199
На рівні середнього кільця	---	130	175	153	140
На рівні масляних штуцерів	80	---	115	92	84
<b>Поршень</b>					
Центр днища	383	340	305	300	380
0,5 $D_c$ від центра днища	525	375	---	---	420
Під канавкою верхнього кільця	165	110	170	180	140
<b>Кришка</b>					
Опорний борт	---	---	300	300	---
На виході і вході охолоджуючої води	---	66-61	61-52	62-55	---

Сигнал із поршня знімався контактним струмознімачем, електрорухома сила. накопичувалася у конденсаторах ємністю 100 мкф.

Розташування термопар у поршні та втулці показано на рис. 4.1 і 4.2. Термопари розміщені не на одній стороні, як зазвичай у двигунів з прямоточною продуванням, а в носовій, кормовій частинах втулки та з боку

ресивера. Для перевірки симетрії температурного поля втулки двигуна з прямоточним продуванням було встановлено 26 термопар. Результати досліджень підтвердили наявність загального високого рівня температури циліндро-поршневої групи двигунів 550 VTBF -110.

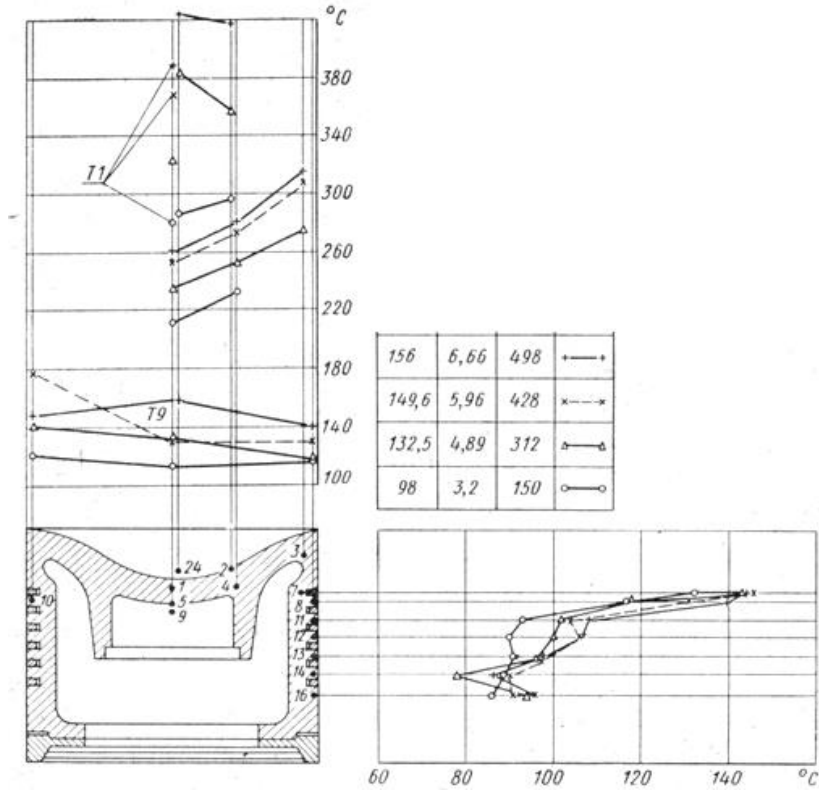


Рисунок 4.1 Залежність температури поршня від режиму роботи двигуна

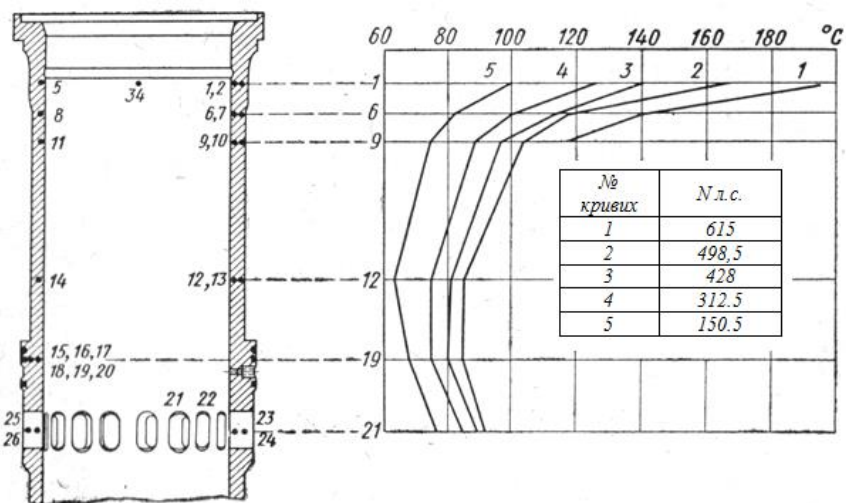


Рисунок 4.2 Характер зміни температури внутрішньої поверхні втулки циліндра в залежності від режиму роботи двигуна

Абсолютне значення температур, їх зміна за часом, величина асиметрії температурного поля великою мірою залежать від стану поршневих кілець та умов їх роботи. При постійному і рівномірному обертанні кілець і розведених відносно один одного замках середня температура циліндрової втулки у верхньому поясі при експлуатаційному навантаженні не перевищує 165 °С, а в місці проходження замку зростає щодо цього значення на 20...30 °С (рис. 4.3). У разі зупинки кільця температура в районі замку може піднятися на 60...70 °С, а при суміщенні замків кількох кілець - на 70...90 °С. При абсолютному значенні максимальної температури 265 °С різниця температур в різних точках верхнього пояса двигуна 550 VTBF -110 може досягати 120 °С, а у двигунів RD -76 75 °С.

Положення замку поршневого кільця істотно впливає на асиметрію температурного поля поршня та його загальний температурний рівень. Так, при досить рухомому кільці середня температура першого гребеня поршня під першим кільцем 150 °С (точка 10 на рис. 4.1 і 4.2). При зупинці кільця температура гребеня зростає до 280 °С.

Такі ж явища спостерігаються при втраті поршневими кільцями герметичності в результаті деформації або значного зношування кілець і втулки циліндра. Підвищені температури та асиметрія температурного поля, у свою чергу, призводять до деформації втулок та перемичок випускних вікон.

Збільшення зазору в 1-й канавці поршня 1-го циліндра двигуна 550 VTBF -110 з 0,25 до 0,30мм дозволило знизити середню температуру циліндрової втулки в поясі кілець в середньому на 15 °С. Після збільшення зазору максимальні температури не перевищували 180 °С. Таку температуру можна вважати прийнятною, проте надійної роботи циліндро-поршневої групи можна очікувати лише у випадку, якщо температура робочої поверхні втулки не перевищує 160 °С.

Підвищення тиску продувного повітря  $P_k$  і, отже, збільшення його витрати повинне сприятливо позначатися на роботі циліндро-поршневої групи. Але так як у двигуна 550 VTBF -110 занадто низький тиск повітря (1,25ат),

мала його витрата (17,2 кг) і, отже, знижений коефіцієнт надлишку повітря (2,0 при  $P_t = 7,2 \text{ кгс/см}^2$ ), то підвищення  $P_k$  на  $0,07 \text{ кгс/см}^2$ , (в результаті чищення турбонагнітачів) не забезпечило його паспортного значення (1,42 ат) і не знизило загального температурного рівня циліндра.

Для того щоб температура дзеркала циліндра не перевищувала  $160^\circ\text{C}$  при роботі двигуна на номінальному режимі, необхідно довести тиск продувного повітря до значення, що забезпечує його витрату не менше 8 кг, що можливо тільки при заміні турбонагнітачів новими, з більшою продуктивністю.

Проведені дослідження показали, що збільшення повітряного заряду в циліндрі за рахунок зниження температури продувного повітря двигуна 550 VTBF -110 неможливо, так як при цьому підвищується температура поршня і кілець, значною мірою визначає умови роботи масляної плівки. Температура верхньої частини циліндрової втулки при зниженні температури продувного повітря з  $65$  до  $16^\circ\text{C}$  майже зовсім не змінюється, в районі вікон вона зменшується на  $12,5^\circ\text{C}$ . У той же час зниження температури повітря з  $64$  до  $38^\circ\text{C}$  призводить до помітного підвищення температури поршня. Крім того, слід зазначити, що при температурі продувного повітря  $24^\circ\text{C}$  і нижче можливе випадання вологи в ресивері.

Характер зміни температури поршня двигуна 550 VTBF -110 при зміні температури продувного повітря, а також підвищення температури верхньої частини втулки циліндра при збільшенні тиску продувного повітря свідчить про помітну нестачу повітря для забезпечення задовільного згоряння.

Зниження температури масла, яка охолоджує поршень, дало незначний ефект: при зниженні температури масла на  $1^\circ\text{C}$  температура поршня в центрі днища ( $360^\circ\text{C}$ ) практично не змінилася.

Зниження температури води, яка охолоджує, на певну величину дозволяє знизити на таку ж величину температуру робочої поверхні втулки циліндра. Однак помітне зниження температури води призводить до підвищення напруги та деформації втулки, загальний рівень яких і без того високий. Деформація втулки була зафіксована приладами, датчики яких були встановлені на

опорному бурті втулки та в районі масляних штуцерів.

Для зменшення загального температурного рівня деталей циліндро-поршневої групи можна знизити експлуатаційне навантаження двигунів на режимі повного ходу, але на більшості розглянутих типів двигунів потужність вже обмежена, і подальше її зниження може позначитися на рентабельності роботи автомобіля. Тому слід обмежитися рекомендаціями, які регламентують експлуатаційну потужність у межах  $0,9 N_{НОМ}$ .

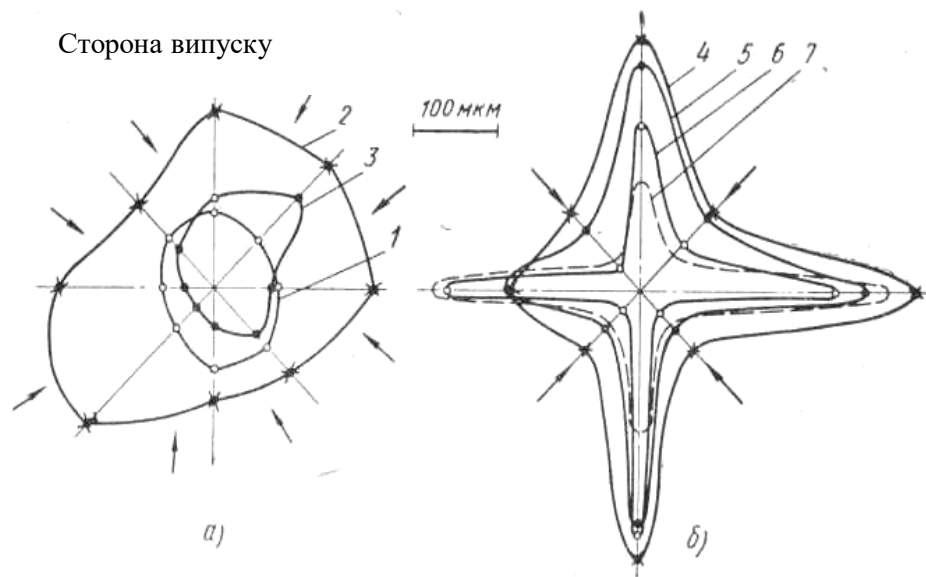


Рисунок 4.3 - Епюри зносів циліндрових втулок двигунів у поперечному перерізі при вимірі зносів методом штучних баз (стрілками вказані місця підведення мастила):

*a* - двигун 6 RD -76 фірми Зульцер (відпрацював 4800год); *б* - двигун 550 VTBF -110 фірми Бурмейстер (відпрацював 7200год). Відстані поясів виміру зносу втулки від її верхньої кромки: 1 - 120 мм; 2 - 188мм; 3 - 805мм; 4 - 195мм; 5 - 470мм; 6 - 735мм; 7 - 1100мм.

Представлені матеріали експериментальних досліджень та досвіду експлуатації показують, що при підвищеній напруженості та високих температурах циліндрових втулок і поршневих кілець можуть створюватися умови для інтенсивного зношування цих деталей. В інших випадках зношування викликаються конструктивними недоліками системи мастила циліндрів (рисунок 4.3).

Висновки по результатах дослідження, проведених на двигуні 550 VTBF -

110:

1. Асиметрія температурних полів циліндричної втулки по верхньому поясу досягає 120 °С при абсолютному значенні максимальної температури 265 °С. Асиметрія температурних полів поршня в районі верхнього поршневого кільця досягає 130 °С.

2. Імовірність інтенсивного зношування може бути значно зменшена за рахунок зниження загального температурного рівня деталей циліндро-поршневої групи і особливо за рахунок зменшення асиметрії температурних полів.

3. Асиметрія температурного поля може бути зменшена за рахунок збільшення рухливості поршневих кілець.

4. Для зниження загального температурного рівня циліндра необхідно підвищити тиск продувного повітря, довівши його витрату до 8,5кг.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Розрахунок природного освітлення поста фарбування кузовів транспортних засобів

В якості нормованої величини взято коефіцієнт природної освітленості КПО:

$$E = \frac{E_C}{E_3} \cdot 100\%, \quad (5.1)$$

де  $E_C$  = природна освітленість у заданій площині усередині приміщення;

$E_3$  = зовнішня освітленість при відкритому небозводі.

Необхідний коефіцієнт природної освітленості визначається розрядом зорової роботи, мінімальним розміром об'єкта розрізнення і характером зорової роботи.

Нормоване значення КПО для будинків, розташованих у IV кліматичній зоні, визначають по формулі

$$e_n = e'_1 \cdot m \cdot c, \quad (5.2)$$

де  $e'_1$  – значення нормованого КЕО для природного освітлення. Для робіт середньої точності  $e_n = 1,2 \dots 1,5$ . Приймаємо  $e'_1 = 1,4$ ;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату; для IV пояса приймають  $m=1$ ;

$c$  – коефіцієнт сонячності клімату; для IV пояса приймають  $c=1$ .

По формулі (5.3) визначаємо  $e_n$ :

$$e_n = 1.4 . \quad (5.3)$$

Сумарна розрахункова площа вікон,  $m^2$ , визначається по формулі

$$\sum F = \frac{S_n \cdot e_n \cdot \eta_0 \cdot k}{100 \cdot \tau_0 \cdot \tau_1}, \quad (5.4)$$

де  $S_n$  – площа підлоги,  $m^2$  ( $S_n=60m^2$ );

$e_n = 1,4$  – нормоване значення КЕО;

$\eta_0 = 11,5$  – світлова характеристика вікон, береться по таблиці;



$k = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон сусідніми будинками;  
 $\tau_0 = 0,45$  – загальний коефіцієнт пропускання світла віконного прорізу з урахуванням затемнення;

$\tau_1 = 6,5$  – коефіцієнт, що враховує відображення світла від внутрішніх поверхонь приміщення.

По формулі (5.5) визначаємо сумарну розрахункову площу вікон:

$$\sum F = 3,72 \text{ м}^2. \quad (5.5)$$

Відповідно до ДСТУ П-4 – 79, була отримана сумарна розрахункова площа вікон  $\Sigma F = 4,3 \text{ м}^2$ , а реальна площа вікон складає  $6 \text{ м}^2$ , тобто реальна площа вікон у приміщенні відповідає ДСТУ П-4 – 79.

## **5.2 Виробнича безпека при виконанні робіт на запропонованих установках**

До роботи з установкою для подрібнення і змішування полімерних матеріалів (далі – установка) допускаються особи не молодше 18 років, які мають допуск після проходження медичного огляду, які вивчили дану інструкцію, пройшли навчання і атестовані для роботи з установкою, пройшли інструктаж з техніки безпеки і мають кваліфікаційну групу по електробезпеці не нижче II згідно ПТЕ і ПТБ при експлуатації електроустановок споживачів.

До обслуговування установки допускаються особи не молодше 18 років, які мають допуск після проходження медичного огляду, які вивчили дану інструкцію, пройшли навчання і атестовані для роботи з установкою, пройшли інструктаж з техніки безпеки і мають кваліфікаційну групу по електробезпеці не нижче III згідно ПТЕ і ПТБ при експлуатації електроустановок споживачів.

Доручати експлуатацію та технічне обслуговування непідготовленому персоналу заборонено!

Для запобігання утворенню статичної електрики усі складові частини установки повинні бути заземлені. Заземлення здійснюється підключенням

клем заземлення до контуру заземлення вільного від підключених потужних споживачів електроенергії. Опір заземлення повинен бути не більшим 10 Ом. Перевірку заземлення проводять не рідше одного разу на місяць згідно

Контроль заземлюючих проводів здійснюється мостом постійного струму типу МО-62 або аналогічним.

Робоче місце повинно бути обладнано засобами протипожежної безпеки: азбестовим одягом, піском, вогнегасниками пінними або вуглекислотними ВП-2, ВП-3, ВП-5, ВО-2.

## 2) Вимоги безпеки перед початком роботи.

Перед початком роботи працівник зобов'язаний при зовнішньому огляді переконатись у відсутності зовнішніх дефектів установки та її комунікацій, відсутності зайвих предметів.

При роботі з установкою необхідно використовувати антистатичний одяг і взуття на шкіряній підошві, рукавиці із тканини зі стороною комірки не менше 1мм. Площа робочого місця оператора перед установкою повинна бути покритою заземленим струмопровідним матеріалом, який забезпечує постійний контакт із взуттям оператора.

## 3) Вимоги безпеки під час роботи

При експлуатації необхідно виконувати вимоги загальних правил техніки безпеки, "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" і "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів".

Працівник, який приступив до виконання роботи, повинен знати зміст, технологію і методи безпечного її виконання. Працівник повинен бути уважним, не відволікатися сторонніми розмовами самому і не відволікати від виконання робіт інших працівників.

Не допускати скручування натягування, крутих загинань кабелю та шлангів подачі охолоджувальної рідини.

При випадках виявлення пошкоджень електро- або гідрообладнання та інших неполадок в роботі установки необхідно терміново вимкнути автомат електроспоживання та повідомити про це керівника робіт.

Забороняється експлуатація установки з несправними кабелями живлення, заземляючими пристроями, шлангами подачі охолоджувальної рідини; при несправних сигнальних і регулюючих пристроях. Заборонено роз'єднувати кабелі і шланги установки під час роботи.

4) Вимоги безпеки після закінчення роботи

Вимкнути електроспоживання установки.

Привести до ладу робоче місце.

Ремонт установки проводити тільки після відключення від гідро - і електромережі.

Роботи з очистки камери розмелу проводити в засобах індивідуального захисту в місцях обладнаних витяжною вентиляцією.

5) Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

У разі враження електричним струмом:

звільнити потерпілого від електричного струму (через відключення електроживлення на розподільчому щиті або іншим способом);

викликати швидко медичну допомогу (подзвонивши по телефону - 03);

- надати першу медичну допомогу потерпілому;

- при відсутності ознак життя до прибуття лікарів потерпілому необхідно робити штучне дихання.

Уразі виникнення пожежі:

про виникнення пожежі негайно повідомити пожежну охорону за телефоном-01;

вжити (по можливості) заходів по евакуації людей, гасінню (локалізації) пожежі з використанням первинних засобів пожежегасіння;

– повідомити про виникнення пожежі відповідальну посадову особу та (або) чергового охорони.

–

### **5.3 Оцінка сховища по місткості**

1. На об'єкті є 3 укриття, ПРУ – 26 м<sup>2</sup>, сховище №8 – 195 м<sup>2</sup>, сховище

№12 – 195 м<sup>2</sup>, приміщення ПРУ-5 м<sup>2</sup> (немає тамбуру-шлюзу). Сховище 8 – 68 м<sup>2</sup> (із них 10 м<sup>2</sup> на тамбур –шлюз). Сховище №12 – 68 м<sup>2</sup> (із них 10 м<sup>2</sup> на тамбур – шлюз).

Висота приміщення  $h = 2.4$  м.

2. Чисельність працюючих і службовців об'єкту  $N = 750$  чол.

Рішення 1.

Визначаємо кількість місць для розміщення укриваючих. Виходячи з того, що висота приміщення дозволяє встановити двохярусні нари, приймаємо за облікову норму площу на одного укриваючого  $S_1 = 0,5$  м<sup>2</sup>/чол. Тоді, кількість місць в укритті:

$$M = \frac{S_n}{S_1} = \frac{26 + 195 + 195}{0,5} = 832$$

Найдене число визначає вмістимість укриття при умові, що об'єм приміщень розрахунком на одного укриваючого не менше 1,5 м<sup>3</sup>/чол.

Перевіряємо відповідність об'єму нормі на одного укриваючого:

$$V_1 = \frac{V_o}{M} = \frac{S_3 h}{M} = \frac{537 \cdot 2,4}{832} = 1,549 \text{ м}^3/\text{чол},$$

де  $S_3$  – загальна площа приміщень в зоні герметизації (за виключенням тамбурів)

$$S_d = 5 + 68 - 10 + 68 - 10 = 121 \text{ м}^2$$

$$S_3 = 121 + 26 + 195 + 195 = 537 \text{ м}^2$$

Таким чином, вмістимість укриття відповідає врахованій кількості місць  $M = 832$ .

3. Перевіряємо відповідність площ допоміжних приміщень

Норма – 0,12 м<sup>2</sup>/чол (таблиця 7.1)

Тоді  $S_{\text{доп}} = 832 \cdot 0,12 = 99,84$  м<sup>2</sup>, що відповідає площі в укриттях.

4. Визначаємо необхідну кількість нар для розміщення укриваючих.

Висота приміщення ( $h = 2,4$  м) дозволяє встановити двохярусні нари.

5. Якщо довжина нар 180 см (на 5 чол. одні нари) необхідно встановити

$$N = \frac{832}{5} = 167 \text{ нар}$$

5. Визначаємо коефіцієнт вмісткості, кВт, який характеризує можливість укриття робочих і службовців об'єкту:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M}{N} = \frac{832}{750} = 1,1$$

Висновки: 1. Об'ємно-плануючі рішення укриття відповідають вимогам СНіП. Укриття дозволяє прийняти всі 100% робочих і службовців. Для розміщення укриваючих в укритті необхідно встановити 167 двохярусних нар, які забезпечують 22,0% місць для лежання і 100%+11% - для сидіння.

## ВИСНОВКИ

У цьому магістерському дослідженні пропонується новий технологічний процес для виробництва втулок маятникового важеля автомобілів Daewoo Lanos. Основною інновацією є заміна матеріалу з поліуретану на поліуретан - ПК20, який має покращені фізико-механічні та триботехнічні характеристики. Такий підхід дозволяє виготовляти втулки з необхідним внутрішнім діаметром, залежно від ступеня зносу вісі маятникового важеля, що становить важливу особливість цих новаторських рішень.

Розроблені система для подрібнення та змішування полімерних матеріалів і пристрій для пресування ступінчастих втулок є універсальними, що дозволяє їх використовувати для виробництва різноманітних деталей, схожих на втулки маятникового важеля.

Однією з ключових переваг запропонованого підходу є зміна матеріалу на поліуретан - ПК20 з покращеними фізико-механічними та триботехнічними характеристиками. Це дозволяє виготовляти втулки маятникового важеля з необхідним внутрішнім діаметром, залежно від ступеня зносу вісі, що відкриває широкі можливості для індивідуалізації та оптимізації виробництва. Універсальність розробленої системи для розмелювання та змішування полімерних матеріалів, а також пристрою для пресування ступінчастих втулок, відкриває перспективи їх застосування в виробництві різноманітних деталей, аналогічних до втулок маятникового важеля.

Це робить представлені рішення важливими та перспективними для автомобільної промисловості. У кінці дослідження можна зазначити, що впровадження нового технологічного процесу та матеріалу сприятиме підвищенню якості та тривалості елементів маятникового важеля, а також відкриє нові можливості для оптимізації виробництва в автомобільній галузі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.
2. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту / О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, А.Б. Гупка, Л.М. Слободян, Б.Р. Гевко, Р.В. Хорошун // ЛНТУ, Том 2 № 21 (2023): сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Луцьк, - 2023. с. 135-144.
3. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид- во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCP T 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.

7. O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hrynkiv, A.Gypka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

8. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с

9. Параметрична модель фрикційного контакту / Р.Я. Лещук, І.Т. Ярема, А.Б. Гупка // 16-й Міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові (м. Львів, 18 травня – 19 травня 2023 р.) : Матеріали симпозиуму. – Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2023. с. 58.

10. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.