

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«11» листопада 2022 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Днесю Олегу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля, з дослідженням розвитку площі плями контакту при електрохімічно-механічному припрацюванні підшипників ковзання.

Керівник роботи Гудь Віктор Зіновійович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «11» листопада 2022 року № 4/7-899

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 грудня 2022

3. Вихідні дані до роботи Характеристика кривошипно-шатунного механізму двигуна.

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)

Двигун СМД – 2А1.

Стенд для усунення дефектів двигуна – 1А1.

Пристрій для запресовки гільзи в блок циліндрів – 1А1.

Схема об'ємів матеріалу, що зношується з перекошеного поршня – 1А1.

Загальний вигляд моделі – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

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 11.11.2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2022	
2	Технологічний розділ	21.11.2022	
3	Конструкторський розділ	25.11.2022	
4	Науково-дослідний розділ	02.12.2022	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	02.12.2022	
6	Оформлення графічної частини	08.12.2022	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	22.12.2022	

Студент

_____ (підпис)

Днесь О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Гудь В.З.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Модернізація кривошипно-шатунного механізму двигуна автомобіля, з дослідженням розвитку площі плями контакту при електрохімічно-механічному припрацюванні підшипників ковзання.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Гудь В.З.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 61 сторінка формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 5 сторінок додатків.

Ключові слова: кривошипно-шатунний механізм, припрацювання, двигун, тертя, довговічність.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Загальні відомості про обкатування двигунів внутрішнього згоряння та припрацювання їх основних деталей.....	7
1.2 Оптимальна мікрогеометрія, макрогеометричне припрацювання.....	9
1.3 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	21
2.1 Теоретичні передумови довідки циліндричних споружень електрохіміко-механічним способом.....	21
2.2 Економічна ефективність ремонтного припрацювання циліндричних спряжень електрохіміко-механічним способом.....	32
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	35
3.1 Загальна методика досліджень.....	35
3.2 Обладнання, прилади та вимірювальні інструменти.....	39
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	41
4.1 Результати досліджень.....	41
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
5.1 Вимоги до виробничої санітарії і промислової гігієни під час технічного обслуговування і ремонту автомобілів.....	48
5.2 Оцінка прогнозування роботи об'єкту внаслідок радіоактивного зараження.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
БІБЛІОГРАФІЯ.....	60
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Компенсувати похибки взаємного розташування деталей основних пар двигунів можна в процесі обкатки. Під час обкатки відбувається приробіток тертьових поверхонь і підготовка їх до сприйняття експлуатаційних навантажень. На сучасному ремонтному виробництві припрацювання двигуна здійснюється за рахунок тривалої стендової обкатки і наступною обкаткою в експлуатаційних умовах, що загрожує великими витратами часу та засобів. Цілком актуальним є завдання прискорення припрацювання пар, що труться, з використанням сучасних технологій. Але все ж таки технологія вимагає уточнення окремих параметрів і режимів при припрацюванні пар циліндро-поршневої групи. До кінця не вивчено питання впливу перекосу поршня на його знос та зміни моменту тертя при опрацюванні.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про обкатування двигунів внутрішнього згоряння та припрацювання їх основних деталей

Основні робочі параметри двигунів (потужність, питома витрата палива) у період опрацювання покращуються, внаслідок зменшення мікронерівностей та макрогеометричних відхилень, це видно з експлуатаційного досвіду та даних досліджень. Вперше це досі нечуване властивість було помічено в 1902 році при випробуванні перших дизельних двигунів на Петербурзькій водопровідній станції. Саме вони протягом року своєї роботи надали близько 10 % економії проти гарантованої норми.

Приробіток – це процес переходу від вихідного стану геометричних характеристик поверхні та фізико-механічних характеристик поверхневих шарів до експлуатаційного стану. Якісна приробіток вирішує задачу про створення оптимального мікрорельєфу поверхонь, що труться, і накопиченні міцних рівномірно розташованих захисних шарів.

Дослідженню підробітку деталей двигуна внутрішнього згоряння присвячено багато робіт, які містять великий обсяг дуже важливої інформації. Варто визнати вагомий внесок у сферу вивчення процесів підробітку Б. І. Костецького, І. Б. Гурвіча, Н. З. Савченка, І. А. Кравця, С. В. Венцеля та ін.

Головною метою раціонального припрацювання деталей ДВС є остаточне формування розмірів і зміцнення поверхонь, що труться, на яких рівномірно створюється захисна структура. При цьому не слід забувати про мінімальні витрати часу та засобів значення поганої якості відповідальних, деталей, які працюють в умовах високих знакозмінних питомих навантажень, з постійною зміною робочої швидкості та неминучих при цьому високих сил інерції, дій агресивного середовища.

Аналіз робіт показує, що шляхи інтенсифікації процесів опрацювання відбувається у трьох основних напрямках: конструктивному, технологічному, експлуатаційному. В результаті багаторічного досвіду склалися два основні етапи:

1) обкатка на заводах-виробниках та ремонтних підприємствах, тривалістю 1,5 ... 4 години;

2) експлуатаційна обкатка.

На першому етапі частково допрацьовуються поверхні деталей, що труться, проводиться короткочасне випробування двигунів для визначення витрати палива без небезпеки можливості пошкоджень, а так само з метою перевірки працездатності механізмів в цілому. За даними Б. І. Костецького [6], заводи-виробники "Skoda" (Чехословаччина), "GMC" (США), "IKARUS" (Угорщина) не виробляють холодної обкатки.

О. С. Некрасов доводить, що нині холодна обкатка займає 22...33 % часу, гаряча на холостому ходу – 13...17 % і гаряча під навантаженням – 55...65 %. Найбільший знос (до 70%) посідає холодну обкатку. Стендова обкатка завершується обкаткою під навантаженням. За стендовою слідує другий основний етап - експлуатаційна обкатка. Інструкції заводів-виробників тракторних та комбайнових деталей передбачає 60 годин роботи з постійним збільшенням навантаження, починаючи приблизно з 60-70% потужності та закінчуючи повною.

Така тривалість викликана повільним перебігом процесу макро-припрацювання. Дослідження з припрацювання двигунів СМД, проведені доктором технічних наук К. З. Савченко показали, що за існуючих технологій припрацювання, повна опрацювання настає лише через 120-210 мотогодин роботи двигуна. Існуючі технології не забезпечують повного припрацювання в тому обсязі, який необхідний. Обкатка, що ведеться, часто неправильно, в експлуатаційних умовах, зі значним періодом часу, знижує коефіцієнт використання машини в цілому.

Прискорення підробітку двигунів особливо важливе на ремонтних підприємствах. Доведення її до близької до повної, не лише дозволить знизити до мінімуму матеріальні та трудові витрати, а й значно збільшить ресурс нового або капітально відремонтованого двигуна, тим самим підвищиться коефіцієнт використання далеко не нового машинно-тракторного парку.

1.2 Оптимальна мікрогеометрія, макрогеометричне припрацювання

Поняття геометрія поверхні тертя включає мікрошорсткість поверхні та форму (макрогеометрію) деталі.

У процесі припрацювання відбуваються докорінні зміни характеристик мікрорельєфу поверхні та стану поверхневого шару. Після завершення опрацювання з'являється рівномірна шорсткість поверхні.

Шорсткість поверхні деталі (висота, форма, напрямок профілю мікронерівностей) значною мірою впливає на зносостійкість тільки в період припрацювання. Від неї залежить тривалість цього періоду. Слід вважати оптимальною шорсткість близьку до "рівноважної".

Горячева І. Р. і Добичин М. Н. представили гіпотезу про формування шорсткості в процесі припрацювання, з якої випливає, що "рівноважна" шорсткість може бути досяжна, коли поверхні між якими відбувається процес тертя будуть сімейством еквідистантних поверхонь. Іншими словами – остаточний приробіток на мікрорівні можливий тільки після макроприпрацювання.

Макрогеометричні відхилення у взаємному розташуванні осей і поверхонь деталей, порушення геометрії форм (овальність, конусоподібність, корсетність, бочкоподібність і т. д.). Макронерівності викликають зменшення площі контакту і збільшення сили тертя, погіршення умов мастила і неприлягання поверхонь, що труться, тобто з'являються просвіти. Навіть невелика їх кількість і малі розміри погіршують здатність ущільнювати сполучення кільце-гільза, що є причиною підвищеного чаду масла, зниження потужності двигуна і перегріву двигуна в цілому.

Вивченню зовнішньої вихідної макрогеометрії деталей на довговічність приділялася особлива увага. Випробуванню було піддано близько 200 двигунів різних моделей з визначенням вихідних та подальших макроспотворювачів. Встановлено, що вихідні параметри макрогеометрії низки поверхонь деталей в подальшому визначає довговічність двигунів. При вихідній овальності циліндрових гільз двигунів ЗМЗ-24 понад 0,04 мм прогресує до 0,10 – 0,12 мм після завершення 400 годинних випробувань під навантаженням; вихідні

значення до 0,025 мм наступна овальність вбирається у 0,05 – 0,06 мм. У міру припрацювання відхилення форми деталей від правильної форми зменшуються, збільшується площа поверхні контакту, зменшується питомий тиск і ймовірність появи задирів. Крім того, перекося суттєво знижують ресурс механізмів.

Умови ремонтного виробництва ставлять додаткові труднощі у розв'язанні задачі макрогеометричного обкатування через підвищену дефектність деталі. На заводі-виробнику при складанні двигуна входять тільки нові деталі, при капітальному ремонті агрегатів використовують деталі трьох видів: придатні для повторного використання (були у використанні); відновлені; нові для заміни вийшли з ладу або вибраковані. У практиці ремонтного виробництва мають місце значні похибки в деталях, що надходять на складання. Відхилення складових ланок призводять до значних похибок взаєморозташування деталей кривошипно-шатунного механізму при складанні двигунів, а технічні умови на ці неточності необґрунтовані.

Проблема забезпечення точності складання на ремонтних підприємствах викликана дефектами деталей та недотриманням правил монтажу, недбалістю ставленням до технічного процесу. За даними Голубничого Н. Т., при складанні двигунів на ремонтних підприємствах спостерігаються значні похибки (до 5 разів перевищують допустимі). Умовно прийнято, що перекося кривошипно-шатунном механізмі призводять до перекося поршня в циліндрі. Голубничий Н. Т. доводить, що максимальний перекіс рідко відповідає ВМТ та НМТ положення поршня. А контроль взаємного становища поршня і циліндра зводиться вимірам (щупом) радіального зазору між ними двох крайніх положеннях поршня. Очевидно, що такий контроль не може виявити якість збирання.

При великому перекося поршнів в циліндрах виникає тиск поршня на гільзу, якість припрацювання деталей погіршується, падає здатність сполучення, що ущільнює, спостерігається більш інтенсивний і нерівномірний знос, збільшуються втрати на тертя і знижується термін служби кривошипно-шатунного механізму. В результаті порушуються умови змащення циліндрів, поршня, поршневих кілець.

Зниження якості макроприпрацювання стає помітним при перекосі поршнів, що перевищують у 2-3 рази допустиме. Після обкатки двигуна із зазначеними значеннями перекосу величина прориву газів у картер збільшується на 40-50 %, а чад масла в картері, зростає більше двох разів у порівнянні з двигуном із допустимим перекосом.

Недостатньо висока точність обробки деталей і складання механізмів викликає потребу включати в технологічний процес, ремонту та виготовлення агрегатів і машин обкатку, при якій відбувається приробіток третювх поверхонь. У процесі припрацювання досягається зміна геометрії компенсуючих ланок – поверхонь тертя, в результаті чого забезпечується стан замикаючої ланки, що відповідає нормальній роботі механізму і перехід від незношеного стану поверхонь до експлуатаційного, зміна шорсткості поверхні, стану мікроструктури, поверхні матеріалу та режиму тертя.

Для прискорення процесу обкатки двигунів застосовується кілька технологічних прийомів таких як, підбір раціональних навантажувально-швидкісних режимів, режимів мастила, нанесення покриттів або проведення хіміко-термічної обробки контактуючих поверхонь, використання присадок до мастильних рідин і палива.

Малов'язкі оливи володіють високим тепловідведенням і плинністю, легко проникають в зазори між деталями, що труться, і вимивають сторонні частинки (забруднення) і продукти зношування. При використанні малов'язких масел прискорюється процес припрацювання, однак виникають передумови для задирів поверхонь тертя через малу несучу здатність і низькі змашувальні властивості.

Для прискорення припрацювання деяких найбільш важкоприроблюваних деталей, запобігання схоплювання і разом з тим збільшення опорної площі поверхонь тертя наносяться приробітні покриття тонкого шару свинцю, олова та ін або проводиться сульфатування, сульфатіонування поверхонь тертя.

Свинцеві покриття покращують припрацювання і збільшують опір задиру, але порівняно швидко окислюються.

Покриття з олова на поверхні хромованого поршневого кільця зменшує час припрацювання і збільшує несучу здатність пари, що труться, але адгезія

хрому і олова дозволяє бажати кращого, в цьому випадку дія присадки дуже короткочасно.

Фосфатні покриття значно сприяють підвищенню стійкості до заїдання, але в початковий період знос сполучення з таким покриттям різко зростає, тому що зазвичай поверхні мають дуже велику шорсткість ($R_a = 6$ мкм).

Використання мастил у вигляді графіту і дисульфиду підвищує антифрикційні властивості, проте є ряд недоліків: зі зростанням навантаження і температури істотно зростає коефіцієнт тертя. Дисульфід молібдену має високу хімічну активність і легко вступає в реакцію з водою та киснем.

Нанесення покриттів та хіміко-термічний приробіток – це дуже ефективні, але складні наукомісткі та трудомісткі процеси, тому вони не застосовуються для ремонтного виробництва.

Широке застосування знаходять присадки до олії та палива. Виконуючи різні функції мастила впливають у всіх основних поєднаннях двигуна і відбуваються в них процеси тертя та зношування. Присадки до палива мають досить вузьку спеціалізацію і впливають тільки на процеси, що відбуваються з деталями ЦПГ. Більшість присадок – складні металоорганічні сполуки хрому чи алюмінію, які розчинені у паливі. При згорянні ці сполуки перетворюються на дрібнодисперсні абразивні частинки. Потрапляючи на стінки циліндрів і утворюючи пасти притирання, які завдяки своїй високій твердості і температури плавлення впливають на посилення припрацювання деталей ЦПГ. Найбільш поширеними є металоорганічні сполуки на основі алюмінію. До позитивних якостей цих присадок відноситься точне дозування та рівномірний розподіл поверхнею циліндра без застосування спеціальних пристроїв. Негативним фактором виступає підвищений зношування деталей циліндро-поршневої групи і паливної апаратури при тривалому зберіганні вони втрачають свою ефективність.

Для підвищення протизносних властивостей палива використовуються поверхнево- та хімічно активні присадки. До них відносяться жирні кислоти, ефіри органічних кислот і спиртів, жирні аміни та ін. Дія поверхнево-активних присадок пов'язана з підвищенням міцності мастильної плівки. Здатність цих присадок знижувати тертя більшою мірою, ніж це може залежати від в'язкості

олій. У той же час відомі слабкі сторони активних присадок при високих температурах, вони знижують термоокислювальну стабільність моторних масел, мають недостатню розчинність і є дуже рідкісними і дорогими. Ці недоліки є неприйнятними для сучасних підприємств.

До хімічно активних присадок відносяться різні сполуки хлору, фосфору та ін. Як відомо, фосфор сприяє підвищеному зносу сполучень, особливо у початковий період опрацювання, скорочуючи час нормальної роботи деталей.

Дані роботи І. А. Кравця з додаванням до моторних масел хімічно активних присадок продемонстрували зменшення мікротвердості дзеркала гільз циліндрів у процесі припрацювання з подальшою стабілізацією на експлуатаційному рівні. У серійному експлуатаційному моторному маслі мікротвердість поверхні спочатку зростала в 1,5...2 рази проти вихідної, потім знижувалася, стабілізуючись вихідному рівні мікротвердості. Кравцовим І. А. зазначається, що поверхнево-активні присадки до масла (0,2 % олеїнової кислоти до масла ДСп-II) значною мірою інтенсифікують процес припрацювання, при цьому знижуються критичні питомі навантаження на поверхнях, що труться, в результаті чого знижується небезпека захоплення та заклинювання кривошипно-шатунного механізму

Обкатка двигунів на відпрацьованих оліях розроблена у Харківському будівельному інституті. За спостереженнями В. А. Лемаха для отримання оптимальних показників двигуна за потужністю і витратою палива тривалість обкатки на відпрацьованому маслі склала близько 2-х годин, а на свіжому дизельному моторному маслі 3 години, при дотриманні рівних умов. Під відпрацьованим маслом - прийнято вважати моторне масло, що пропрацювало в двигунах внутрішнього згорання деякий період часу. В. А. Лемах відзначає хорошу здатність до опрацювання масла відпрацьованого в двигунах 50 ... 60 годин. Вважається, що фактором кращої здатності до припрацювання стають наявність механічних домішок продуктів зносу, пилу, різних результатів окислення масла.

Обкатування на робочих рідинах. Холодна обкатка двигунів на водному розчині емульсолу, а гаряча на експлуатаційному маслі. Цей варіант обкатки розроблено в Челябінському інституті механізації та електрофікації сільського

господарства. Проведені дослідження на двигуні Д-54 дозволили зробити висновок, що найкраща якість припрацьованих поверхонь, найменше первинне зношування і найменша інтенсивність зносу після обкатки двигуна дозволяє говорити, що термін працездатності двигунів, що пройшли холодну обкатку із застосуванням розчину емульсолу, буде набагато довше в порівнянні з двигунами без або із застосуванням інших СОЖ. Гаєнко Л. М. запропонував спосіб припрацювання двигуна внутрішнього згоряння цікавий тим, що він включає режими як холодної так і гарячої обкатки, причому тривалість їх режимів визначається по моменту досягнення заданої величини механічних втрат у двигуні. Цей спосіб відрізняється тим, що при холодній обкатці здійснюють з метою зменшення тривалості рециркуляцію повітря з випускного колектора у впускний. Досягається зниження часу 1,5 разу. Порівняно з іншими способами недоліком є дорожнеча та велика тривалість. Також для прискорення процесу припрацювання застосовують спеціальні склади, розчини та ультразвук. З метою прискорення підробітку І. А. Жигалов та С. П. Андронов винайшли спосіб обкатки вузла тертя. Він полягає в тому, що деталі вузла тертя занурюються у ванну зі складом для травлення (2...24%-ний розчин фосфорної кислоти) і збуджують у ній ультразвукові коливання з частотою 0,02...1 МГц ультразвуковим генератором протягом 30...50 секунд. Потім деталі виймають з ванни, змивають і нейтралізують залишки кислоти в 0,3 ... 0,5% розчині каустичної соди при температурі 25 ... 30 ° С протягом 30 ... 50 секунд.

Після цього робочі поверхні деталей вузла тертя занурюють у ванну з мастилом, яке призначене для мастила вузла в експлуатаційних умовах, збуджують у ньому ультразвукові коливання з частотою 0,02...1 МГц і витримують 10...40 хвилин. Коли час обробки закінчиться, деталь виймають із ванни. Пропонований спосіб, при колишній зносостійкості вузла, тертя знижує час опрацювання в 14,4 ... 54,5 рази. Недоліком даного способу є те, що велика поверхня тертя при обробці ультразвуком вимагатиме надзвичайно високопотужного джерела електроенергії та великих енерговитрат. Не знайшли вирішення проблеми обробки громіздких складно-конфігураційних деталей ультразвуком. Описані недоліки вплинули на описаний спосіб припрацювання, і він не знайшов широкого застосування.

Спосіб формування сервовітної плівки на поверхнях, що труться. Його суть полягає в тому, що з певної кількості природного кварцу, попередньо стертого, і органічного зв'язаного, утворюють склад для формування сірчаної плівки, що містить 0,1 ... 0,5 масових часток природного кварцу, решта - синтетичний солідол. Дисперсність кварцу 0,1 ... 0,5 мкм. Суміш піддають механоактивації на віброустановці з інтенсивністю віброактивності до 1,5...2 м²/с³ тривалістю 10 хвилин. Готову суміш подають в зону тертя на поверхні, що контактують між собою, і проводять припрацювання в режимі $P = 3 \text{ МПа}$, $V = 0,1 \text{ мхс-1}$. У процесі припрацювання на поверхнях, що труться, формуються сервовітні плівки. Вони дозволяють підвищити довговічність та зменшити коефіцієнт тертя у місцях зіткнення поверхонь. Цим способом можна припрацювати всього лише пару гільза-поршневі кільця. Інші деталі такі як корінні та шатунні вкладиші не прироблятимуться, оскільки дана суміш достатня густа і її неможливо подати по каналу колінвала до корінних та шатунних вкладишів.

Обробка пар тертя електрохімічним способом. Спосіб електрохімічної обробки (луна), що дозволяє створити пористий рельєф поверхонь, що сполучаються, вперше запропонував доктор технічних наук С. В. Венцель.

При взаємодії електроліту з металом, що працює як катод, на останньому утворюються покривні плівки. Механізм електропровідності багато в чому залежить від умов їх виникнення та складу. Якщо плівка є провідником, то струм проходить через пори в ній, завдяки чому утворюються мікропористості (до 150 ... 300 на 1 мм² при глибині 20 мкм), що сприяють збільшенню маслоємності робочої поверхні. Сама установка складається із джерела постійного струму низької напруги, ванни для електроліту, насоса, електродного пристрою. Оброблювану деталь (комплект вкладишів для двигуна СМД-60) встановлюють на катод із зазором (0,1...0,3 мм) "плюс" джерела підключений до деталі та послідовно включають подачу електроліту та джерело струму. Застосовується електроліт на основі сірчаної та ортофосфорних кислот, анодна щільність струму в межах 30...50 А/см² температура 70...90°C, час обробки 1...12 хв. Лабораторні випробування, проведені для визначення ефективності запропонованого способу на машині тертя МІМ-1, порівнюючи

зразки (колодочки) вирізані з корінних вкладишів, що пройшли, та інших (заводського виготовлення) при взаємодії з роликком зі сталі 45 з термообробкою (твердість не менше 52 HRA), що відповідає твердості шийки колінчастого валу.

На ретельно вимиту та знежирену колодочку наносили тонкий шар олії М-10Г, встановлювали в державку та проводили приробіток пару ролик-колодочка, попередньо демонтували з машини масляну ванну. Мاستило здійснювалося тільки маслом, нанесеним на зразок. Приробіток вели до утворення задирки поверхонь, про що судили щодо різкого збільшення моменту сил тертя. Час роботи до утворення задиру фіксували з п'ятикратною періодичністю. Для зразків цей час склав 95 хвилин, а для заводських виробів – 56 хвилин. Таким чином, з'ясували, що поверхня, оброблена електрохімічним способом, довше зберігала умови самозмащування. При роботі відбувалося постійне торцеве закінчення масла, масляна плівка зменшувалася за товщиною до мінімуму і в якийсь момент наставав металевий контакт, що характеризується локальними спалахами температури. При цьому з мікрорезервуарів зразків, внаслідок об'ємного теплового розширення на поверхні виділялася порція масла і порушена масляна плівка відновлювалася.

Для дослідження процесів, що відбуваються в парі тертя вкладиші - колінчастий вал двигуна СМД-60 була застосована установка, що імітує роботу підшипника 3-ї корінної шийки і вирізані з вкладишів заводу-виробника колодочки поряд з колодочками обробленими електрохімічним способом. Експеримент проводився відповідно до регламенту заводської обкатки для двигуна СМД-60 (холодна обкатка – 20, гаряча – 135 хвилин).

Холодна обкатка відтворювалася при роботі експериментальної установки без навантаження, гаряча шляхом навантаження пари тертя за допомогою пристрою, що розвиває зусилля 608 кН, що відповідають середньоіндикаторному за цикл для 3-ї корінної шийки. У процесі фіксувалися момент сил тертя, температура в зоні тертя. Результати продемонстрували, що у зразків момент сил тертя і температура стабілізується за більш короткий термін часу, ніж у зразків заводського виконання. Експеримент свідчить про швидше припрацювання поверхонь, оброблених електрохімічним способом.

Зважування зразків до і після роботи на установці показала, що зношування (по масі).

Як випливає з вищевикладеного, більшість технологічних прийомів, спрямованих на прискорення опрацювання, мають свої недоліки і виявляються недостатньо ефективними при макропробці. Насамперед слід відзначити їх загальний недолік - те, що застосування більшості з цих способів викликано, перш за все, прагненням прискорити приробіток, а не перенести умови структурної пристосовуваності на початковий період і саме тому, що зовнішні фактори впливу під час припрацювання виключаються, дійсний доробок досягається через сотні годин. Крім того, застосування всякого роду покриттів, у тому числі плівок, як, наприклад, графіту, міді змінює внутрішню структуру основного матеріалу і негативно позначається на подальшій експлуатації. Як відомо, електроерозійна дія на поверхні призводить до максимального зміцнення поверхні, що особливо не допустимо для основних сполучень двигунів. Разом з тим, застосування того чи іншого способу опрацювання призводить до скорочення процесу опрацювання.

Сутність ЕХМП(Д) полягає в наступному: деталям надається робочий рух, в зону тертя замість олії подається електроліт і через сполучені деталі пропускається змінний струм. В результаті механічної та електрохімічної взаємодії відбувається швидка макрогеометричне припрацювання поверхонь.

Ранні дослідження були проведені на парах тертя сталь-чавун, сталь-сплав АСМ в середовищі водних розчинах солей на машині тертя СМЦ-2 Болдарем Л. Н. і Михалєвим В. Д. було встановлено, що для цих сполучень найкращим є електроліт, що містить в своєму складі 10% Na NO_3 , 0,6% NaCl та 0,4% Na HPO_4 . Причому на площу плями контакту на чавуну впливає лише концентрація кухонної солі: зі зростанням останньої площу пляма контакту зменшується.

Дослідженнями було встановлено, що сила струму істотно впливає на знімання металу пари та розвитку площі плями контакту. Причому характер впливу досліджуваних пар тертя різний. Було відзначено, що підвищені значення сили струму можуть бути ефективно використані для припрацювання пар з перекрученою геометричною формою.

Характер впливу навантаження на досліджувані показники припрацювання також залежить від природи матеріалів пар, що труться. У парі сталь-чавун знос матеріалів збільшується зі зростанням навантаження і зростає площа плями контакту. Швидкість ковзання надавала складніший вплив на характер зміни показання показників припрацювання.

Відрізняється перехід від граничного тертя до напіврідинного та рідинного із збільшенням частоти обертання таке припущення викликає характерні зміни показників припрацювання. Результатом досліджень щодо вибору складу електроліту для ЕХМП(Д) стала пропозиція прийняти суміш 1/5 – 1/3 год. за обсягом водного розчину хлористого натрію або нітрату натрію з концентрацією від 10 % до насичення з гліцерином. Надалі застосовувалися в основному три електроліти, що є сумішшю розчинів солей NaCl, NaNO₂ і NaNO₃ і гліцерину у співвідношенні 1:4. ЕХМП(Д) на таких електролітах значно покращує умови тепловідведення, вимивання продуктів зношування і мастила поверхонь, що труться. Але питання вибору оптимального складу електроліту до кінця не вирішено і вимагає подальших продовжень дослідження. Враховуючи реальну точність деталей, що надходять на складання двигуна при його ремонті, питанням макроприпрацювання основних сполучень слід приділяти підвищену увагу. В. П. Алексєєв і Л. Н. Болдар стверджують, що негативний вплив низької точності деталей, що надходять на складання двигунів, на ресурс ЦПГ значно знижується із застосуванням електрохіміко-механічних припрацювань (доведення). Якість прироблення деталей ЦПГ оцінювалася по чаду масла визначається згідно з ГОСТ18509-73.

Випробування показали, що в середньому чад олії становив 0,74%, що значно менше передбачених теоретичним вимогам на ремонт. Збільшення ресурсу і зменшення чаду моторного масла забезпечується меншою величиною первинного зношування припрацювання деталей і меншою інтенсивністю зносу при експлуатації.

Ситуація, що склалася на сьогоднішній день, вимагає пошуку рішень способу поліпшення вихідного низькоякісного стану деталей ЕХМП(Д). Застосування в'язких електролітів при макроприпрацюванні пар циліндро-поршневої групи дозволило значно поліпшити якість припрацювання. Перебіг

електрохіміко-механічних процесів, що призводять до опрацювання, залежить від умов мастила. Дослідження показали, що при малих швидкостях переміщення поршня ($V = 0,2$ м/с) без газових навантажень перехідний опір дещо підвищується в середній частині ходу поршня, зі зростанням швидкості до 1,6 м/с опір був високим по всьому ходу поршня, крім ділянок прилеглих до мертвих точок. При частоті обертання понад 150 хв^{-1} є гідродинамічні режими тертя між кільцем і гільзою. В умовах ЕХМП(Д) при гідродинамічному мастилі на поверхнях, що приробляються, протікає суто електрохімічна реакція: струм проходить через деталі, розділені шаром електроліту. Наслідком цього є травлення поверхонь за їх анодної поляризації з частотою змінного струму. Режим граничного та перехідного тертя, окрім іншого, посилює ефект електрохімічної реакції при рідинному терті. В результаті механічних та електрохімічних впливів досягається швидкий доробок ЦПГ.

Електрохімічну обробку взагалі відзначають рядом позитивних властивостей: по-перше, вплив на матеріал виробляється накладенням струму на середовище та деталі та відбувається на тонкому рівні, внаслідок чого продукти знімання знаходяться у вигляді атомів, молекул; при ЕХРО відбувається зняття внутрішніх напруг як у мікро-, так і в макрообсязі поверхневих шарів матеріалу; по-третє, при поєднанні певних матеріалів можна досягти якісного легування поверхні; по-четверте, електрохімічна обробка дозволяє проводити за певних умов і локальне знімання матеріалів деталей.

Аналізуючи нинішній стан питання підробітку основних сполучень двигунів необхідно відзначити високу ймовірність складання сполучень з дефектних деталей. Особливо це стосується ремонтного виробництва. Двигуни, у яких деталі мають макровідхилення від правильних геометричних форм, мають найгірші техніко-економічні показники та менший ресурс, порівняно з двигунами, зібраними з якісних деталей. Недостатньо висока точність обробки і складання механізмів викликає необхідність включати в технологічний процес виготовлення або ремонту машин і агрегатів їх обкатку, при якій відбувається приробіток поверхонь, що труться.

Під час опрацювання відбуваються докорінні зміни характеристик мікро-рельєфу поверхні та структурно-фазового стану поверхневого шару. Після

закінчення припрацювання виникає рівноважна шорсткість поверхні, проте остаточна приробіток на мікрорівні можлива тільки після макроприпрацювання сполучення.

У звичайних умовах опрацювання займає тривалий час. Забезпечення повного припрацювання з мінімально можливим зношуванням за короткий час збільшує ресурс сполучених деталей. Більшість з існуючих технологічних прийомів прискорення припрацювання не найкраще впливають на макроприпрацювання деталей, яка найбільш інтенсивно протікає на стадії холодної обкатки.

Пізніше було зроблено спробу розкрити механізм макроприпрацювання поршневих кілець до дзеркала гільз циліндра, дослідити виходи по струму за різних режимів тертя у парі кільце-гільза. Були проведені дослідження щодо вибору раціонального складу електроліту, визначено оптимальний режим ЕХМП(Д) циліндричної поверхні поршневих кілець. У роботі Т. Н. Відомо, що контактний тиск між деталями механізму, що має макрогеометричні відхилення, залежать від величини цих відхилень, тому це питання вимагає подальшого вивчення. Виходячи з вищесказаного було сформульовано мету роботи, завдання досліджень, об'єкт та предмет досліджень.

1.3 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу

1. Провести вивчення стану питання щодо припрацювання основних сполучень агрегатів та машин.
2. Розробити теоретичні передумови електрохіміко-механічного припрацювання циліндричних сполучень.
3. Розробити методіку досліджень.
4. Провести експериментальне підтвердження одержаних теоретичних залежностей щодо визначення зношеної маси деталей при доведенні циліндричних сполучень з макрогеометричними відхиленнями.
5. Провести техніко-економічну оцінку запропонованого способу припрацювання.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Теоретичні передумови довідки циліндричних споружень електрохіміко-механічним способом

Процес електрохіміко-механічного припрацювання (доведення) протікає при спільній механічній і електрохімічній взаємодії поверхонь, що труться. Його характер значною мірою визначається видами мастила та кількістю електрики, що протікає через деталі сполучення.

Вищеназваний процес у теоретичному плані досліджено у статтях Алексеєва В.П., дисертації Замоти Т.М. Глибоке опрацювання процесів, що відбуваються при ЕХМП(Д) підшипників ковзання, зроблене Олексієвим В.П., дозволило розкрити особливості електрохіміко-механічних взаємодій поверхонь, що приробляються. Стало ясно, що найбільш ефективним фактором у пристосуванні поверхонь, що труться один під одного є електрохімічний фактор.

У дисертації Замоти Т.М. представлені теоретичні передумови макрогеометричного підробітку хромованого поршневого кільця до гільзи циліндрів. У цій роботі зроблено спробу ув'язати геометричну зміну поверхонь тертя з електрохіміко-механічним процесом. Вибір теоретичного опрацювання цих напрямів – у Алексеєва В.П. – вивчення ЕХМП(Д) підшипників ковзання, а Замоти Т.Н. - Вивчення ЕХМП(Д) сполучення хромоване кільце-гільза циліндрів - не випадковий. Ці сполучення найбільше відповідальними за ресурс двигунів внутрішнього згорання.

Ряд дослідників пов'язують питання припрацювання з подальшим пізнанням процесів характерних для основних сполучень. Оскільки в двигуні навантаження різні пари тертя неоднакові, то визначення режиму припрацювання необхідно вести, розглядаючи найбільш навантажену пару. На думку Гаєнка Л. М. та Гурвіча І. Б. такою парою є сполучення шатунна шийка-вкладиш (розрахунок за питомим навантаженням), а на думку Заренбіна В. Г., Касунова А. Х. - кільце-гільза. Тут автори розглядали критерій заїдання за температурою.

Перераховані вище сполучення є циліндричними сполученнями з різним характером відносного переміщення. Основними двома видами переміщень є обертальне, коли один циліндр обертається всередині іншого. Такий характер руху характерний для різних підшипників ковзання, що широко застосовуються в агрегатах і машинах. До іншого виду відносного переміщення можна віднести зворотно-поступальний. Найбільш яскравим прикладом цього виду переміщення відповідає циліндро-поршнева група двигунів внутрішнього згорання.

У циліндро-поршневій групі можна знайти пари тертя з різними умовами компенсації зношування. Якщо звернутися до роботи Замоти Т.Н., то дослідження опрацювання пари кільце-гільза і є дослідженням пари тертя з компенсацією зношування за рахунок пружності кільця. При деякому припущенні можна відзначити, що у цій парі зазор між кільцем і гільзою залежить немає кількості знятого хрому з поверхні, як від швидкості переміщення кільця щодо гільзи.

Недослідженими залишаються питання електрохіміко-механічного підробітку (доведення) циліндричних сполучень без компенсації припрацювальних зносів. Це сполучення, в яких деталь, що охоплюється, є деталлю постійного контактування з охоплює деталлю. У циліндро-поршневій групі це поршень та гільза. При зносі поршня зазор між поршнем і гільзою збільшується, що змінює контактні навантаження, характер мастила та інтенсивність зношування. Тому, дуже актуально теоретично досліджувати і практично підтвердити або спростувати ефективність ЕХМП(Д) для прискорення опрацювання таких пар тертя, як циліндр в циліндрі.

Для того, щоб досліджувати процес припрацювання реального кривошипно-шатунного механізму за наявності макрогеометричних відхилень у поєднаннях на рис. 2.1 представлена схема цього механізму з урахуванням реального стану деталей, що надходять на збирання. Як видно з цієї схеми, відхилення від правильних геометричних форм навіть однієї ланки розмірного ланцюга механізму викликає появу контактних зусиль по всьому ланцюгу механізму. Виходячи з цього, необхідно глибоке вивчення процесу підробітку кривошипно-шатунних механізмів з деталями з розширеними полями допусків.

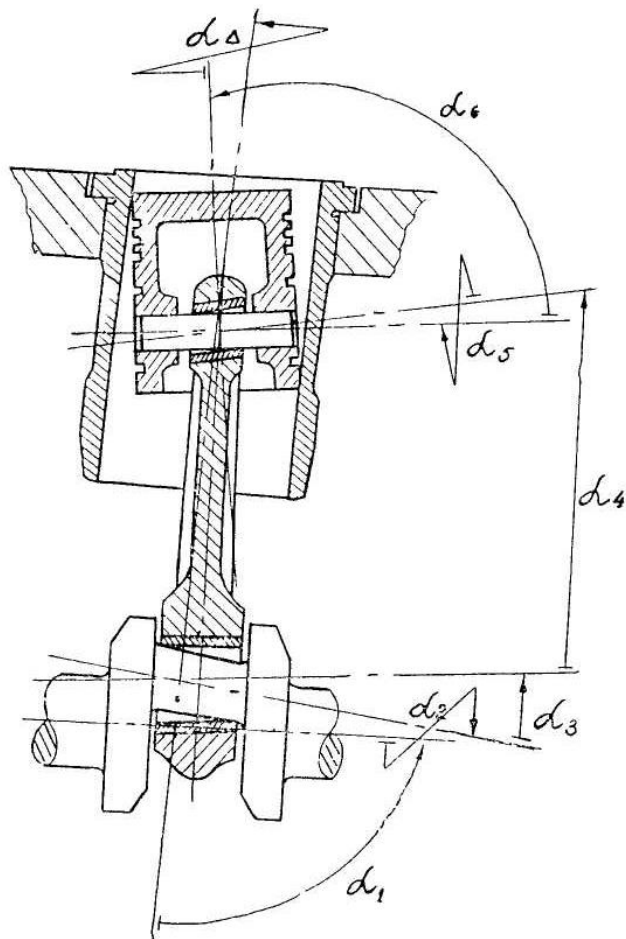


Схема кривошипно-шатунного механізму

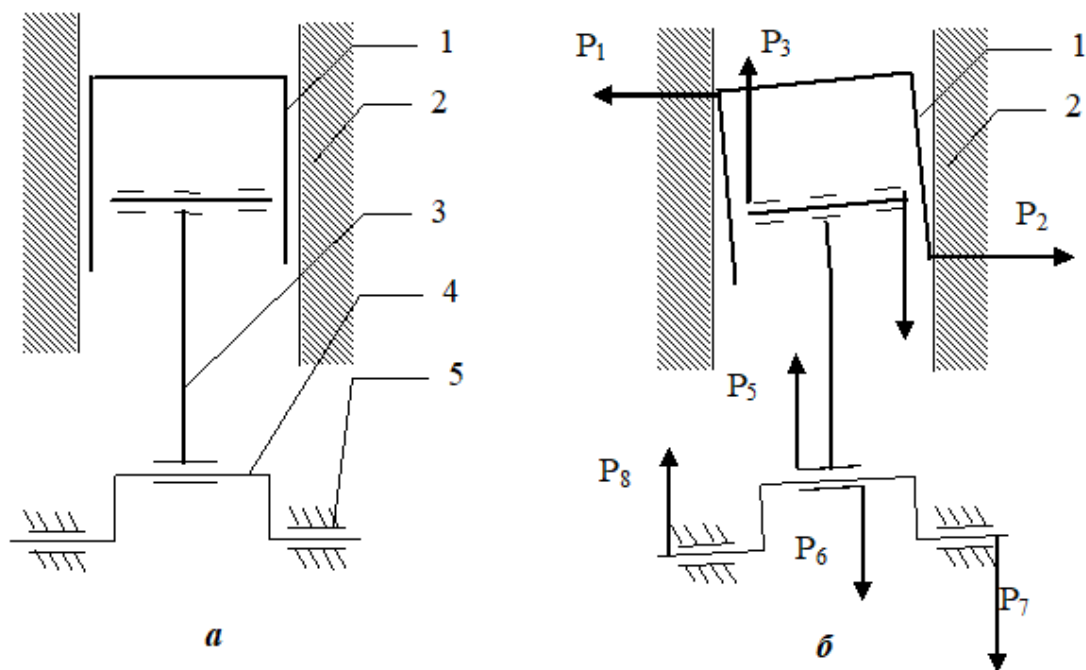


Рис.2.1. Ескіз реального кривошипно-шатунного механізму за наявності макрогеометричних відхилень у сполученнях:

а) без перекосу; б) за наявності перекосу; 1 – поршень; 2 – гільза; 3 – шатун; 4 – колінчастий вал; 5 – вкладиші; $P_1 \dots P_8$ – сили, що у поєднанні механізму.

Розіб'ємо пару кривошипно-шатунного механізму за характером взаємного переміщення і виду сполучення. Отримані дані помістимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.- пари КШМ, що труться, і характер взаємного переміщення в цих парах.

Пара тертя	Вид сполучення	Характер взаємного переміщення
1. Поршень – гільза	Циліндричний (циліндр у циліндрі)	Поворотно-поступальний рух
2. Хромування кільце-гільза	Циліндричний (циліндр у циліндрі)	Поворотно-поступальний рух
3. Чавунне кільце-гільза	Циліндричний (циліндр у циліндрі)	Поворотно-поступальний рух
4. Маслознімне кільце-гільза	Циліндричний (циліндр у циліндрі)	Поворотно-поступальний рух
5. Поршневий палець – бронзова втулка бобишок поршня	Циліндричний (циліндр у циліндрі)	Поворотно-поступальний рух
6. Шатунна шийка колінчастого валу – шатунний вкладиш	Циліндричний (циліндр у циліндрі)	Обертальний рух
7. Корінна шийка колінчастого валу - корінний вкладиш	Циліндричний (циліндр у циліндрі)	Обертальний рух

Як видно з таблиці 2.1, поршень щодо гільзи рухається зворотно-поступально. Враховуючи сили P_1 і P_2 , він буде припрацьовуватися в зонах безпосереднього контакту (рис. 2.7). Приробіток буде закінчено, коли буде знято обсяги матеріалу, вказаних на (рис.2.1.) штрихуванням. Очевидно, що за обсягом вони будуть обмежені двома циліндрами з радіусом гільзи та радіусом поршня та площинами, що проходять через днище поршня та зріз спідниці при перекосі.

В аксонометрії зношені обсяги надані (рис.2.2.).

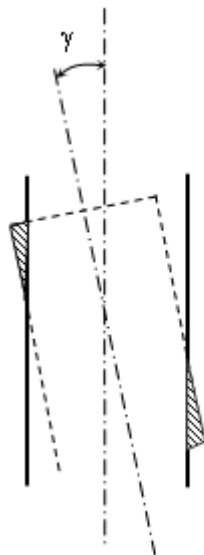


Рис. 2.1. – Схема припрацювання поршня з кутом перекосу γ .

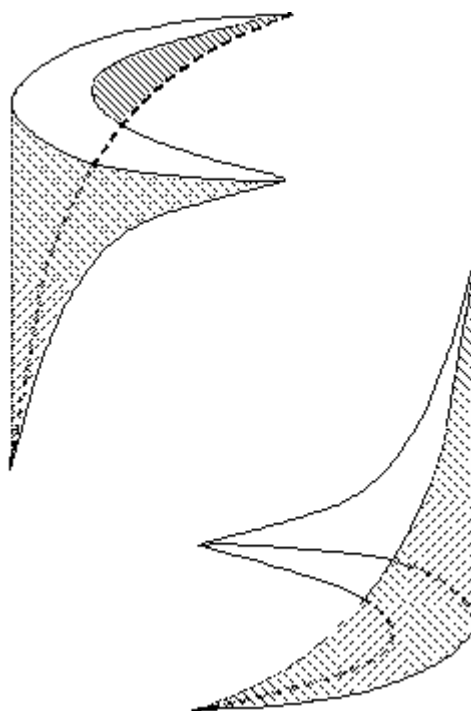


Рис. 2.2. Об'єм зношеного матеріалу поршня при перекосі в гільзі.

Ці обсяги залежатимуть від кута перекосу. Можна записати, що

$$V_{\text{зн}} = f(\gamma), \quad (2.1.)$$

де $V_{\text{зн}}$ – обсяг зношеного матеріалу. Знаючи $V_{\text{зн}}$ можна теоретично визначити приробітне зношування i

$$i = V_{\text{зн}} \rho, \quad (2.2)$$

де ρ - щільність матеріалу поршня.

Крім цього необхідно знати площу контакту поршня та гільзи та її розвиток від початкової до кінцевої в процесі опрацювання. Ця площа також залежить від кута перекоосу.

$$S = f(\gamma, \tau), \quad (2.3)$$

де τ – час опрацювання.

Залежно від величини площі контакту S та сили P , яка виражена (2.4)

$$\rho = f(\gamma, \tau). \quad (2.4)$$

При перенесенні поршня в циліндрі відбувається посилене зношування в зонах, виділених штрихуванням.

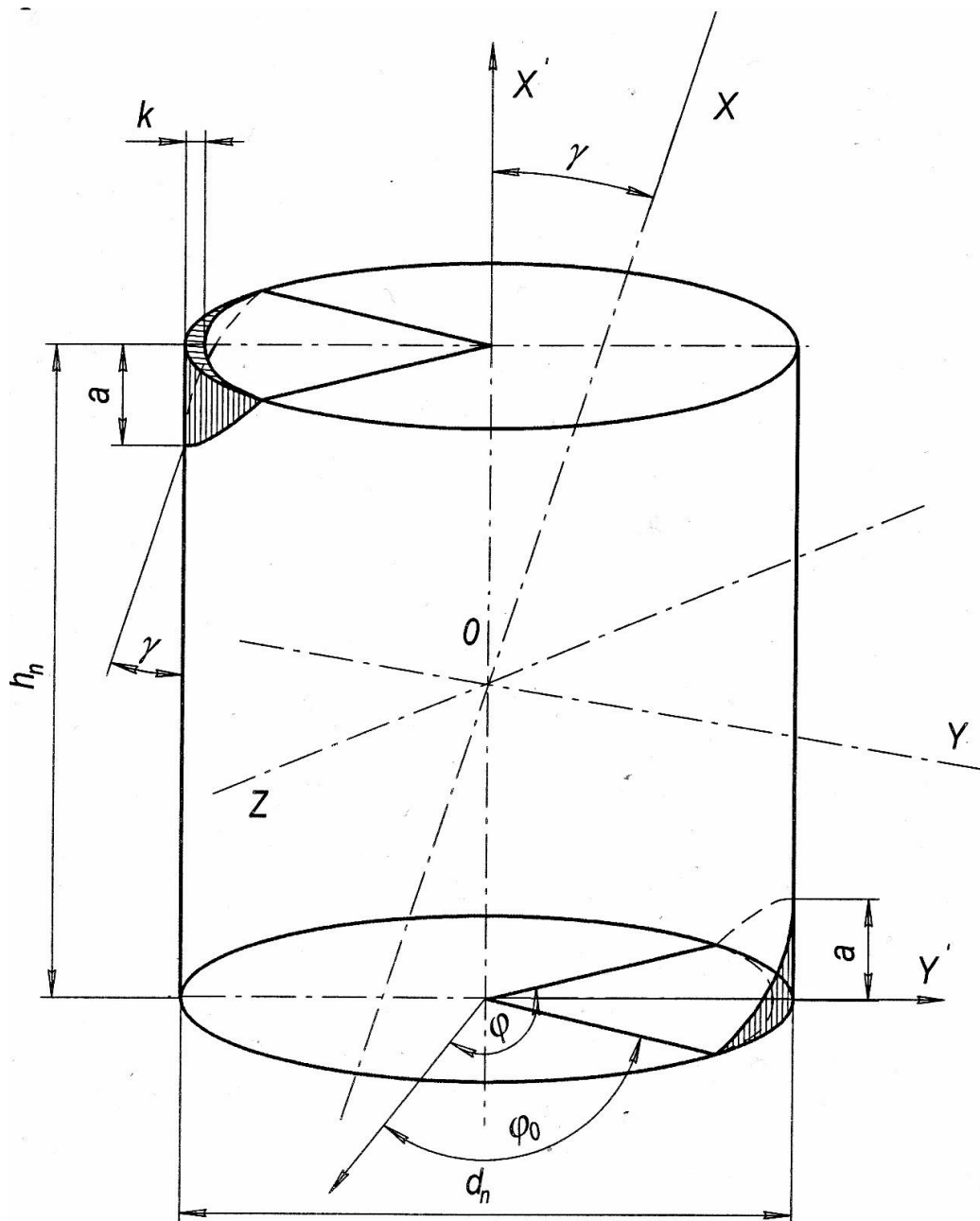


Рис.2.3. – Схема обсягів матеріалу, що зношується з перекошеного поршня.

Коли метал із цих зон буде видалений за допомогою зношування, контактні тиски, що викликаються перекосом, дорівнюватимуть 0.

Аналітично можна вивести залежність об'єму, який необхідно видалити з поршня, при заданому куті перекоосу і утворюється дузі ϕ , тобто.

$$V_{из} = f(\gamma, \phi)$$

Для вирішення цього завдання складемо схему, подану на рис.2.4, де

d_r – діаметр гільзи;

$d_{п}$ – діаметр поршня;

$h_{п}$ – висота поршня;

γ – кут перекоосу поршня в гільзі;

k - висота перетину, що зношується;

L – величина усунення центру поршня (у площині обріза спідниці) від центру гільзи циліндра;

a, b, c - відрізки, що обмежують переріз матеріалу поршня, що зношується;

α – кут між віссю поршня та лінією, що з'єднує центр обертання O та крайню точку поршня C .

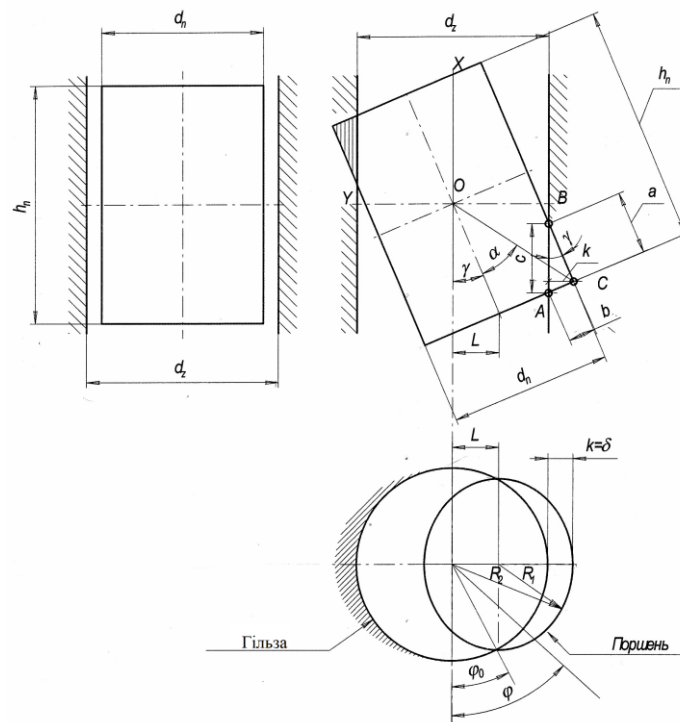


Рис.2.4. - Схема для визначення обсягу матеріалу, що зношується:

а) перекоіс відсутній; б) перекоіс з кутом γ ; вид зверху в перерізі обріза спідниці поршня при перекоісі?

Як видно з рис.2.4а, кут перекоосу, при якому поршень стосується гільзи, дорівнює

$$\gamma = \gamma_0 = \arctg \frac{h_n - \sqrt{d_h^2 + h_n^2 - d_2^2}}{d_h}, \quad (2.5)$$

або

$$\gamma = \gamma_0 = \arcsin \frac{d_2 - d_h}{h_n}, \quad (2.6)$$

При куті перекоосу $\gamma > \gamma_0$ поршень починає тиснути на гільзу і це зусилля (тиск) зменшується до 0 тільки тоді, коли зітреться метал, обмежений трикутником ΔABC .

Вважаючи, що т.з при перекоосі рухається по колу з радіусом r , і знаючи рівняння кола в декартових координатах (2.7)

$$y^2 + x^2 = r^2 = \frac{d_h^2}{4} + \frac{h_n^2}{4}, \quad (2.7)$$

З врахуванням

$$y = \frac{d_2}{2}, \quad (2.8)$$

можна знайти величину x (наближення крайньої точки обрізу спідниці до площини центру обертання без перекоосу) (2.9)

$$x = \frac{1}{2} \sqrt{d_n^2 + h_n^2 - d_2^2}, \quad (2.9)$$

Якщо розглянути рис.2б у спрощеному варіанті, то видно, що при куті перекоосу $(\alpha + \gamma)$ можна записати рівність

$$\frac{d_z}{2} + k = r \cdot \sin(\alpha + \gamma), \quad (2.10)$$

Розписавши шосту рівність, отримуємо

$$\frac{d_z}{2} + k = \sqrt{\left(\frac{d_n^2}{4} + \frac{h_n^2}{4}\right) \cdot \sin^2\left(\arcsin \frac{d_n}{\sqrt{d_n^2 + h_n^2}} + \gamma\right)}, \quad (2.11)$$

Звідси k буде рівне (2.12)

$$k = \frac{1}{2} \sqrt{d_n^2 + h_n^2} \cdot \sin\left(\arcsin \frac{d_n}{\sqrt{d_n^2 + h_n^2}} + \gamma\right) - \frac{d_z}{2}, \quad (2.12)$$

Тому

$$b = \frac{k}{\cos \gamma}, \quad (2.13)$$

знаходимо b (2.14)

$$b = \frac{\sqrt{d_n^2 + h_n^2} \cdot \sin\left(\arcsin \frac{d_n}{\sqrt{d_n^2 + h_n^2}} + \gamma\right) - d_z}{2 \cos \gamma}, \quad (2.14)$$

Тепер можна знайти залежність площі зношеного перерізу S від всіх факторів, що задаються (2.15).

$$S = \frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{d_n^2 + h_n^2} \cdot \sin\left(\arcsin \frac{d_n}{\sqrt{d_n^2 + h_n^2}} + \gamma\right) - d_z}{2 \cos \gamma} \right)^2 \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma} = \frac{1}{2} \frac{k^2}{\cos^2 \gamma \cdot \operatorname{tg} \gamma}, \quad (2.15)$$

Потім можна розглянути як змінюється k від кута повороту у полярних координатах. Знаючи залежність зміни висоти перетину, що зношується k від кута φ і маючи залежності (2.12), (2.13), (2.14), можна буде розрахувати обсяг зношеного матеріалу за час припрацювання $V_{\text{із}} = f(\gamma, \varphi)$

Відповідно до розрахунків, поданих, з урахуванням того, що

$$L = \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma, \quad (2.16)$$

$$R_1 = \frac{d_n}{2}, \quad (2.17)$$

де R_1 - радіус поршня, що виходить за межі гільзи (допущення правомірно з урахуванням неможливості завдання щодо великих кутів перекосу?);

$$R_2 = \frac{d_z}{2}, \quad (2.18)$$

де R_r - радіус гільзи;

$$\delta = k = b \cdot \cos \gamma, \quad (2.19)$$

γ_0 - кут початку перетину поршня з гільзою;

Зміна $k = f(\varphi)$ представиться у вигляді

$$k = \sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2 (\sin^2 \phi - 1)} + \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma \cdot \sin \phi - \frac{d_z}{2}, \quad (2.20)$$

З умови $k = 0$, знаходимо кут ϕ_0 - початку перетину проєкцій гільзи та обрізу спідниці поршня

$$\phi_0 = \arcsin \frac{\left(\frac{d_z}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2 - \frac{d_z}{2}}{d_z \cdot \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma}, \quad (2.21)$$

Дуга перетину гільзи та обрізу спідниці поршня в цьому випадку опишеться виразом

$$\alpha_0 = \pi - 2\phi_0, \quad (2.22)$$

Об'єм, який необхідно видалити з поршня, при заданому куті перекосу γ , може бути визначений інтегруванням виразу площі S (2.16) з урахуванням отриманої k (2.20) в межах від ϕ_0 до $\phi - \phi_0$. Вважаємо, що поршень при перекосі обертається щодо своєї середини ($V_1 = V_2$).

$$\begin{aligned} V &= 2 \int_{\phi_0}^{\pi-\phi} \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2 (\sin^2 \phi - 1)} + \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma \cdot \sin \phi - \frac{d_z}{2}\right)^2}{\cos \gamma} \cdot d\phi = \\ &= \int_{\phi_0}^{\pi-\phi} \frac{\left(\sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2 (\sin^2 \phi - 1)} + \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma \cdot \sin \phi - \frac{d_z}{2}\right)^2}{\cos \gamma} \cdot d\phi, \quad (2.23) \end{aligned}$$

У кожному даному випадку вирішити завдання можна з допомогою теореми Сімпсона. І тому необхідно ввести у програму для ЕОМ значення d_n , h_n , d_r , .

Крім цього необхідно знати величину a , для побудови розгортки перетину, що зношується. Знаходимо через величину k (2.24).

$$a = \frac{k}{\sin \gamma} = \frac{\sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2 (\sin^2 \phi - 1)}}{\sin \gamma} + \frac{h_n}{2} \cdot \sin \phi - \frac{d_z}{2 \sin \gamma}, \quad (2.24)$$

У перший момент торкання поршень і гільза стикаються дуже малої площі контакту. Теоретично контакт повинен здійснюватися у точці торкання. Вважаємо, що $S_{\text{конт поч}}$ (початкова площа контакту) мала і $S_{\text{конт поч}} \rightarrow 0$. У процесі зношування площа контакту збільшуватиметься і досягне свого максимального значення після того, як буде знято обсяг металу V_{13} .

Площа контакту припрацьованої пари поршень-гільза за наявності початкового перекосу з кутом γ $S_{\text{конт кон}}$ знаходиться за виразом (2.25). Вона визначається інтегруванням (2.24) у межах від ϕ_0 до $\pi - \phi_0$.

$$S_{\text{конткон}} = \int_{\phi_0}^{\pi-\phi_0} \left(\frac{\sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n \cdot \sin \gamma}{2}\right)^2 \cdot (\sin^2 \phi - 1)}}{\sin \gamma} + \frac{h_n}{2} \sin \phi - \frac{d_2}{2 \sin \gamma} \right) d\phi, \quad (2.25)$$

Площа контакту з урахуванням величини знаходиться за виразом (2.26):

$$S_{\text{кон}} = \int_{\phi_0}^{\pi-\phi_0} \frac{k}{\sin \gamma \cos \gamma} d\phi, \quad (2.26)$$

Наявність та товщина розділового шару між поверхнею поршня та дзеркалом гільзи визначають умови тертя, останнє характеризується критерієм Зоммерфельда:

$$S_m = \frac{\mu \cdot V}{\rho \cdot b}, \quad (2.27)$$

де μ - динамічна в'язкість мастильного матеріалу (електроліту);

V – швидкість переміщення поршня;

ρ – тиск кільця на дзеркало циліндра від сил пружності;

b – висота кілець.

Якщо прийняти, що $S_m = 10^{-5}$ відповідає перехідному режиму тертя, не важко встановити зміни видів мастила при переміщенні поршня. Враховуючи відносно великі площі контакту, можна припустити, що за подвійний хід поршня досліджуваної поверхні взаємодіють при різних режимах тертя: граничному, перехідному та гідродинамічному мастилі. За критерієм Зоммерфельда (2.27) та виразами (2.26) та (2.25) можна буде визначити зміну режимів тертя в парі поршень – гільза під час припрацювання.

Знаючи режими тертя, зміни площ контакту та питомих тисків, можна шляхом накладання рівняння електрохімічного анодного розчинення (2.28) визначити величину зносу (2.29).

$$V_{aq} = \frac{1}{2}(1-r) \frac{c}{\rho} \cdot \eta_{aq} \left(\frac{V - \varphi_{aq} + \varphi_r}{h} \right) x, \quad (2.28)$$

де 0,5 коефіцієнт, що враховує змінний струм; r - коефіцієнт, що враховує частку граничного тертя ($S_m < 10^{-5}$) в загальному часі циклу (на один оборот колінчастого валу); V - робоча напруга; φ_{aq} - анодний потенціал при механічному активізуванні; φ_k - катодний потенціал; η_{aq} - анодний вихід струму при механічному активізуванні; x - питома електропровідність електроліту; h - радіальний міжелектродний зазор у зоні рідинного тертя; c - електрохімічний еквівалент матеріалу аноду; ρ - густина матеріалу.

Залежність зношування поршня і при ЕХМП(Д) від усіх факторів процесу буде представлятися у вигляді:

$$i = f(\gamma, V, J, \mu, \nu), \quad (2.29)$$

2.2 Економічна ефективність ремонтного припрацювання циліндричних спряжень електрохіміко-механічним способом

Економічний ефект від впровадження даної технології ЕХМД досягається шляхом доведення циліндричних сполучень.

Річний економічний ефект визначається за формулою (2.30):

$$E_p = (C_{н.к.} - C_{від.}) \cdot N_p, \quad (2.30)$$

де $C_{н.к.}$ - Ціна нового поршня;

$C_{від.}$ - Ціна доведеного поршня;

N_p - річна програма.

Ціна поршня, що відновлюється, визначається за формулою (2.31):

$$C_{від} = C_{зал} + C_{ел.о.} C_{зн} + C_{ел-ту}, \quad (2.31)$$

де $C_{зал.}$ - Залишкова вартість поршня;

$C_{ел.}$ - Вартість електроенергії за один досвід;

$C_{зп.}$ - Плата за один відновлений поршень;

$C_{\text{ел-ту}}$ - вартість електроліту.

Таблиця 2.1. Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Найменування показника	Позначення	Одиниця виміру	Значення
1. Залишкова вартість поршня	$C_{\text{зал}}$	грн.	36,50
2. Вартість електроенергії	$C_{\text{ел.}}$	грн.	0,2436
3. Заробітна плата за одну годину роботи	$C_{\text{зл.}}$	грн.	6,50
4. Вартість 125 мл електроліту	$C_{\text{ел-та}}$	грн.	6,30
5. Час досліду	t_2	хв	10

Вартість електроенергії для одного досліду визначається за формулою (2.32):

$$C_{\text{ел.о}} = \frac{A \cdot C_{\text{ел.}}}{3600} \cdot t_1 \quad (2.32)$$

де A – потужність установки, кВт;

t_1 – час роботи машини, с;

$C_{\text{ел.}}$ – вартість електроенергії, грн/кВт

$$C_{\text{ел.о}} = \frac{3 \cdot 0,2436}{3600} \cdot 600 \approx 0,1218 \text{ грн.}$$

Плата за один відновлений поршень визначається за формулою (2.33)

$$C_{\text{з.п.}} = \frac{t_2 \cdot C_{\text{зп.1}}}{60} / n, \quad (2.33)$$

де t_2 – повне час доведення, хв.;

$C_{\text{зп.1}}$ – заробітна плата за один час роботи, грн.;

n – кількість порцій в досвіді, шт.

$$C_{\text{зп.}} = \frac{10 \cdot 6.50}{60} / 4 \approx 0,27 \text{ грн.}$$

Підставляємо чисельні значення у формулу (2.31) і знаходимо самостійність відновлення поршня:

$$C_{\text{від.}} = 36,50 + 0,1218 + 0,27 + 6,30 = 43,19 \approx 43,2 \text{ грн.}$$

Підставляємо чисельні значення у формулу (2.31) і знаходимо річний економічний ефект

$$E_p = (54 - 43,2) \cdot 1000 = 10800 \text{ грн.}$$

Основні параметри економічної ефективності впровадження ЕХМД заносимо у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Економічна ефективність ремонтного припрацювання циліндричних спряжень електрохіміко-механічним способом

Найменування	Варіант	
	існуючий	запропонований
1. Програма ремонту, шт.	1000	1000
2. Залишкова вартість поршня, грн.	54,00	36,50
3. Собівартість відновлення поршня, грн.	-	6,69
4. Вартість поршня, грн.	54,00	43,19
5. Річний економічний ефект, грн.	-	10800

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Загальна методика досліджень

Внутрішні втрати потужності на тертя у двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ) значною мірою визначаються точністю деталей шатунно-поршневої групи. Знижена точність деталей, взаємного розташування поверхонь, характерна ремонтного виробництва, посилює внутрішні втрати потужності.

Одним із підходів до оцінки точності шатунно-поршневої групи є величина перекосу осі поршня по відношенню до осі циліндра, як замикаючої ланки розмірного ланцюга. Не випадково технічними умовами на ремонт жорстко регламентується величина відхилення від перпендикулярності осі поршня до осі отвору нижньої головки шатуна. Наслідком підвищення відхилення від допустимих значень є задири на бічній поверхні поршня, інтенсивне зношування гільзи циліндра і поршня, високі механічні втрати.

Цілком природним завданням ремонтного виробництва є використання таких технологій, які дозволяють мінімізувати негативний вплив точності показників на втрати тертя. Однією з таких технологій є електрохіміко-механічний приробіток (ЕХМП) поверхонь, що труться.

У цій роботі мала на меті вивчити вплив електрохіміко-механічного припрацювання на зміну характеру тертя та зносу в парі тертя поршень-гільза, що працює в умовах при перекосі їх осей.

Дослідження проводилися на моделі, що представляє кривошипно-шатунний механізм, що імітує роботу пари тертя гільза циліндрів - поршень.

Конструкція установки представлена на рис. 3.1. Установка монтувалася на машину тертя СМЦ-2. Привід установки здійснювався від валу машини тертя.

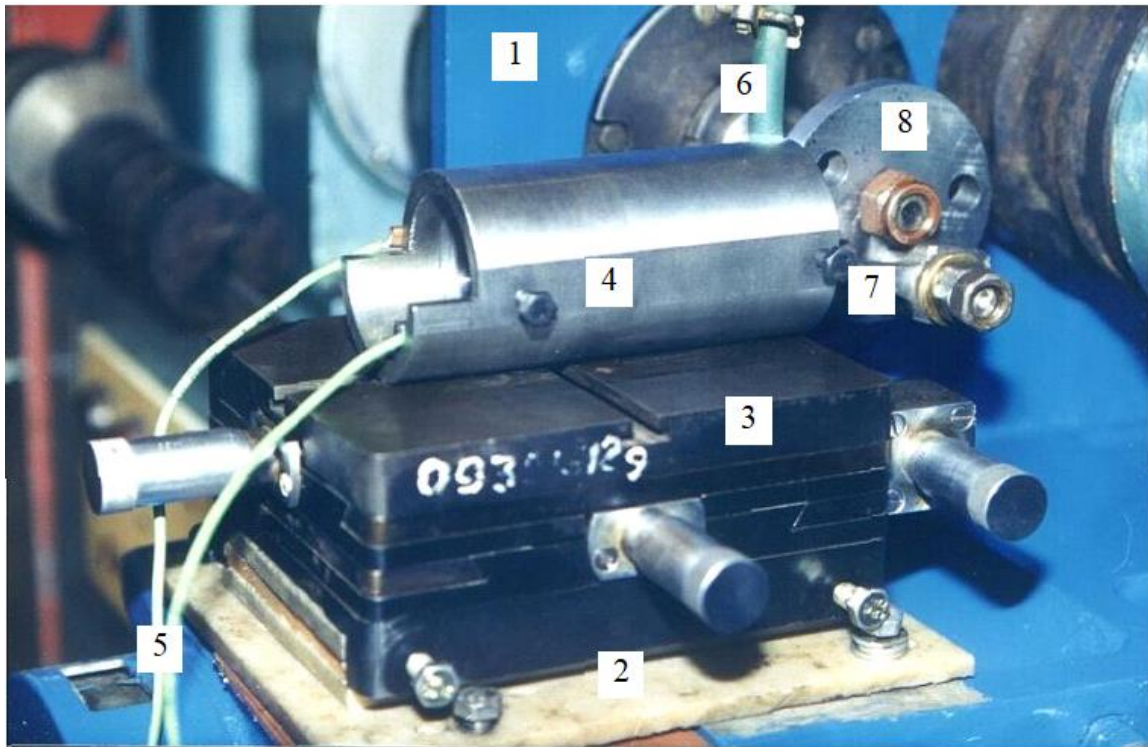


Рис.3.1. - загальний вигляд моделі кривошипно-шатунного механізму, що імітує роботу пари тертя гільза циліндрів-поршень:

1 - машина тертя СМЦ-2; 2 – струмоізоляційна плита; 3 – предметний столик; 4 - оправлення напівгільз; 5 - струмопідведення; 6 – підведення електроліту; 7 – шатун; 8 – кривошипний диск.

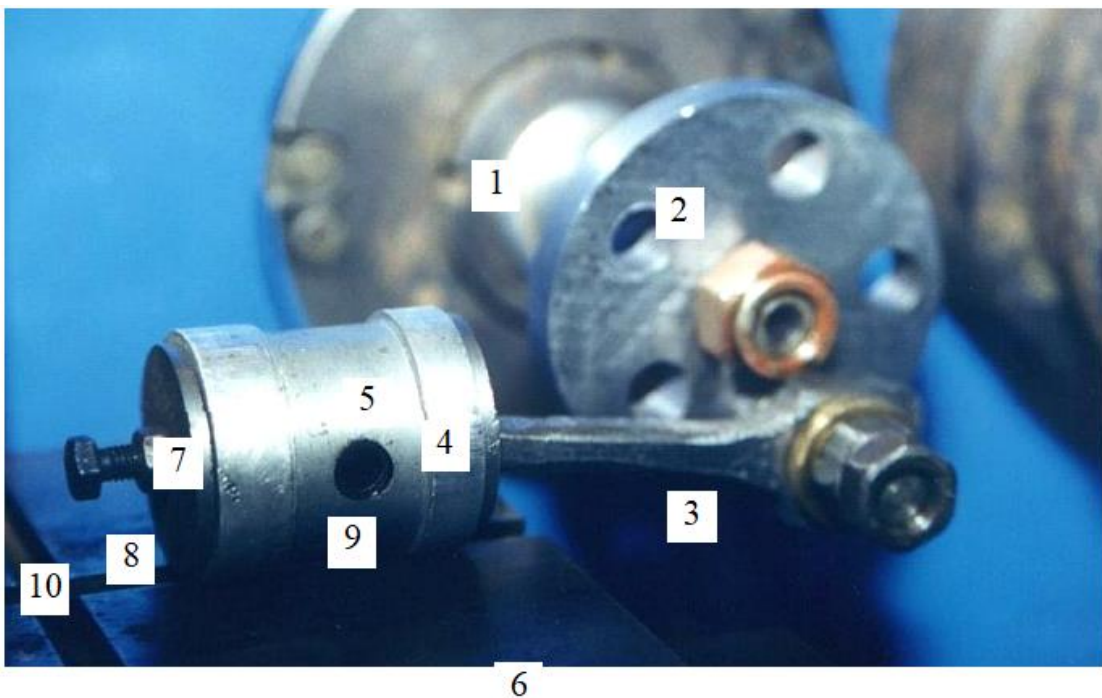


Рис.3.2. - Вид моделі без гільзи:

1 - вал машини тертя СМЦ-2; 2 – кривошипний диск; 3 – шатун; 4 - прижимна шайба; 5 – нижнє тонке кільце поршня; 6 – предметний столик; 7 - верхнє товсте кільце поршня; 8 – притискна шайба; 9 – палець; 10 - прижимний болт.

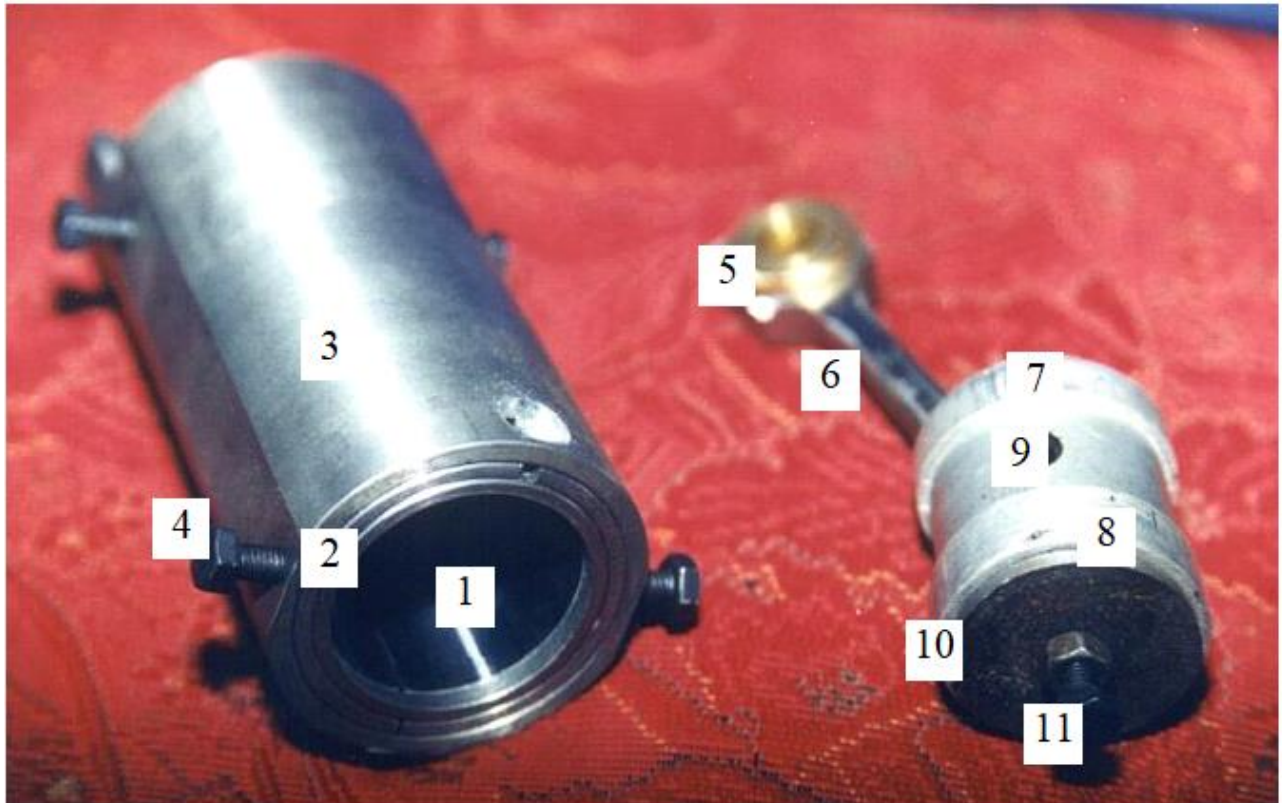


Рис.3.3 - Основні складальні одиниці експериментальної установки:

1 – гільза у зборі; 2 – стопорне кільце; 3 - оправлення напівгільз; 4 – притискні болти; 5 – бронзова втулка; 6 – шатун; 7 – нижнє тонке кільце поршня; 8 – верхнє товсте кільце поршня; 9 – палець; 10 - притискна шайба; 11 - прижимний болт.

Зусилля тертя в повзуні оцінювалися моментом тертя, що знімається з валу машини тертя, що знімається з валу машини тертя СМЦ-2 потенціометром, що входить до комплекту машини. Момент тертя записувався на міліметровий папір графобудівником Н 306. За вихідне (нульове) значення моменту тертя приймалася його величина, що відповідає моменту тертя валу машини з насадженим на нього кривошипом без шатуна.

Оцінка зносів повзуна, що виникають, приводилася по зносу зразків-кілець (6,9), що зміцнюються на ньому з двох сторін. На повзун насаджувалися два кільця, виготовлені з алюмінію із зовнішнім діаметром 42мм та шириною 11 мм. Опір тертю створювалося саме цими кільцями, і за ними оцінювалася величина зносу, оскільки з гільзою контактували тільки ці кільця.

Зношування кілець визначалися при різних перекосах осей повзуна та циліндра. Перекіс осей забезпечувався поворотом предметного столика в

горизонтальній площині перпендикулярної площині кочення шатуна мікрометричним гвинтом 12 (рис. 3.3а). За початкове значення бралася величина перекоосу в межах зазору між поршнем і гільзою мм (100мм довжини поршня).

Перед досвідом кільця очищалися, ретельно промивалися, сушилися, зважувалися на аналітичних вагах WA-31с точністю до 0,1 мг, і потім монтувалися на повзуні. Повзун збирався з гільзою циліндрів. Зчленування повзуна з гільзою проводилося переміщенням гільзи вздовж її осі разом із предметним верстатом. У зону тертя подавався електроліт, що містить 84% гліцерину та 16% 20-відсоткового водного розчину NaNO_3 . Подача електроліту здійснювалася регульованим вентилям через 25 верхній отвір в гільзі 11. Перед запуском машини тертя запускався графобудівник. Джерело змінного струму підключалося за схемою поршень-гільза (рис.1в). Як джерело змінного струму використовувався понижувальний трансформатор 26 ЛАТР 27 (рис.2.1в). Джерело струму підключалося перед запуском машини тертя СМЦ-2. Після закінчення досвіду включався привід, відключався струм, припинялася подача електроліту. Зразки знову промивалися, сушилися та зважувалися. Кожен досвід проводився протягом 10 хвилин, частота обертання валу 300хв-1 сила струму $I=5\text{A}$. Задані величини перекоосу $\Delta = 0; 12\Delta_{\text{н}}; 4\Delta_{\text{н}}; 6\Delta_{\text{н}}; 8\Delta_{\text{н}}$, тобто. 0; 0,38; 0,76; 1,14; 1,52 мм на 100 мм довжини повзуна. Повторність кожного досвіду триразова.

3.2 Обладнання, прилади та вимірювальні інструменти

У таблиці 3.1 зведено найменування приладів, обладнання та інструменти, за допомогою яких вимірювалися в процесі досліджень.

Таблиця 3.1 - Контрольно-вимірювальні прилади та інструменти.

Фактор	Найменування приладів, обладнання та інструменту	Клас похибки
Сила струму	Амперметр АСТ, 0...5А Ампервольтметр АВО-5М1(0...300А, 0...120мА, 0...12А)	0,5 ±4%
Напруга	Ампервольтметр АВО-5М1 (0...12В) Швидкодіючий самописний прилад Н327-3 (0,02...5В/см) Трансформатор ТС-1,5/0,5 Лабораторний трансформатор ЛАТР-1М	±1 2,4%
Навантаження	Машина тертя СМЦ-2	
Час	Секундомір СОС пр.26-2 (0...60с, 0...60мин)	±0,3с
Частота обертання	Тахометр ТЧ10П, 0...10тыс. Машина тертя СМЦ-2	±1мин ⁻¹ ±10%
Температура	Термометр ртутний ГОСТ 215-57 (0...50 ⁰ С) Термометр ТЧ-10-Р ГОСТ 13082-71	±0,1 ⁰ ±0,1 ⁰
Вага	Аналітична вага WA-31(0...200г)	0,1мг
Биття валу машини тертя СМЦ-2	Штатив 6СТ ГОСТ 10/97-70 індикаторна головка вимірювальна пружина типу ИГПГ ГОСТ 6933-72	0,001мм
Момент тертя	Машина тертя СМЦ-2 (0...150кгссм) Графобудівник залежності Н306	5%

Прилади та інструмент для мікрометрування деталей, сполучення вибиралися з урахуванням рекомендацій ГОСТ 18509-80 [79] (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Прилади та інструмент для мікрометрування деталей.

Дислокація виміру	Найменування приладу, інструменту	Похибка, що допускається	
		Застосування	По ГОСТ 18509-80
Внутрішній діаметр гільзи у зборі	Нутромір індикаторний НИ мм №2530, індикаторна головка вимірювальна пружинна плита ИГПГ 6933-72	0,001	±0,002
Зовнішній діаметр поршня	Стійка мод. 67201, головка вимірювальна пружинна типу ИГПГ ГОСТ 6933-72	0,001	±0,005
Висота кілець	Мікрометр МК 50-75	0,01	±0,005
Зовнішній діаметр кілець	Мікрометр МК 50-75	0,01	±0,005
Вигин та скрученість шатуна	Плита вертикальна, призма індикаторна		
Швидкість у просторі	Рівень рамний, косинець, набір плит №1 ГОСТ 9078-73	0,01	±0,005

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Результати досліджень

У цій роботі мали на меті вивчити вплив електрохіміко-механічного припрацювання на зміну характеру тертя і зносу в парі тертя зі зворотно-поступальним рухом, характерним для поєднання поршень-гільза, що працює в умовах при перекосах їх осей.

Для порівняння проводилися досліди при тих же умовах, але без пропускання струму між поверхнями, що труться. В останньому випадку досліди показали, що фіксований момент тертя при роботі повзуна без підключення струму істотно залежав від величини перекоосу осей повзуна і гільзи. Відповідна величина моменту тертя досягалася практично відразу після пуску машини і надалі не зазнавала змін. Момент тертя зростав із збільшенням перекоосу.

Зміна моменту тертя у часі в парах із підключенням струму мала інший характер при невеликих перекосах - 0,38; 0,76 мм/100 мм довжини повзуна. Як і попередньому випадку відразу після пуску момент тертя різко зростав, та був при зазначених перекосах знижувався за закономірності, наведеної на діаграмі (рис.3а). Однак за час досвіду момент тертя не досягав значення, що відповідає нульовому перекоосу. Різниця була тим більша, чим більше перекіс.

При перекосах 1,14; 1,52 мм, на 100мм довжини зниження моменту тертя немає. Виходила картина аналогічна тій, яка спостерігалася при тертя без струму.

Вивчення характеру зношування зразків під струмом і без струму показало, що більший знос кілець мав місце в дослідах з пропусканням струму (рис. 2.4). Це свідчить про те, що під дією електрохімічного процесу збільшується знімання матеріалів кілець, причому знімання наростав зі збільшенням перекоосу більшою мірою, ніж без струму. За рахунок цього явища і забезпечувався швидкий доробок кілець до гільзи, що призводить до зниження моменту тертя. Тобто. пропускання струму через поверхні, що труться,

забезпечувало їх швидку (протягом 4-х хвилин) макрогеометричне припрацювання.

Аналітично була виведена залежність обсягу, який необхідно видалити з поршня, при заданому куті перекосу і утворюється дузі ϕ , тобто.

$$V_{iz} = f(\gamma, \phi)$$

Для вирішення цього завдання складено схему, представлену на рис.2.4 в теоретичній частині, де

d_r – діаметр гільзи;

d_n – діаметр поршня;

h_n – висота поршня;

γ – кут перекосу поршня в гільзі;

k - висота перетину, що зношується;

L – величина усунення центру поршня (у площині обріза спідниці) від центру гільзи циліндра;

a , b , c - відрізки, що обмежують переріз матеріалу поршня, що зношується;

α – кут між віссю поршня та лінією, що з'єднує центр обертання O та крайню точку поршня C .

Відповідно до розрахунків $k = f(\phi)$ представилося у вигляді (2.20)

$$k = \sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2} (\sin^2 \phi - 1) + \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma \cdot \sin \phi - \frac{d_z}{2},$$

З умови $k = 0$, знаходимо кут ϕ_0 - початку перетину проєкцій гільзи та обрізу спідниці поршня. Цей вираз було знайдено у теоретичному розділі під номером (2.21)

$$\phi_0 = \arcsin \frac{\left(\frac{d_z}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2 - \frac{d_z}{2}}{d_z \cdot \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma},$$

Дуга перетину гільзи та обрізу спідниці поршня в цьому випадку описалася виразом (2.22)

$$\alpha_0 = \pi - 2\phi_0,$$

Об'єм, який необхідно видалити з поршня, при заданому куті перекоосу γ , може бути визначений інтегруванням виразу площі S (2.16) з урахуванням отриманої k (2.20) в межах від ϕ_0 до $\phi - \phi_0$. Вважаємо, що поршень при перекоосі обертається щодо своєї середини ($V_1 = V_2$). Отриманий вираз (2.23) дозволяв визначити обсяг зношеного матеріалу.

$$V = 2 \int_{\phi_0}^{\pi-\phi} \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2} (\sin^2 \phi - 1) + \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma \cdot \sin \phi - \frac{d_e}{2} \right)^2}{\cos \gamma} \cdot d\phi =$$

$$= \int_{\phi_0}^{\pi-\phi} \frac{\left(\sqrt{\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma\right)^2} (\sin^2 \phi - 1) + \frac{h_n}{2} \cdot \sin \gamma \cdot \sin \phi - \frac{d_e}{2} \right)^2}{\cos \gamma} \cdot d\phi,$$

У кожному даному випадку завдання вирішувалося з допомогою теореми Сімпсона. Для цього було введено програму для ЕОМ, в яку підставлялися значення d_n , h_n , d_e . Знайдені за виразом (2.23) обсяги зношеного матеріалу при різних перекоосах множилися на щільність алюмінієвого сплаву і отримували масу матеріалу, що зношується за формулою (4.1).

$$m = V \cdot \rho \quad (4.1)$$

де m – маса матеріалу, що зношується, при перекоосі поршня в гільзі;

V - обсяг матеріалу, що зношується;

ρ – щільність алюмінієвого сплаву ($\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$).

Отримані залежності дозволили одержувати теоретично необхідну масу, яку необхідно видалити з перекошеного поршня за різних величин перекоосів.

На рисунку 4.1 показані залежності зношування поршня в дослідах зі струмом ($I = 5 \text{ А}$), без струму. На цей же графік накладено криву, отриману залежно від 4.1.

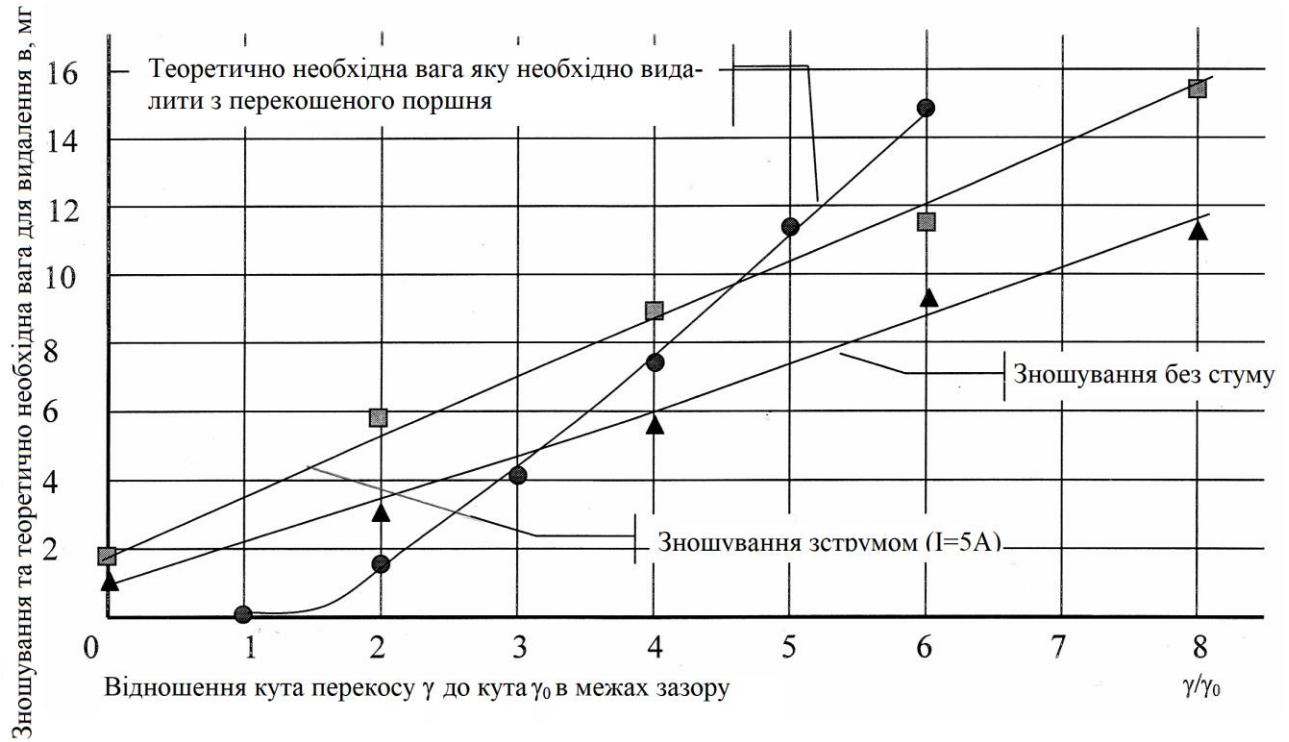


Рис.4.1. – Зміна зносу змінних алюмінієвих кілець залежно від перекосу осей повзуна та гільзи.

Як видно з малюнка 4.1, накладання струму дозволяє інтенсифікувати процес знімання металу і крива, що характеризує знос зі струмом, проходить вище, ніж аналогічна, але без струму. Електрохіміко-механічний процес виявляється більш ефективним при підробітку перекошених циліндричних сполучень і зі збільшенням дефектності ця інтенсивність зростає.

Цікавими виявилися дані накладання теоретичної кривої на досвідчені. Як показало проведене дослідження, перетин теоретично отриманої кривої з кривою зносу без струму відбувається в точці відношення кута перекосу γ до кута γ_0 в межах зазору рівною трохи більше 3. Іншими словами, механізм, до складу якого входить циліндрична пара, в пропонованих умовах не може бути прироблений звичайними способами при перекосі поршня в гільзі, що перевищує 3 кратне значення.

У разі застосування електрохіміко-механічного припрацювання (доведення) у досліджуваній парі необхідний знімання металу поршня забезпечувався і при 5-кратному перекосі. Підтвердження цьому було знайдено раніше при вимірі моментів тертя в парі, що приробляється.

Відповідно до виразів (2.22) і (2.25) були знайдені залежності дуги перетину поршня і гільзи $\alpha_0 = \pi - 2\varphi_0$, та площі контакту S від величини перекосу поршня в гільзі. Ці залежності представлені на рисунку 4.2. Безпосередній контакт поршня та гільзи здійснюється при величині перекосу, більше 1. Особливо інтенсивно наростання вищезазначених величин відбувається в діапазоні від 1 до 3-кратного перекосу. Враховуючи реальний стан циліндричних сполучень, необхідно детальніше вивчити підробіток механізмів з перекосами до 2, 3.

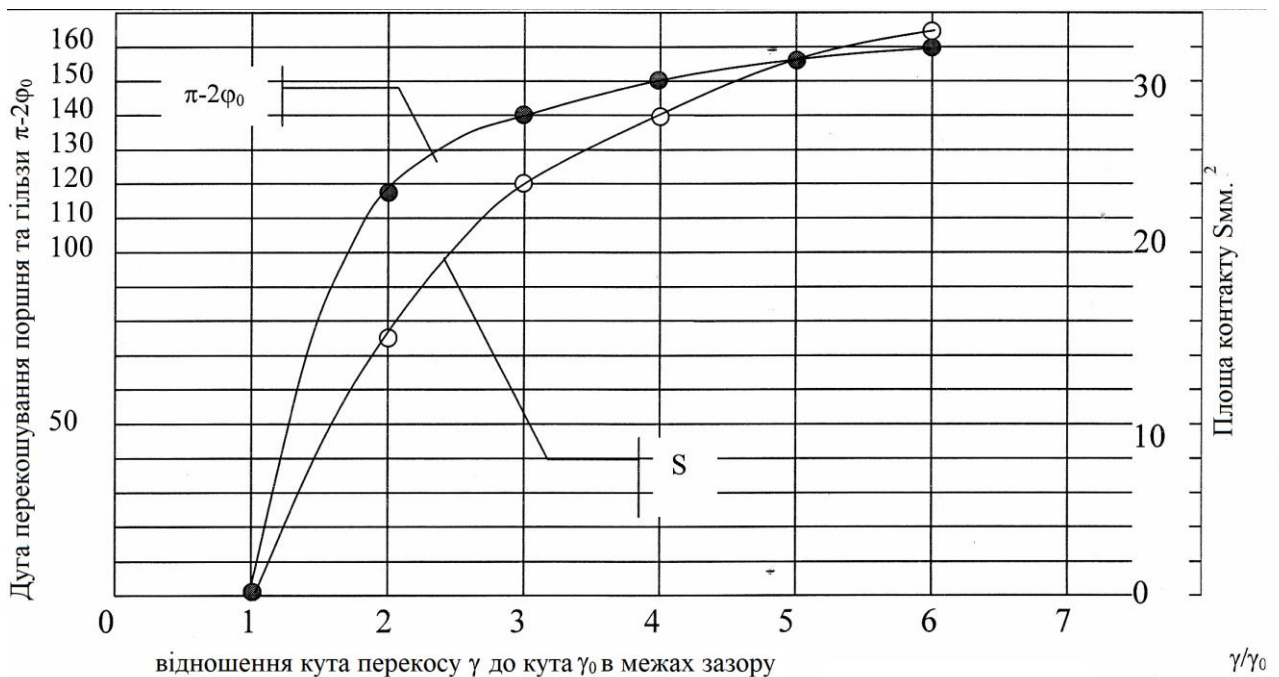


Рис.4.2. – Зміна дуги перетину повзуна та гільзи залежно від перекосу їх осей, а також розвитку площі контакту

Щоб знайти величину тисків кромки поршня при різному перекосі на гільзу, необхідно було розрахувати залежність сили тиску на гільзу від γ/γ_0 . Отримана залежність представлена на рисунку 4.3. Перетин поршня в середній частині дорівнював 1 см². Матеріал поршня – сталь 45. Ці дані були основою силового розрахунку.

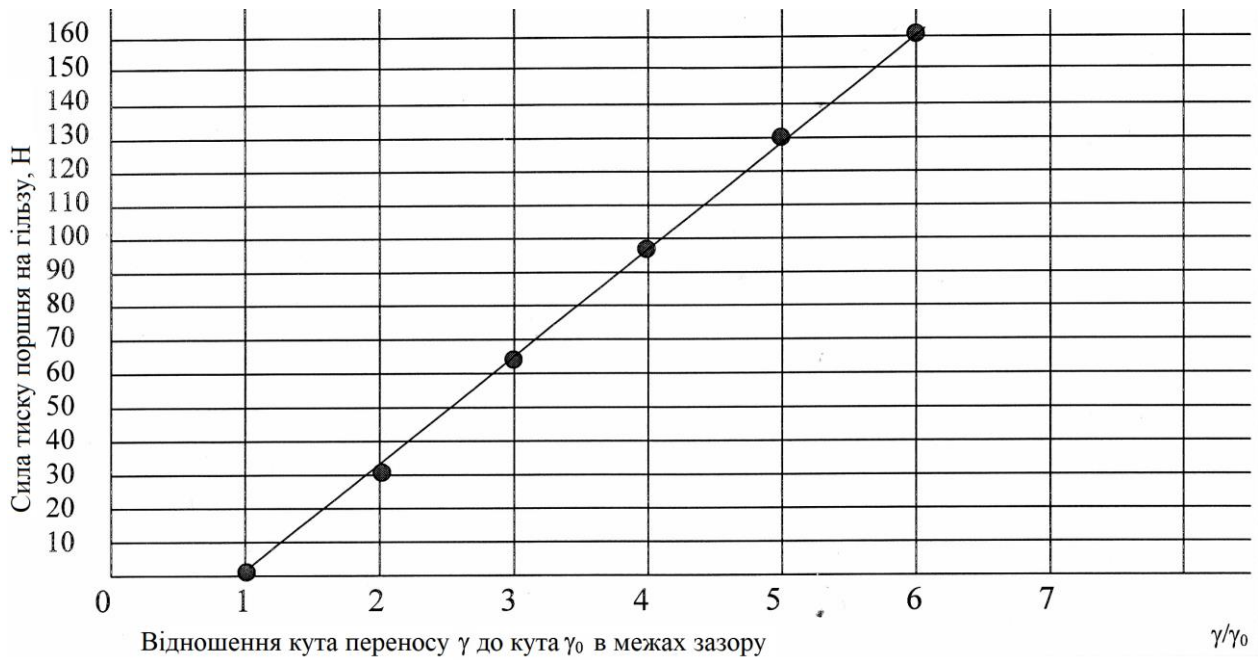


Рис. 4.3. – Залежність сили тиску на гільзу від γ/γ_0 .

Знаючи залежність сили тиску на гільзу від величини перекоосу, нескладно було розрахувати зміну тиску кромки поршня, що приробляється на гільзу. Ці криві представлені рисунку 4.4. Якщо проаналізувати отримані дані, то спочатку поршень знаходиться у гільзі у стислому стані. У процесі припрацювання з нього знімається певний обсяг матеріалу, чим забезпечується його макрогеометричне припрацювання до гільзи. Залежно від величини цього знімання, можна судити про закінчення процесу макрогеометричного припрацювання і про достатність величини самого знімання. Отримані залежності дозволяють кількісно описати припрацьоване зношування, а за величиною цього зношування судити про завершеність процесу припрацювання. Крім цього, використовуючи отримані вирази, можна з упевненістю зробити висновок, скільки необхідно зняти з поршня для його припрацювання.

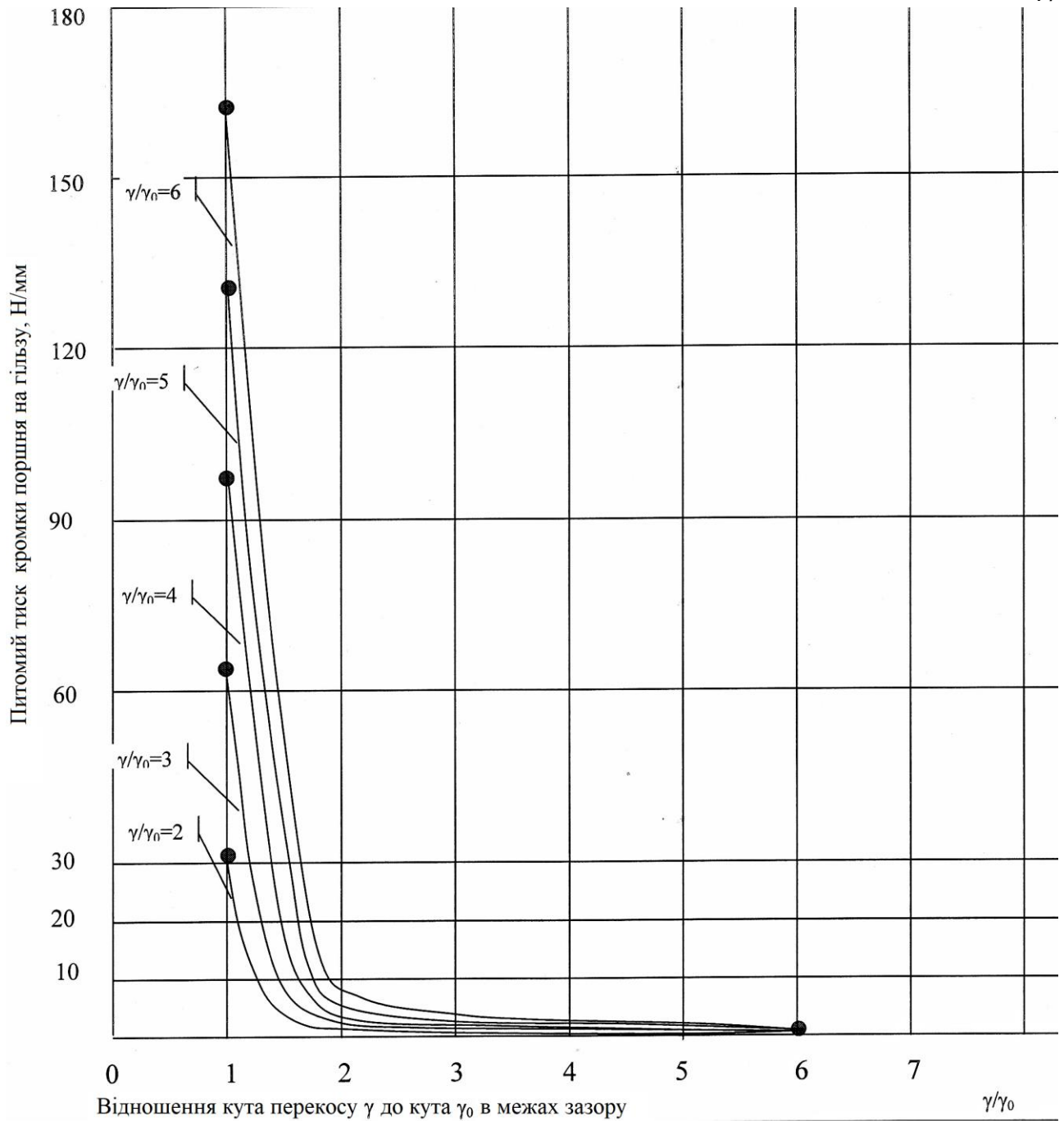


Рис.4.4. Зміна питомих тисків у парі повзун-гільза в процесі припрацювання від початкової площі плями контакту $S_{\text{поч}}$ до кінцевої площі $S_{\text{кон}}$ залежно від початкового кута перекосу γ .

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги до виробничої санітарії і промислової гігієни під час технічного обслуговування і ремонту автомобілів

При технічному обслуговуванні і ремонті автомобілів необхідно вживати заходів проти їх самостійного переміщення. Забороняються технічне обслуговування й ремонт автомобілів із працюючим двигуном, крім окремих випадків (передбачені технологічним процесом).

Підйомно-транспортні обладнання має бути у справному стані і застосовуватися лише для свого прямого призначення. До роботи з цим устаткуванням допускаються особи, які пройшли відповідну підготовку і інструктаж.

Під час роботи не слід залишати інструменти на краю оглядової канави, на підніжках, капоті чи крилах автомобіля. При складальних роботах забороняється перевіряти збіг отворів в з'єднувальних деталях пальцями рук.

Під час розбирання і складання вузлів і агрегатів треба використовувати спеціальні знімачі, ключі. Гайки що важко відкручуються спочатку потрібно змочити гасом, а тоді відкрутити ключем. Викручувати гайки зубилом і молотком не дозволяється.

Забороняється заставляти проходи між робочими місцями деталями і вузлами, і збирати дуже багато деталей на місцях розбирання.

Підвищену небезпеку становлять операції зняття та установки пружин. Ці операції слід виконувати на стендах чи з допомогою пристосувань, які забезпечують безпечну роботу.

Гідравлічні і пневматичні установки повинні бути обладнані запобіжними перепускними клапанами. Робочий інструмент слід утримувати в справному стані.

Вимоги виробничої санітарії і промислової гігієни.

Вентиляція має забезпечувати видалення виділених парів і газів та доступ свіжого повітря. Природне і штучне освітлення робочих місць має бути достатнім для безпечного виконання усіх операцій. На території підприємства

необхідна наявність санітарно-побутових приміщень - гардеробних, душових, умивальних.

При проектуванні на підприємстві можуть виникнути:

- не відповідність фактичної необхідності наявності виробничих площ, обладнання, матеріалів, інструменту, складу та чисельності працюючих;
- відсутність або недостатність комунікацій, необхідних для забезпечення нормальних і безпечних умов праці (водопроводів, теплотрас, каналізації, електропостачання, зв'язку та іншого);
- відсутність або неякісне проведення інструктажу і навчання, керівництва та нагляду за роботою;
- незадовільний режим праці та відпочинку;
- неправильна організація робочого місця;
- відсутності відповідності або невідповідності умовам роботи спецодягу, індивідуальних засобів захисту та ін.;
- невідповідність вимогам безпеки конструкцій технологічного обладнання транспортних і енергетичних пристроїв;
- недосконалість конструкцій технологічного оснащення, ручного і переносного механізованого інструменту;
- відсутність або недосконалість огорожувальних засобів безпеки;
- незручне проведення огляду, технічного догляду та ремонту та ін.

У технічній частині:

- неправильний вибір устаткування, оснащення транспортних засобів;
- відсутність або недостатня механізація важких і небезпечних операцій;
- неправильний вибір режимів обробки;
- недосконалість планування і технічного обслуговування обладнання;
- порушення технологічного процесу.

За виконання робіт з ремонту агрегатів можливе виникнення небезпечних зон, при попаданні в яку людина може отримати травму.

Небезпечні зони виникають в області рухомих частин, механізмів і машин, верстатів, також при знятті і установці агрегатів, при роботі підйомно-транспортного устаткування, електроустаткування.

При обкатці і випробуванні (обладнання) агрегатів, вузлів і систем автомобіля виникають шуми, що заважають нормальній праці робітників. На будь-якій виробничій дільниці порушення техніки безпеки і виробничої санітарії може бути причиною травм.

Травми можуть відбутися в результаті механічної дії середовища на людину. Так як робота проводиться з вузлами і агрегатами, то на кожному робочому місці необхідно місцеве освітлення.

В економічній частині потенційною небезпекою можуть бути:

- відсутність розрахунку фінансово-економічної потреби для здійснення нормальних і безпечних умов праці та якісного проведення виробничих робіт;
- затримка фінансування заробітної плати.

Види небезпечних ситуацій та їх класифікація

Надзвичайні ситуації класифікують за характером походження, ступенем поширення, розміром людських втрат і матеріальних збитків. Залежно від характеру походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, визначають такі види надзвичайних ситуацій:

- техногенного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру;
- воєнного характеру.

Надзвичайна ситуація техногенного характеру - порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті унаслідок транспортної аварії (катастрофи), пожежі, вибуху, аварії з викиданням (загрозою викидання) небезпечних хімічних, радіоактивних і біологічно небезпечних речовин, раптового руйнування споруд; аварії в електроенергетичних системах, системах життєзабезпечення, системах телекомунікацій, на очисних спорудах, у системах нафтогазового промислового комплексу, гідродинамічних аварій тощо.

Залежно від обсягів заподіяних надзвичайною ситуацією наслідків, кількості постраждалих і загиблих, обсягів технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для ліквідації її наслідків, визначають такі рівні надзвичайних ситуацій:

- державний;
- регіональний;
- місцевий;
- об'єктовий.

За структурою класифікатор складається з трьох рівнів класифікації: клас, підклас, група.

Метод класифікації - ієрархічний, послідовний, п'ятизначний. Позиція класифікатора має блок ідентифікації та блок назви класифікаційного угруповання. Кодування НС на нижчому класифікаційному рівні (група) виконано за фасетною схемою, у якій фасети також структуровані. Це забезпечує усталеність структури класифікатора в процесі його ведення, оскільки оперативні зміни об'єктів класифікації відбуваються на цьому рівні.

Протипожежні заходи

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

Розводити багаття на території підприємства.

Установлювати в приміщеннях машини з течею палива з баків або паливопроводів.

Зберігати запаси нафтопродуктів у не пристосовані для цієї мети приміщеннях.

Зберігати в загальних складах і коморах фарби, лаки, кислоти, карбід кальцію. Фарби й лаки повинні зберігатися окремо від кислот і карбіду кальцію.

Користуватися залізними ломками при перекочуванні бочок горючими й легкозаймистими рідинами.

Розміщати у проходах і виходах із приміщень матеріали, устаткування, тару й т.д.

Виконувати на складах і в коморах роботи, не пов'язані зі зберіганням матеріалів і встаткування.

Зберігати в загальних складських приміщеннях, коморах, на стоянках машин порожню тару й пакувальні матеріали.

Сушити різні матеріали на опалювальних пристроях і трубопроводах.

Пристрій тимчасових грубок у виробничих приміщеннях.

Відігрівати завмерлі водопровідні труби, труби центрального опалення, каналізації, газопроводів і інші відкритим вогнем.

Підігрівати двигуни відкритим вогнем (багаття, факели, паяльні лампи).

Користуватися відкритими джерелами вогню для висвітлення під час техоглядів, проведення ремонтних і інших робіт, а також курити в неналежних місцях.

Розміщати об'єкти ремонту з порушенням установлених норм, відстаней між ремонтованими об'єктами й будівельними конструкціями.

Залишати навантажені автомобілі, комбайни й інші самохідні машини з невиключеним запалюванням.

Залишати на робочих місцях промаслені обтиральні кінці й спецодяг по закінченні роботи.

Доручати виконання робіт з технічного обслуговування осіб, не ознайомленим із правилами пожежної безпеки. Розтоплювати печі легкозаймистими й горючими рідинами.

Експлуатувати несправні печі; перед початком опалювального сезону всі печі повинні бути оглянуті й відремонтовані.

На фарбувальних ділянках і в місцях зберігання фарб і розчинників розводити вогонь, користуватися переносними ручними й паяльними лампами, нагрітими паяльниками.

Висвітлювати відкритим вогнем бочки, бідони, банки й іншу тару, у яких перебувають (або перебували) лакофарбові матеріали.

Містити легкозаймисті рідини у відкритій тарі.

Входити в акумуляторне приміщення з відкритим вогнем (запаленим сірником, розпеченим паяльником і т.д.) і користуватися електронагрівальними приладами (електричними плитками й т.д.).

Робити роботу з вогнем або роботи, що дають іскри в приміщенні, де проводиться промазка гумовим клеєм.

Курити в місцях зберігання й застосування вогнебезпечних рідин і горючих матеріалів; курити можна тільки в спеціально відведених місцях, відзначених написами «Місце для паління», обладнаних урнами або бачками з

водою. Зберігати вогнебезпечні матеріали (бензин, спирт, ацетон, лакофарбові матеріали й т.д.) там, де ведуться зварювальні роботи.

Головний паливопровід у місця входу в термічний цех повинен мати вентиль із написом «Закрити при пожежі».

Приміщення для знежирення деталей горючими розчинниками повинні бути забезпечені протипожежними засобами за узгодженням з органами пожежного нагляду.

Перед входом у приміщення й усередині його на видних місцях повинні бути вивішені написи про заборону паління й користування відкритим вогнем.

Зберігання хімічних речовин разом з горючими й легкозаймистими речовинами забороняється.

5.2 Оцінка прогнозування роботи об'єкту внаслідок радіоактивного зараження

Зараз на Україні головна увага приділяється економічному розвитку, а економічний розвиток не може бути без розвитку промисловості. Але сучасні промислові технології пов'язані з дуже великим ризиком для життя людини, насамперед, це радіаційна. Аргументів для цього дуже багато. На Україні розташовано п'ять атомних станцій, які є потенційно небезпечними. Досить лише згадати скільки життів коштувала Чорнобильська катастрофа. Але і зараз загроза ще існує. Кожен атомний реактор несе в собі небезпеку для життя людей.

При виникненні надзвичайної ситуації, яка може скластися на об'єкті, або місцевості від впливу радіаційного зараження, слід заздалегідь розробити методику для визначення оцінки захисту робітників і службовців об'єкту і населення.

При виникненні надзвичайної ситуації з викидом радіоактивних речовин на об'єкті здійснюється цілодобове спостереження і лабораторний контроль за змінами і ступенями зараження об'єкту і навколишнього середовища радіаційними речовинами.

При загрозі виникнення надзвичайних ситуацій, для організації і проведення обґрунтованих заходів по захисту особистого складу і об'єкту в цілому, розробляється оцінка прогнозування. Оцінка стану включає:

1. Визначення місця, типу та розміру аварії, катастрофи, стихійного лиха.
2. Характер та обсяг ураження особового складу.
3. Види майбутніх передбачених робіт та їх об'єм.
4. Радіаційний та хімічний стан, та його вплив на проведення рятувальних робіт.
5. Стан, склад сил цивільної оборони (ЦО) та їх можливості.

Крім того оцінюється характер місцевості, враховується стан погоди, година доби і року, які можуть вплинути на виконання задач силами ЦО об'єкту та населенням. При оцінці інженерного стану необхідно встановити:

1. Масштабність і ступінь уражених будівель, споруд, обладнання об'єкту, кількість потерпілих.
2. Характер та об'єм робіт.
3. Визначення факторів, які полегшують або перешкоджають веденню робіт.
4. Визначення необхідних сил та засобів.

Органи керівництва, штаб ЦО прогнозують і оцінюють можливості стану в районах аварій, катастроф, і стихійного лиха послідовно в три етапи.

Перший етап: - попередня оцінка стану. Вона включає прогноз і оцінку можливого стану, де в якості вихідних даних використовується припущені ситуації аварій, катастроф і стихійного лиха, які належать цьому об'єкту, населеному пункту.

Другий етап: - прогноз та оцінка можливостей стану відразу, після одержання органами керівництва ЦО даних про аварії, катастрофи і стихійні лиха. На другому етапі уточнюються результати прогнозування наслідків аварії, катастрофи та стихійного лиха, одержаних при попередній оцінці стану.

Третій етап: - кінцева оцінка стану. Третій етап виконується з урахуванням даних, які надходять від різних видів розвідки. Результати оцінки стану на цьому етапі можуть дати найбільш вірогідну картину, яка склалася на об'єкті, в населеному пункті.

Вплив радіоактивного забруднення навколишнього середовища на людей визначається в основному трьома джерелами: радіоактивною хмарою, гамма випромінюванням осівших на землю радіонуклідів і включення їх біологічні ланцюги - через харчові продукти рослинного і тваринного походження, а також воду забруднених джерел питного водозабезпечення.

При прогнозуванні радіаційних наслідків і плануванні захисних заходів населення і особистого складу, треба виділити три фази протікання аварії.

Рання фаза - від початку аварії до моменту закінчення викиду радіаційних речовин в атмосферу і закінчення формування радіаційного сліду на місцевості. Тривалість цієї фази в залежності від характеру і масштабу аварії може тривати кількох годин до декількох діб. На ранній фазі доза зовнішнього опромінення формує гамма - і бета - випромінювання радіоактивних речовин.

Середня фаза - від моменту завершення формування радіоактивного сліду, до прийняття усіх заходів захисту населення. В залежності від характеру масштабу аварій, тривалість середньої фази може бути від декількох діб, до року після виникнення аварії.

Пізня фаза - після аварійна фаза, її тривалість визначається розмірами та масштабами аварії, може тривати від декількох місяців до десятиріч (табл. 1).

Для прогнозування можливого радіоактивного зараження необхідно знати:

1. Час ядерного вибуху (час аварії на радіаційнонебезпечному об'єкті).
2. Швидкість і напрямок середнього вітру. Азимут середнього вітру - це кут між напрямком на північ і напрямком, звідки дме вітер, врахований по ходу стрілки годинника. Наприклад, якщо вітер дме з заходу на схід, тоді азимут вітру 270°
3. Значення коефіцієнтів послаблення радіації захисними спорудами.
4. Виявити потужність дози випромінювання.
5. На підставі одержаних даних розвідки, установити зону радіоактивного зараження.
6. На підставі потужності дози випромінювання провести розрахунок дозового навантаження людей за 10 діб після аварії за формулою:

$$D = \frac{P_{\text{ср}} \cdot T}{K_{\text{ОСЛ}}},$$

де T - тривалість опромінення, год;

$K_{\text{осл}}$ - коефіцієнт ослаблення радіації будівлею (спорудою), знаходяться люди;

$P_{\text{ср}}$ - середній рівень радіації на місці перебування людей, Р/год:

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n},$$

де P_1, P_2, \dots, P_n - рівні радіації, які виміряні через рівні проміжки часу на протязі усього періоду перебування людей на зараженій місцевості;

n - кількість вимірів.

5. По захисним критеріям захистити робітників і особистий склад у випадку аварії ядерного реактора (табл.5.1- 5.4), прийняти рішення.

Таблиця 5.1 Зони радіоактивного забруднення.

Назва зони	позначки	Доза радіації за час розпаду на 1 рік після викиду			Рівні радіації на одну годину (рад./год.)	
		Зовнішня	Середина	Внутрішня	Зовнішня	Внутрішня
Зона радіаційної безпеки	М	5	16	50	0,014	0,14
Зона помірного забруднення	А	50	160	500	0,14	1,4
Зона сильного забруднення	Б	500	866	1500	1,4	4,2
Зона небезпечного забруднення	В	1500	2740	5000	4,2	1,4
Зона надзвичайно небезпечного забруднення	Г	5000	9000	-	14	-

Таблиця 5.2 Критерії для прийняття рішень на ранній фазі розвитку аварії.

Захисні заходи	Дозові критерії (доза за перші 10 діб), мЗв			
	Все тіло		Окремі органи	
	нижній рівень	верхній рівень	нижній рівень	верхній рівень
Укриття, захист органів дихання і шкіряного покриву	5	50	50	500
"Йодна профілактика"	-	-	50	500
- дорослі			50	250
Евакуація	50	500	500	5000
- дорослі			200	500

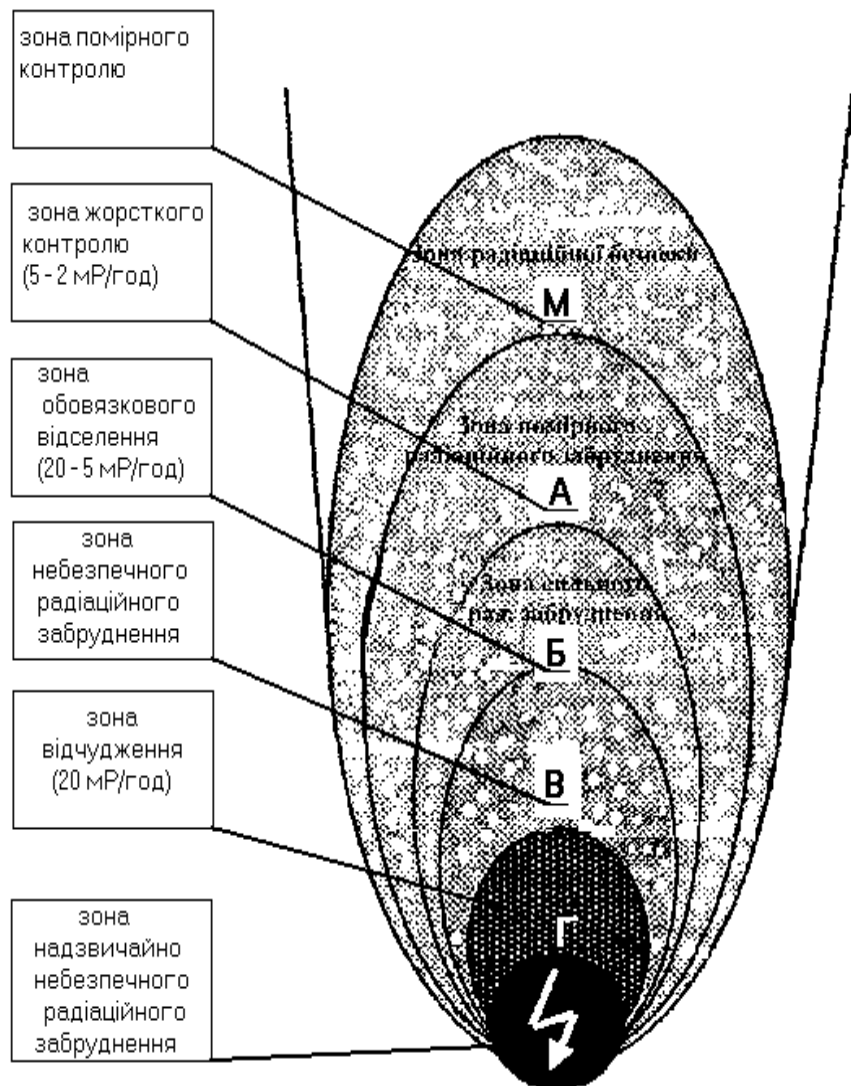


Рис. 5.1. Характеристика зон радіоактивного забруднення місцевості у випадку аварії на АЕС (одному реакторі).

Таблиця 5.3 Критерії для прийняття рішень на ранній фазі розвитку аварії.

Захисні заходи	Дозові критерії (доза за перші 10 діб), мЗв			
	Все тіло		Окремі органи	
	нижній рівень	верхній рівень	нижній рівень	верхній рівень
Укриття, захист органів дихання і шкіряного покриву	5	50	50	500
"Йодна профілактика"	-	-	50	500
- дорослі			50	250
Евакуація	50	500	500	5000
- дорослі			200	500

Таблиця 5.4 Критерії для прийняття рішень на середній фазі розвитку аварії.

Захисні заходи	Дозові критерії (доза за перші 10 діб), мЗв			
	Все тіло		Окремі органи	
	нижній рівень	верхній рівень	нижній рівень	верхній рівень
Обмеження споживання продуктів харчування і питної	5	50	50	-
Евакуація	50	500	Не встанов- люється	Не встанов- люється

По даній методиці можна завчасно розробити засоби захисту особистого складу і працюючих об'єкту, а також забезпечити проведення об'єктових навчань на кожному об'єкті народного господарства з питань цивільної оборони при загрозі виникнення надзвичайних ситуацій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Отримані математичні залежності маси матеріалу, що зношується при припрацюванні циліндричних сполучень зі зворотно-поступальним рухом дозволяють зробити висновок про те, що ЕХМП(Д) в 1,5-2 рази більш ефективна, ніж існуючі способи припрацювання.

2. Накладення змінного електричного струму на третьові поверхні сполучення типу поршень-циліндр забезпечує прискорення припрацювання поверхонь, що труться, при перекосі їх осей.

3. У дослідах без струму можливе приробіток механізмів з трикратним перекосом, при накладенні змінного струму силою 5А дефектність механізму може бути збільшена майже до 5-кратного перекосу і при цьому забезпечуватиметься необхідний знімання з поршня.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.
3. Луців І.В. Розробка алгоритмів створення багатолезового оснащення адаптивного типу для обробки поверхонь обертання / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №26, 2009. С.164 - 171.
4. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.
5. Гевко І.Б. Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.
6. 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.
7. 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.
8. Гурвіч І.Б. Експлуатаційна надійність автомобільних двигунів. / Гурвіч І.Б., Сиркін П.Е., Чумак В.І.-2-е вид. перероб. та доп.-М.: Транспорт, 1994.-144с.

9. Головатенко А.Г. Підвищення ефективності ремонту та експлуатації дизелів// Двигунобудування.- 1991.-№4.- С.41-42.
10. Большаков В.В., Григор'єв М.А., Федоров С.М. Конструкція елементів ЦПГ та витрата олії на чад// Автомобільна промисленість.-1999.- №12.- С.16-20.
11. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
12. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
13. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.
14. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.
15. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.
16. 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.