

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

**Кафедра безпеки життєдіяльності**

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»  
на тему: «Підвищення працездатності паливної системи двигунів  
внутрішнього згоряння»

Виконав: здобувач вищої освіти за  
освітньо-професійною програмою  
Технології і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва  
спеціальності 208 Агроінженерія  
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 6  
Яреський Олексій Олександрович  
Керівник: Лапенко Т. Г.  
Рецензент: Горбенко О. В.

**Полтава – 2021 року**

## ВСТУП

В даний час необхідно ще більше приділяти увагу збереженню, технічного обслуговуванню і ремонту сільськогосподарського парку тракторів, автомобілів та іншої с/г техніки.

Сучасні трактори, комбайни та автомобілі оснащені потужними дизельними двигунами, забезпечити працездатність яких при оптимальних витратах на ремонт і технічне обслуговування можливо лише на основі виконання комплексу організаційних і технічних заходів з дотриманням технологічних нормативів і високої кваліфікації персоналу.

Безперебійна робота тракторних комбайнових і автомобільних двигунів у багато залежить від справності паливної апаратури, виготовленої з високою точністю і чистотою поверхні. В процесі експлуатації двигунів від 20 до 50% відмов припадає на систему живлення через зношування деталей (особливо прецизійних плунжерних пар, розпилювачів, поверхні торця корпусу форсунки, нагнітальних клапанів та ін.), а також недотримання умов технічного обслуговування, порушення правил регулювання при ремонті [1, 2].

В результаті зносу змінюється кількісна подача палива, збільшується нерівномірність подачі, запізнюється момент впорскування, погіршується якість розпилювання палива, що впорскується форсунками.

При виникненні несправностей та зносах деталей паливної апаратури, знижується потужність, виникають труднощі з запуском, димність, з'являються перебої в роботі циліндрів [3].

На технічне обслуговування і ремонт паливної апаратури витрачаються великі матеріально-технічні та трудові ресурси. І витрати збільшуються, якщо ремонт зводиться до заміни деяких деталей, а часто з них з незначними зносом і дефектами, які можна усунути, вибраковується.

Зниження витрат на ремонт паливної апаратури багато в чому залежить від якості відновлення деталей і вдосконалення технології і технічного

оснащення, при цьому підвищується довговічність і збільшується ресурс деталей і підвищується продуктивність праці.

Мета роботи. Підвищення ефективності процесу відновлення ущільнюючих торців корпусів форсунок дизельних двигунів внутрішнього згоряння.

Об'єкт дослідження. Процеси зношування і відновлення ущільнюючих торців корпусів форсунок шліфуванням і доведенням.

Предмет дослідження. Закономірності, що характеризують процеси відновлення ущільнювачів торців корпусів форсунок шліфуванням і доведенням.

Методика досліджень. Методи і методологія досліджень спираються на сучасні інформаційні технології, аналітичні дослідження процесів зносу елементів паливної системи із застосуванням законів фізики, теоретичної механіки, матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії планування експерименту.

Теоретична і практична значущість досліджень полягає в тому, що теоретично обґрунтовані пристосування для шліфування і доведення корпусів форсунок, а встановлені в ході експериментальних досліджень значення параметрів процесу доведення дозволяють збільшити довговічність і безвідмовність роботи корпусу форсунки за рахунок мінімізації зняття матеріалу. Даний технологічний процес дозволяє підвищити ресурс форсунок.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1. Аналіз конструктивних особливостей дизельних форсунок

Форсунки дизельних двигунів призначені для введення палива в камеру згоряння і розпилювання його в повітряному заряді. Форсунки разом з паливними насосами високого тиску повинні [4]:

- при об'ємному сумішоутворенні забезпечувати хорошу дисперсність розпилювання, що характеризується дрібними і однорозмірних краплями, і отримання необхідної далекобійності розпиленого струменя палива;
- при об'ємно-плівковому і плівковому сумішоутворенні подавати паливо в пристінковий обсяг або на стінку камери;
- розподіляти введене паливо по всьому об'єму камери згоряння відповідно до типу камери згоряння і способом сумішоутворення;
- забезпечити високі тиски вприскування палива на початку і в кінці подачі і середні тиски вприскування;
- мати просту конструкцію і можливо менше рухомих деталей;
- створювати мінімальний гідравлічний опір паливу;
- мати мінімальні габаритні розміри з тим, щоб займати якомога менше місця в кришках циліндрів і голівках дизелів;
- мати не високу вартість виготовлення;
- бути надійними в роботі і простими в обслуговуванні.

В даний час існує велика різноманітність форсунок, що відрізняються як за принципом роботи, так і за конструктивним виконанням [5,6,7]. У дизелях застосовують такі форсунки: відкриті, клапанно-соплові, клапанні, мембранні, форсунки із запірною голкою: безштифтові, акумулюючі форсунки (рис. 1.1).

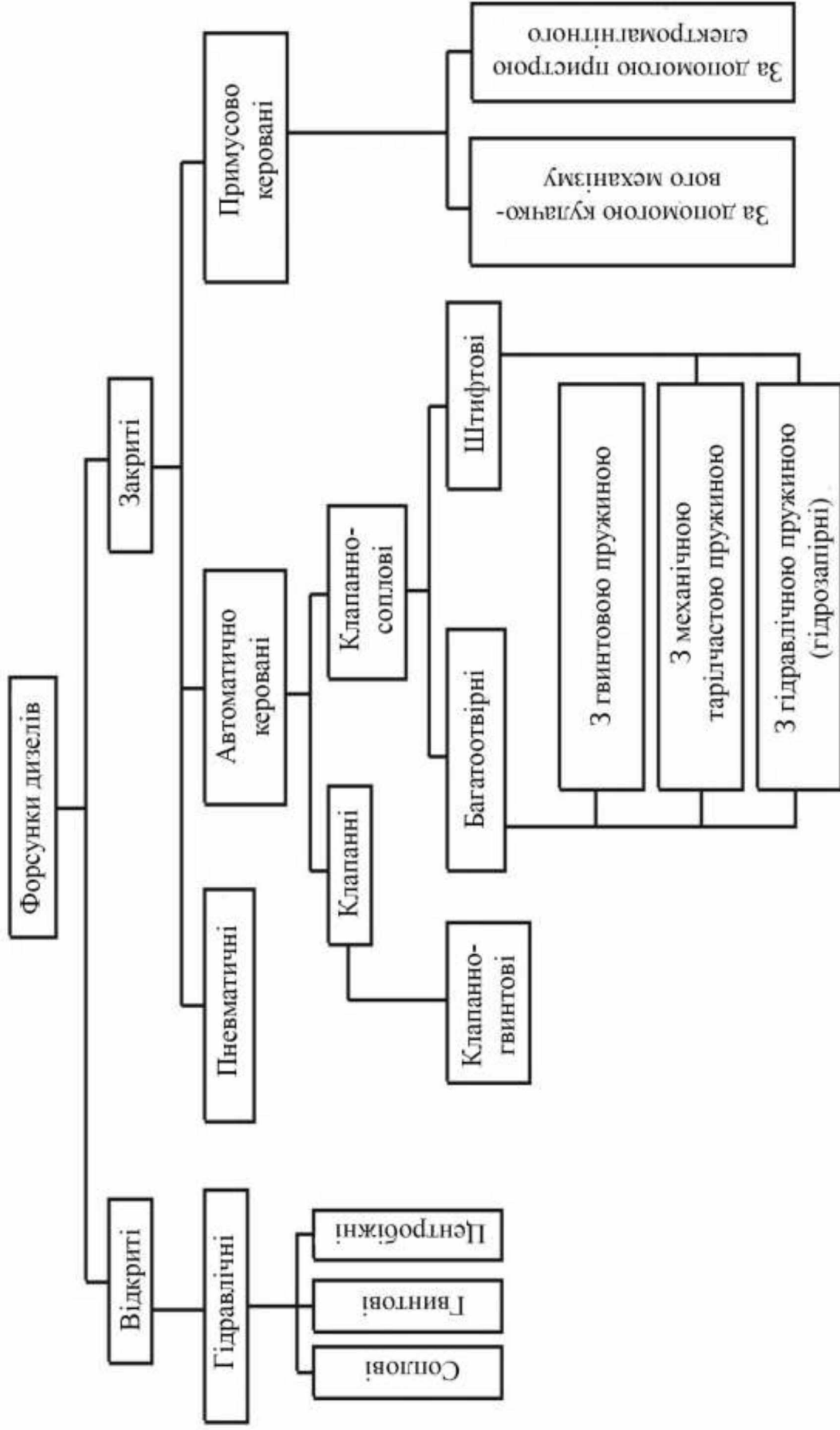


Рисунок 1.1 – Типи форсунок

У сільському господарстві на автотракторних дизельних двигунах застосовують форсунки безпосереднього впорскування – з безштифтовими багатоотворними розпилувачами (рис. 1.2).

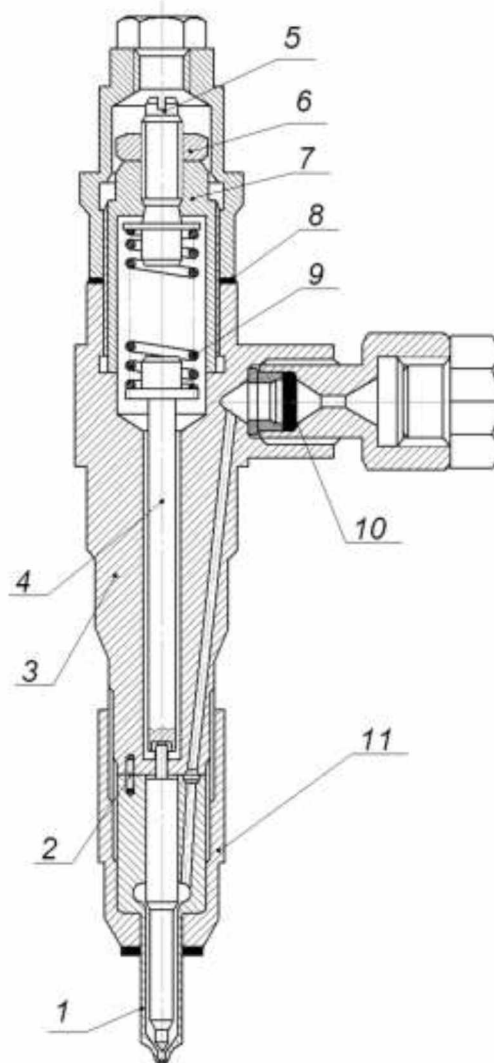


Рисунок 1.2 – Форсунка з безштифтовим багатоотворним розпилувачем: 1 – розпилувач; 2 – інсталяційний штифт; 3 – корпус форсунки; 4 – штанга; 5 – регулювальний гвинт; 6 – контргайка; 7 – гайка пружини; 8 – прокладки; 9 – пружина; 10 – фільтр; 11 – гайка розпилувача

Багатоотвірні форсунки мають кутову фіксацію розпилувача щодо корпусу за допомогою штифта і одну і ту ж принципову схему [8, 9].

Габаритні і приєднувальні розміри форсунок мають ряд установчих діаметрів: 17, 22, 24, 25 мм. Довжина 122 - 222 мм. Биття носика розпилувача щодо установчого діаметра не повинно перевищувати 0,3 мм.

Форсунка двигуна КамАЗ-740 (рис. 1.3) є форсункою закритого типу з розпилювачем і гідравлічнокерованою голкою. Всі деталі форсунки розміщені в корпусі. До нижнього торця корпусу гайкою приєднані проставка і корпус розпилювача, всередині якого знаходиться голка. Корпус і голка розпилювача становлять прецизійну пару. Розпилювач має чотири соплових отвори. Проставка і корпус зафіксовані щодо корпусу штифтами. Пружина одним кінцем впирається в штангу, передає зусилля від пружини до голки розпилювача, а іншим в набір регулювальних шайб [10].

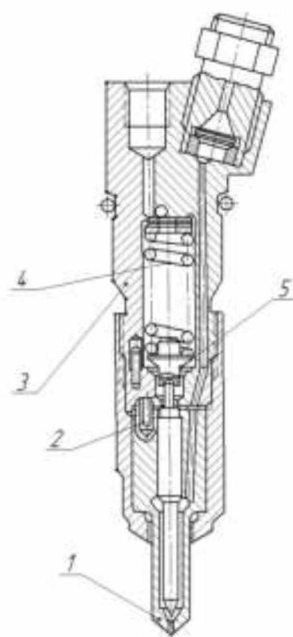


Рисунок 1.3 – Форсунка КАМАЗ -740: 1 – розпилювач; 2 – інсталяційний штифт; 3 – корпус форсунки; 4 – пружина; 5 – шайба упорна

Просочене через зазор між голкою і корпусом розпилювача паливо відводиться з форсунки через канали в корпусі. Форсунки встановлені в голівці циліндрів і закріплені скобою. Торець гайки розпилювача ущільнений від прориву газів мідною гофрованою і сталеву шайбами. Кільце ущільнювача оберігає порожнину між форсункою і головкою циліндра від попадання пилу і води.

Фірмою «Р. Бош» випускаються штифтові і багатоотвірні форсунки з установочними діаметрами 17, 21, 25, 26 мм. Корпуси форсунок можуть мати центральний і бічний підвід палива [11].



25 Нм. Тиск відкриття голки штифтових форсунок становить 13-18 МПа. Жорсткість пружини варіюється в межах 241-302 Н/мм [12].

Для зниження рівня шуму в двигунах з безпосереднім уприскуванням, особливо на холостому ходу, застосовуються двопружинні форсунки зі «слабкою» пружиною, жорсткість якої визначає, так званий, попереднє впорскування розпилювача, і пружиною «потужною», яка визначає повне відкриття розпилювача. Під час впорскування голка спочатку піднімається на невелику висоту, дає можливість впорснути невелику кількість палива, а коли тиск в розпилювачі збільшиться, голка піднімається на повний хід і відбувається впорскування переважної більшості палива (рис. 1.5) [13].

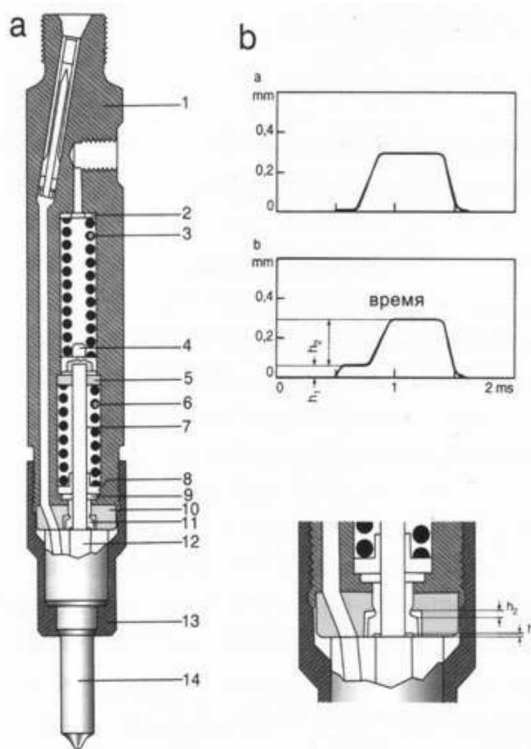


Рисунок 1.5 – Двопружинні форсунки: 1 – корпус форсунки; 2, 9 – регулювальні шайби; 3 – потужна шайба; 4 – грибок потужної шайби; 5 – шайба, що направляє штовхач форсунки; 6 – слабка пружина; 7 – штовхач форсунки; 8 – грибок слабкої пружини; 10 – простака; 11 – опорна втулка; 12 – голка розпилювача; 13 – гайка розпилювача; 14 – розпилювач

Слабка пружина підтримується опорною, що визначає попередній хід голки розпилювача (так само, як втулка в форсунках з однією пружиною), що становить від 0,03 до 0,06 мм. Разом зі зростанням тиску палива в форсунці,

опорна втулка починає підніматися, дозволяючи подальший рух голки розпилювача вгору.

Дуже важливо витримати відповідність тисків відкриття форсунки, наприклад: 130 і 180 бар, а також величину попереднього ходу.

У двопружинних форсунках встановлюються розпилювачі типорозміру «Р», з голкою без верхнього штифта, а опорна площина знаходиться в площині проставки форсунки.

Двопружинні форсунки можна зустріти на двигунах фірми John Deere.

Також в двигунах фірми John Deere (рис.1.6) застосовують оригінальну конструкцію форсунки з діаметром корпусу 9,5 мм, так звані Ч-подібні форсунки, вироблені тільки однією американською фірмою – Stanadyne. Вони комплектуються найчастіше дірчастими розпилювачами з діаметром 5,4 мм. У форсунках Stanadyne регулюється хід голки і, за допомогою регулювального гвинта, тиск відкриття розпилювача [14].

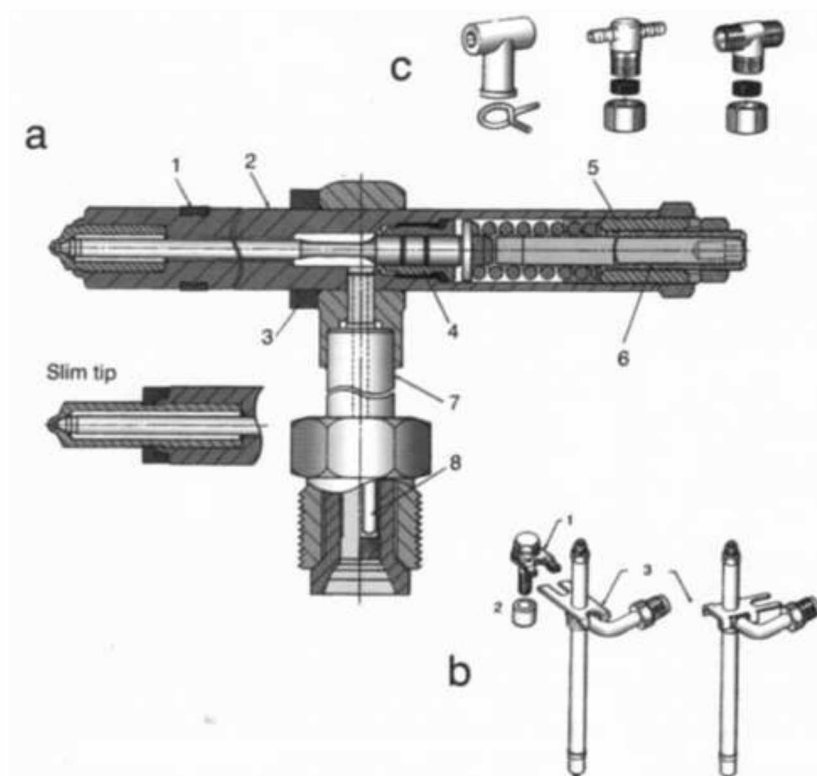


Рисунок 1.6 – Форсунка Ч-подібна Stanadyne з коротким дірчастим розпилювачем типу «Тір» і подовженим – типу «Slim Тір»: 1 – тефлоновий ущільнювач, що оберігає від прориву продуктів згоряння і стисненого повітря; 2 – корпус форсунки; 3 – нейлоновий ущільнювач, що оберігає від

води і забруднень; 4 – напрямна голки розпилювача; 5 – регулювання тиску відкриття; 6 – регулювання ходу голки; 7 – патрубок; 8 – елемент щільного фільтра; 1 (b) – закріплюючий хомут; 2 (b) – проставка; 3 (b) – пластинка, що визначає положення форсунки

## 1.2. Вплив регулювання форсунки на паливну економічність

Під час роботи двигуна в паливній апаратурі виникають несправності окремих вузлів і механізмів через зношування деталей; порушуються регулювання; змінюється розташування деталей, накопичуються сторонні відкладення у вигляді коксу, смол, бруду та ін.

При цьому, якість палива (чистота) має найбільший вплив на довговічність всіх деталей, а головним чином на прецизійні (надточні – плунжерні пара, розпилювач, нагнітальний клапан). При поганому зберіганні пального і недбалості заправці разом з паливом вносяться найдрібніші механічні частки пилу і води. Вони потрапляють в спряження прецизійних деталей паливної апаратури і порівняно швидко їх виводять з ладу [15].

Несправності вузлів і дефекти деталей паливоподаючої апаратури порушують роботу двигуна і знижують його техніко-економічні показники.

Найбільш слабким вузлом паливної апаратури є форсунка, у якій швидше за інших вузлів порушуються регулювання і робочі показники.

Форсунку дизельного двигуна внутрішнього згоряння контролюють і регулюють за наступними показниками [16]:

- обмеженість розпилення палива,
- гідравлічна щільність спряження циліндричної поверхні голки з корпусом розпилювача,
- герметичність прилягання замикаючого конуса голки до конусу корпусу розпилювача,
- тиску початку уприскування палива (початку підйому голки розпилювача),

- хід голки,
- пропускна здатність.

Під дрібністю розпилювання мається на увазі діаметр частинок і їх розподіл по факелу розпиленого палива.

Гідравлічна щільність форсунки – це здатність спряжених поверхонь чинити опір просочуванню між ними рідини (палива).

Герметичність запірних конусів – це здатність конусів утримувати паливо від просочування між контактуючими поверхнями при заданому перепаді тиску.

Тиск початку уприскування палива – це тиск палива на початку на вході в форсунку в момент початку виходу струменя палива з розпилювача форсунки (в момент відкриття розпилювача).

Пропускна здатність – це величина, що характеризує гідравлічний опір форсунки проходженню палива під час роботи [17].

Хід голки розпилювача форсунки – це величина переміщення голки від закритого положення до положення на упорі в торець корпусу форсунки.

Основні структурні і діагностичні параметри і ознаки стану форсунки представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні структурні і діагностичні параметри і ознаки стану форсунки

Агрегат (вузол)	Структурні параметри	Діагностичні параметри та ознаки	Технічні засоби діагностування
Форсунка	Характеристика ефективного прохідного перерізу соплового розпилювача	Димність відпрацьованих газів	Димомір Пристрій КИ-9917
		Дрібність розпилювання палива	Таксиметр (електронний прилад)
	Хід голки	Тиск впорскування палива	(установка)
	Щільність прилягання запірних конусів розпилювача	Осцилограма тиску впорскування	
		Звучність	
Зазор між голкою та направляючим отвором розпилювача	Вібрація	Прилад вібраційної діагностики	

Основним регулювальним параметром, що впливає на паливну економічність двигуна, є тиск початку впорскування палива.

Однак при тривалій роботі форсунок жорсткість пружин поступово знижується. В результаті цього знижується тиск упорскування, збільшується пропускна здатність форсунки і зростає нерівномірність подачі палива.

В процесі експлуатації у нових форсунок або розпилювачів порівняно швидко знижується тиск початку уприскування. Приблизно через 150...200 год. роботи двигуна тиск початку впорскування палива знижується на 3,5 ... 4,5 МПа, після чого цей процес сповільнюється [18].

В результаті роботи форсунки на зниженому тиску вприскування потужність двигуна знижується в середньому на 10...15%, збільшується витрата палива, утворюється нагар і закоксується розпилювач. Причиною цього служить знос поверхонь деталей форсунки. Задири і мікронерівності, які є на поверхні нових або малопрацюючих деталей, в процесі роботи форсунки стираються, тобто взаємно припрацьовуються спряжені деталі і швидко знижується тиск початку уприскування. В результаті збільшується зазор між голкою і стінкою направляючого отвору корпусу розпилювача, щільність якого знижується, і паливо інтенсивно просочується вздовж голки [9,30].

Значному зносу у корпусі розпилювача піддається запірний конус, ущільнений метал виглядає кільцевою канавкою. Причини зносу, як і у запірного конуса голки – ударне навантаження пружини форсунки і абразивну дію наявних в паливі твердих частинок.

Величезна кількість ударів голки з великим навантаженням від пружини форсунки сприймається невеликим притертим пояском (шириною 0,2...0,25 мм) на голці і запірної фаски корпусу розпилювача. Метал при такому великому навантаженні зазнає наклеп, поверхня його ущільнюється, відбуваються явища втоми металу, при цьому мікрооб'єми лушчаться, а паливо, що проходить з великою швидкістю разом з твердими абразивними частинками в момент упорскування змиває залишені частинки металу [19].

Глибина зношеної поверхні сідла в середньому досягається 0,05...0,08 мм. В результаті зносу запірних поверхонь голка просідає, збільшується висота її підйому, погіршується герметичність спряження, сумарний знос сідла розпилювача і запірного конуса дає просідання голки в межах 0,15...0,2 мм, причому зміщується розпилюючий конус щодо кромки соплового отвору і голка не надає належного впливу на струмінь палива. Тому якість розпилу палива погіршується, а порушення щільності спряження призводить до підтікання розпилювача. При роботі двигуна цей дефект проявляється димним вихлопом і збільшенням витрати палива [19].

### 1.3. Аналіз зносу деталей форсунок

Поверхні корпусу розпилювача зношуються по направляючому отвору, запірному гнізду і сопловому отвору. Розпилювач форсунки в зборі (рис. 1.7) складається з корпусу, який виготовляють із сталі 18X2H4BA, HRC 56 ... 60, і голки зі сталі P18, HRC 60 ... 65.

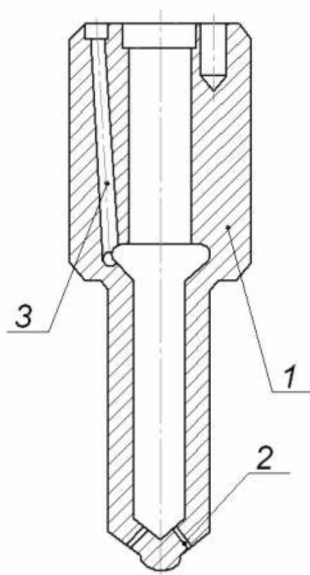


Рисунок 1.7 – Корпус розпилювача: 1 – корпус; 2 – сопло розпилювача; 3 – паливний канал

Напрямний отвір корпусу розпилювача зношується подібно спряженої з нею поверхні голки. Циліндричний отвір стає конічним, більша основа

конуса направлена до нижнього торця розпилювача, знос у нижній кромці отвору досягає 0,003 ... 0,005 мм.

Характер мікрорельєфу зношеної поверхні однаковий з голкою, так як знос викликають одні причини [13,14].

Значному зносу у корпусу розпилювача піддається запірний конус, ущільнений метал виглядає кільцевою канавкою. Причини зносу такі ж, як і у запірного конуса голки.

Глибина зношеної поверхні сидла в середньому досягає 0,05 ... 0,08 мм. В результаті зносу запірних поверхонь голка просідає, збільшується висота її підйому, погіршується герметичність спряження.

Сумарний знос сидла розпилювача і запірного конуса дає просідання голки в межах 0,15 ... 0,2 мм, причому зміщується розпилючий конус щодо кромки соплового отвору і штифт не робить належного впливу на струмінь палива. Тому якість розпилу палива погіршується, а порушення щільності спряження призводить до підтікання розпилювача. При роботі двигуна цей дефект проявляється димним вихлопом і незначним збільшенням витрати палива [20].

Сопловий отвір корпусу розпилювача піддається сильному зносу, циліндрична форма його порушується, діаметр збільшується, вихідні кромки закругляються, на стінках отворів утворюються борозенки.

Діаметр отвору збільшується на 0,029 ... 0,078 мм, отже, сопловий отвір зазнає більший знос, ніж пов'язаний з ним штифт голки. Найбільше зношуються кромки отвору, особливо вихідні, чому погіршується розпилювання палива.

У багатоотворних розпилювачах зношуються такі робочі поверхні: напрямні отвори та пов'язані з ними циліндрична поверхня голки, соплові отвори, запірний конус.

Багатоотвірні розпилювачі тракторних та автомобільних дизелів схильні до поступових і раптових відмов. До поступових відмов слід віднести абразивне зношування поверхонь направляючого отвору і запірного

конуса деталей розпилувачів. До раптових відмов відноситься порушення рухливості голок, викликане зношуванням при заїданні. Проникнення гарячих газів всередину корпусу розпилувача створить сприятливі умови для осмолена робочих поверхонь спряжень і відкладення коксу. Це призводить до зменшення зазору між поверхнями корпусу і голки, що обумовлює підвищення тертя і порушення рухливості голки [6,13,20].

У процесі складання форсунки і установки її в головку двигуна виникають деформації робочих поверхонь корпусу розпилувача, обумовлених монтажними зусиллями.

В процесі роботи розпилувачі нагріваються до температури, що перевищує 180°C, що призводить до зниження поверхневої твердості.

Деформація корпусу розпилувача може виникнути при кріпленні розпилувача гайкою до корпусу форсунки, при закріпленні форсунки на голівці двигуна, а також внаслідок температурних деформацій головки двигуна під час його роботи. Деформація направляючої розпилувача внаслідок зазначених факторів може досягти 3-5 мкм, а викривлення осі корпусу розпилувача 5-25 мкм. Основними заходами, що зменшують деформацію корпусу розпилувача, є зменшення жорсткості гайки з метою компенсації неточностей виготовлення; посилення допуску на неперпендикулярність опорного торця гайки до осі різьби (не більше 0,04 мм) і виключення контакту гайки з корпусом розпилувача по галтелі в місці переходу носика корпуса в потовщену частину корпусу розпилувача і перекосів форсунки при кріпленні в каналі головки двигуна [6, 9].

Для зменшення деформацій корпусу розпилувача регламентується момент затяжки гайки розпилувача (табл. 1.2).

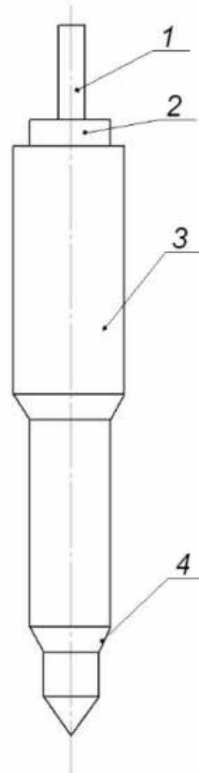
Таблиця 1.2 – Момент затяжки гайки розпилувача

Модель форсунки	6Т2	6А1	ФД-22	267-02
Момент затяжки, Н·м	90	90-100	60±10	70-80

Із застосовуваних в даний час способів кріплення форсунки найкраще центрування забезпечує варіант кріплення центральною нажимною гайкою, гірше кріплення накидною скобою, а найгірший варіант кріплення фланцем за допомогою шпильок, так як в експлуатації важко забезпечити однакову затяжку гайок шпильок і виключити перекіс форсунки.

Для зменшення необхідних зусиль, що ущільнюють газовий стик між форсункою і головкою, необхідно застосовувати для ущільнення м'яку прокладку з відпаленої міді. Останнім часом знаходять застосування каркасні фторопластові прокладки, що одночасно є тепловим екраном. Слід також забезпечити необхідний зазор між носиком розпилювача і каналом в голівці з тим, щоб виключити при можливих перекосах форсунки контакт носика розпилювача з поверхнею каналу головки. Однак при збільшенні зазору між носиком і поверхнею каналу збільшується температура розпилювача [6].

У голки розпилювача зношуються такі поверхні: напрямна частина 3, запірний конус 4, верхній заплічок 2 і верхній торець хвостовика 1 (рис. 1.8).



1 – торець хвостовика, 2 – верхній заплічок, 3 – напрямна частина, 4 – запірний конус

Рисунок 1.8 – Місця зносу поверхні голки

Направляюча поверхня голки зношується з нижньої сторони. Величина зносу складає 0,001 ... 0,003 мм. В результаті циліндрична поверхня набуває конічної форми (розпилувач РШС-2Х250) [21].

До найбільш слабких місць голки відноситься запірний конус, особливо піддається зносу. Запірна поверхня голки сприймає ударне навантаження пружини форсунки і абразивну дію наявних в паливі твердих частинок.

Величезна кількість ударів голки з великим навантаженням від пружини форсунки сприймається невеликим притертими пояском (шириною 0,2 ... 0,25 мм) на голці і запірною фаскою корпусу розпилувача. Метал при такому великому навантаженні зазнає наклеп, поверхня його ущільнюється, відбуваються явища втоми металу, при цьому мікрооб'єми лушуться, а паливо, що проходить з великою швидкістю разом з твердими абразивними частинками в момент упорскування змиває відсталі частки металу.

Поверхня запірного конуса голки зношується нерівномірно: більше (0,07 ... 0,08 мм) – в середній частині, менше (0,055 ... 0,06 мм) – у нижньої основи і ще менше (0,04 ... 0,075 мм) – у верхній [6].

Внаслідок зносу поверхні запірного конуса голки, а також спряженого з ним сідла корпусу розпилувача порушується їх щільність прилягання. Паливо у розпилувача при закритій голці до і після впорскування підтікає з подальшим нагароутворенням. Так як фаза горіння у двигуна коротка (в 10 разів коротше, ніж у карбюраторного), то великі краплі не встигають згоріти і утворюють кокс, нагар на деталях розпилувача, поршні і компресійних кільцях. Значний знос запірної частини настільки порушує герметичність посадки голки, що гази з камери згорання прориваються всередину розпилувача, чому деталі перегріваються і зазвичай голка заїдає від викривлення або закоксування.

В експлуатаційних умовах підтікання розпилувача проявляється димним вихлопом і зниженням потужності двигуна [21].

Найбільшому зносу на циліндричних поверхнях голки піддається штифт. Поверхня його з циліндричної стає конічною, менша основа конуса направлено в сторону нижнього торця.

На нижньому кінці штифт по діаметру зношується на 0,025 ... 0,03 мм, а у верхній частині – на 0,01 ... 0,12 мм по діаметру [6].

Гідроабразивним зносом охоплюється ділянка штифта, що знаходиться в кільцевій щілині між стінками соплового отвору, тому довжина борозенок та гребінців штифта дорівнює товщині стінки соплового отвору корпусу розпилювача.

Присутність на поверхнях штифта і стінках соплового отвору гребінців з гострими вершинами сприяє утворенню при уприскуванні окремих струменів і такий розпил зазвичай називають струменевим. Він обумовлює нагароутворення на розпилювачі, поршні і камері згоряння.

Необхідно відзначити, що штифт голки омивається гарячими газами камери згоряння, де при наявності активних кислот процес корозії протікає більш інтенсивно і поверхня штифта сильно руйнується [22].

В процесі експлуатації паливної апаратури розпилюючий конус зношується повільно. Характер зносу нагадує кільцеву западину незначної глибини, розміщену в середині твірної поверхні конуса. Найбільша величина зносу 0,027 ... 0,029 мм, по діаметру знаходиться в середній частині конуса, верхня (менша) основа конуса зношується на 0,015 ... 0,017 мм; знос нижньої основи конуса (на кромці) становить 0,005 ... 0,006 мм (РШС-2Х250, двигун Д-240) [6].

Більший знос в середній частині поверхні розпилюючого конуса визначається характером роботи штифтового розпилювача: удар паливних струменів доводиться на середню частину поверхні конуса; абразивні частинки, що знаходяться в паливі, знімають мікростружку, залишаючи риски на металі, які поступово розмиваються [6].

Знос розпилюючого конуса наростає разом зі збільшенням частоти підйому голки, що відбувається в результаті зносу нижнього торця корпусу

форсунки, верхнього заплечика голки і запірних поверхонь розпилювача. Зростання зносу розпилюючого конуса пояснюється в цьому випадку збільшенням швидкості руху струменя палива в звуженій сопловій щілині.

Під час роботи форсунки голка робить велику кількість підйомів і опускає, верхній торець направляючої частини голки в момент підйому вдаряється об нижній торець корпусу форсунки. Значне ударне навантаження зосереджене на малому кільцевому майданчику верхнього торця голки веде до зносу спряжених поверхонь у вигляді наклепу металу. Від зім'яття верхнього торця голки на кромці утворюються задири, які іноді викликають зависання голки в направляючому отворі розпилювача.

Сумарний знос торця направляючої поверхні голки, нижнього торця корпусу форсунки і запірних конусів розпилювача збільшує висоту підйому голки на 0,16...0,31 мм (напрацювання 5000 мото-год.). Гранична висота підйому голки доходить до 0,7 мм замість встановленої заводом 0,35...0,42 мм, в зв'язку з чим швидкість опускання голки збільшується. Тому відносно швидко розбивається запірна частина розпилювача і прогресивно наростає знос розпилюючого конуса [22].

В процесі експлуатації поряд із зносом корпусу розпилювача і ущільнювального конуса голки розпилювача великому зносу піддається нижня площина корпусу форсунки (рис. 1.9), в яку вдаряється голка в момент підйому.



1 – місце удару голки розпилювача; 2 – ущільнювальний торець

Рисунок 1.9 – Основні місця зносу площини торця корпусу форсунки

Ущільнювальний торець корпусу по кільцевому майданчику сполучається з корпусом розпилювача, виконаний точно і оброблений притиранням, причому площина його розташована строго під кутом 90 по відношенню до геометричної осі корпусу форсунки. При роботі форсунки голка розпилювача здійснює велику кількість підйомів і опускань особливо на малих обертах двигуна, коли розпилювач дає дробне уприскування. При цьому за один хід плунжера здійснює 12-14 коливань. Так як тиск уприскування великий (у більшості штифтових форсунок в межах 125-130 кгс/см, у багатоотворних – 150-170 кгс/см), а навантаження сприймається невеликим кільцевим майданчиком ущільнювального УТКФ, але ця поверхня швидко зношується.

Глибина зносу досягає 0,10 ... 0,15 мм. Якщо врахувати той факт, що торець голки вдаряється в корпус, теж зношується то сумарний знос названих поверхонь може досягати 0,25 мм [23]. З урахуванням зносу запірних конусів голки і корпусу розпилювача величина ходу голки досягає 0,6-0,7мм (нормально 0,35 ... 0,42 мм).

Збільшення ходу голки розпилювача призводить до ряду порушень в нормальній роботі форсунки, а саме до збільшення величини ефективного прохідного перетину розпилювача. Занадто великий підйом голки, при якому дроселювання палива в перерізі незначно призводять до зростання сил інерції рухомих мас форсунки, розбивання сідла і до зменшення терміну служби форсунки.

### **Висновки, мета і завдання досліджень**

Аналіз наукових досліджень, провідних учених показав, що в процесі експлуатації, великому зносу піддається нижня площина корпусу форсунки, ущільнювальний торець в який вдаряються заплечики голки розпилювача в момент її підйому. Величина зносу досягає 0,10 ... 0,15 мм, а з урахуванням зносу розпилювача величина ходу голки розпилювача досягає 0,6-0,7 мм,

(при нормальних 0,35 ... 0,45 мм). Це призводить до збільшення витрати палива і падіння потужних характеристик двигуна.

Для досягнення мети роботи поставлені наступні завдання досліджень:

1. Виконати огляд і обґрунтувати напрями підвищення повного ресурсу форсунок дизельних двигунів.
2. Провести дослідження процесу зносу ущільнювачів торців корпусів форсунок (УТКФ) дизельних двигунів.
3. Теоретично обґрунтувати і розробити пристосування для шліфування і доведення ущільнювальних торців корпусів форсунок.
4. Визначити економічну ефективність запропонованої технології відновлення ущільнювачів торців корпусів форсунок дизельних двигунів.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Методика проведення досліджень

У відповідності з поставленими завданнями, була визначена програма експериментальних досліджень, яка дозволить повною мірою визначити ступінь впливу запропонованої технологічної оснастки на якісні показники при ремонті корпусів форсунок, що включає в себе кілька етапів:

1. Дослідження величин зносів ущільнювальних торців корпусів форсунок;
2. Дослідження впливу технологічних параметрів шліфування ущільнювальних торців корпусів форсунок на якість обробленої поверхні;
3. Дослідження впливу відновлених ущільнювачів торців корпусів форсунок на якісні показники.

Випробування по відновленню ресурсу корпусів форсунок проводилися в лабораторіях кафедри ТЗМАВ. Як досліджуваної і оброблюваної поверхні використовувалися форсунки, що встановлюються на основні автотракторні дизельні двигуни: ЯМЗ-236, 238 і їх модифікаціях (Ярославський моторний завод); Д-240, Д-260.1 (Мінський моторний завод).

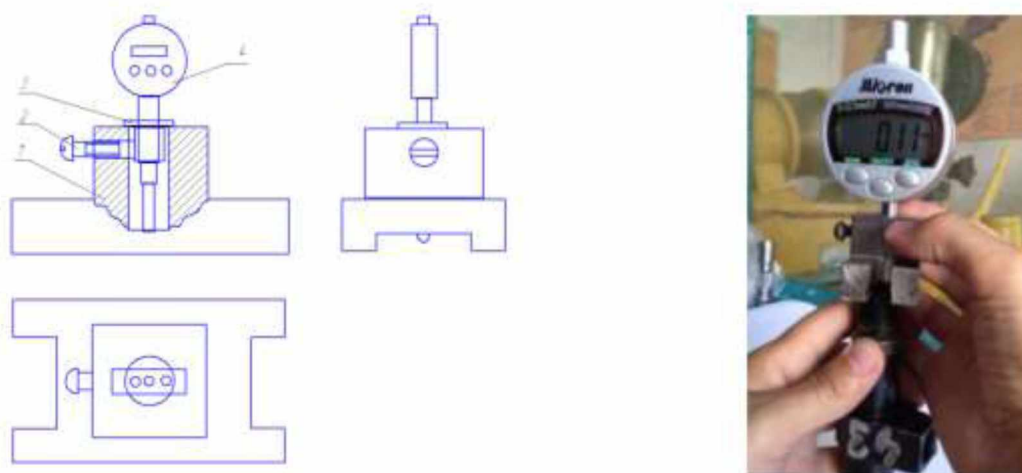
#### 2.2. Методика дослідження зносів ущільнювального торця корпусу форсунки

Аналіз застосовуваних багатомісних пристосувань, що дозволяють підвищити продуктивність ремонту корпусів форсунок, виявив ряд недоліків.

Одним з істотних є те що, знос корпусів різний і в процесі шліфування або доведення з деяких корпусів знімається більше, ніж необхідно металу. Тим самим знижується післяремонтний ресурс деталі.

Тому слід проводити ремонт ущільнюючих торців корпусів форсунок, попередньо розсортувавши їх по групах зносу, але проведений літературний аналіз показав недостатність інформації за даними зносами. Отримати цю інформацію можливо провівши експериментальні дослідження по зносу в місці удару заплічок голки розпилювача і кільцевої поверхні торця в місці контакту з корпусом розпилювача.

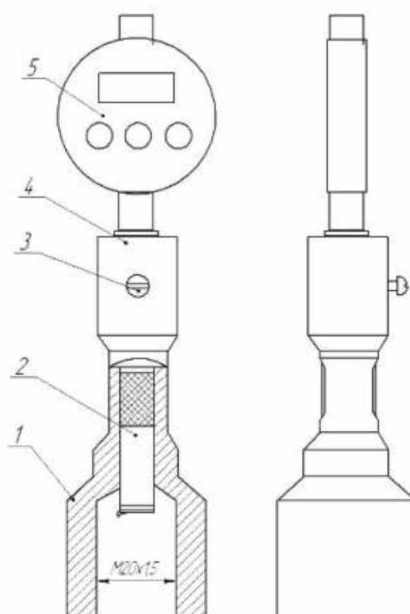
Одним з відповідальних етапів вимірювання зносів корпусів форсунок є вибір засобів вимірювання лінійних розмірів і виготовлення спеціального оснащення. Для досягнення цієї мети використовувалося спеціально виготовлене пристосування (рис. 2.1), що містить корпус 1 виконаний у вигляді салазок, з встановленим в ньому втулкою 3, гвинт 2, індикаторну головку з цифровим звітним пристроєм (Щ) 4 із спеціально виготовленим наконечником (стрижнем). При переміщенні салазок по площині торця, стрижень індикаторної головки копіює поверхню і показує величину зносу як в місцях ударів заплічок голки розпилювача, так і за місцем контакту корпусу розпилювача.



1 – корпус, 2 – гвинт, 3 – втулка, 4 – індикаторна головка (Щ)

Рисунок 2.1 – Пристосування для визначення зносу ущільнювача торця: а – конструкція; б – спосіб застосування

Для визначення неперпендикулярності ущільнювального торця щодо геометричної осі корпусу форсунки використовувалося спеціальне пристосування (рис. 2.2).



1 – корпус з різьбленням, 2 – стрижень з наконечником, 3 – гвинт, 4 – втулка, 5 – індикаторна головка (ІЦ)

Рисунок 2.2 – Пристосування для визначення неперпендикулярності ущільнювального торця щодо геометричної осі корпусу форсунки

Пристрій складається з корпусу з різьбленням 1, усередині якого є стрижень з наконечником 2, стопорного гвинта 3, втулкою 4, індикаторну головку з цифровим звітним пристроєм (ІЦ) 5.

Пристосування працює наступним чином: корпус накрутається на різьбову частину корпусу форсунки до упору, після чого проводиться обертання стержня, який пов'язаний з відліковим механізмом. Наконечник стержня проводить «обмацування» поверхні торця, і на відліковому механізмі видається величина відхилення від перпендикулярності.

Таким чином, запропоновані пристосування і прилади дозволяють визначити знос ущільнювача торця корпусу форсунки і обґрунтовано вирішити питання про його відновлення та постановки на нього нового розпилювача.

### 2.3. Методика дослідження процесу механізованої обробки ущільнювального торця корпусу форсунки

При ремонті форсунок пропонується розділити деталі на 4 групи по зносу корпусів форсунок. Це дозволить мінімізувати величину шару металу, що знімається, тим самим підвищити післяремонтний ресурс деталі.

I - група – від 0 мм до 0,02 мм.

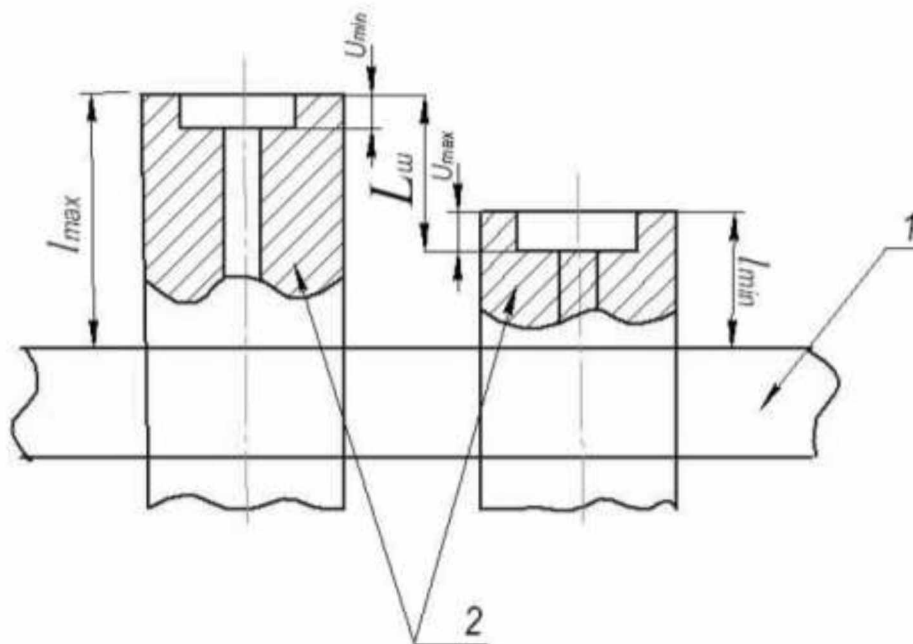
II - група – від 0,02. до 0,04 мм.

III - група – від 0,04 мм. до 0,05 мм.

IV - група – понад 0,05 мм.

Шліфування і доведення пропонується проводити комплектами, за кількістю місць для їх кріплення в розроблених для цього пристосування, що збільшує продуктивність праці і знижує величину вибракування корпусів форсунок.

З огляду на ту обставину, що глибина зносів поверхонь може бути різною, необхідно щоб глибина шліфування залежала від неплоскостності і максимальної величини зносу торців корпусів форсунок (рис. 2.3).



1 – плита пристосування; 2 – корпусу форсунок

Рисунок 2.3 – Схема визначення глибини шліфування при розташуванні торців корпусів форсунок в різних площинах

Формула для розрахунку глибини шліфування в цьому випадку буде виглядати наступним чином:

$$L_M = l_{max} - l_{min} + U_{max}, \quad (2.1)$$

де  $L_M$  – глибина шліфування, мм;

$l_{max}$  – відстань від шліфованої площини максимально виступаючого торця деталі до плити пристосування, мм;

$l_{min}$  – відстань від шліфованої площини мінімально виступаючого торця деталі до плити пристосування, мм;

$U_{max}$  – максимальна глибина зносу мінімально виступаючого торця деталі, мм.

За наявної різниці між  $l_{max}$  і  $l_{min}$  і великих значеннях  $U_{max}$  ресурс деяких деталей з комплекту після шліфування значно скорочується, так як площі торця гартується на глибину 4 мм [22], а глибина шліфування невиправдано велика. Для встановлення оптимальної глибини шліфування необхідно: по-перше, підбирати в комплект деталі з приблизно рівними зносами (по групах зносу); по-друге, домагатися встановлення шліфованих поверхонь в одній площині.

Шліфування проводили на високоточному плоскошліфувальному верстаті марки ЗГ71 (рис 2.4.)



Рисунок 2.4 – Плоскошліфувальний верстат для обробки торців корпусів форсунок

На магнітний стіл верстата встановлюється багатомісне пристосування для шліфування ущільнювальних торців корпусів форсунок. При шліфуванні контрольну плиту кріплять на кожну половину плити пристосування за допомогою гвинтів. Корпуси форсунок з однаковими зносами ущільнювачів торців загортають знизу під втулки до упору торців в поверхню паза контрольної плити і цим забезпечують виступ, що підлягає шліфуванню поверхонь на однакову величину, рівну глибині паза. Від повертання при шліфуванні і притиранні форсунки фіксують гвинтами.

Пристосування встановлюють на магнітний стіл плоскошліфувального верстата для виконання основної операції – шліфування ущільнювальних торців корпусів форсунок до виведення слідів зносу.

Процес шліфування проводиться з урахуванням теорії шліфування до виведення слідів зносу. По закінченню процесу шліфування плита з форсунками знімається з настановних опор, і переміщається для притирання поверхні ущільнювачів торців корпусів форсунок.

Для визначення впливу технологічних параметрів механізованого притирання (доведення) на якість обробленої поверхні нами використовувався доводочний верстат.

#### **2.4. Методика визначення механічних властивостей оброблених поверхонь**

По закінченню процесу механічної обробки форсунки піддавалися дослідженню з вивчення впливу обраного ріжучого інструменту і режимів різання при шліфуванні, а так само впливу обраних динамічних факторів при доведенні, на якість обробленої поверхні (шорсткість) ущільнюваного торця корпусу форсунки визначається контактним методом з використанням вимірювача шорсткості (профілометра) моделі SRT-6100, що дає показання середньоарифметичної висоти нерівностей поверхні  $R_a$  (рис. 2.5) і подальше порівняння з технічними вимогами.



1 – вимірювач шорсткості (профілометр), 2 – ущільнювальний торець корпусу форсунки, 3 – пристосування для шліфування і доведення

Рисунок 2.5 – Вимірювання шорсткості ущільнювального торця корпусу форсунок

Для вимірювання твердості поверхневого шару корпусів форсунок і визначення його відхилень від номінальних характеристик для сталі 45 схильною до загартуванню використовувався твердомір ТК-2 (рис. 2.6). Твердомір налаштований і працює подібно твердоміра Брінеля, але залишає відбитки набагато менших розмірів. Це забезпечує конус (індентор) з кутом при вершині  $120^\circ$  (алмазний або твердосплавний), що дозволяє випробовувати не тільки зразки, а й робочі деталі.



1 – твердомір, 2 – індикаторний показчик твердості, 3 – конус (індентор), 4 – ущільнювальний торець корпусу форсунки

Рисунок 2.6 – Вимірювання твердості з твердоміром ТК-2

Відповідно до вимог до зразків поверхню випробуваного виробу повинна мати низьку шорсткість  $R_a \approx 1.25$  мкм. Вимірювання проводились після механічних обробок (шліфування і доведення), за шкалою HRC з відповідним набором вантажів (150 кг). Заміри проводилися в зоні (місці) контакту торця голки розпилювача з ущільнювальним торцем корпусу форсунки і місце контакту корпусу форсунки з корпусом розпилювача. Отримані результати вимірів порівнювалися з технічними даними [22].

У зв'язку з жорсткими вимогами щодо перпендикулярності поверхні, що випробується до напрямку переміщення наконечника твердоміра, в процесі роботи використовувалася спеціально підготовлена підставка.

## **2.5. Дослідження впливу стану ущільнювального торця корпусу форсунки на якісні та економічні показники форсунки**

Для визначення якісних і економічних характеристик форсунок дизельних двигунів використовувалися ряд діагностичних стендів і приладів.

Для визначення тиску початку відкриття голки розпилювача, а також дрібноту розпилювання дизельного палива використовувався прилад КИ-3333 (рис. 2.7), оснащений вентилятором для засмокування паливного пилю, так само в ньому передбачений гідравлічний акумулятор, що дозволяє гасити поштовхи рідини при прокачуванні палива плунжерною парою, тим самим підвищуючи точність виміру тиску уприскування. Він складається з корпусу, який одночасно служить і паливним баком; насоса високого тиску; паливних кранів, манометра, гідроакумулятора, камери впорскування з підсвічуванням факела розпилюваного палива, вентилятора.

Випробування полягали в контролі тисків початку спрацьовування, а також наявності протікання палива в місцях сполучення розпилювача з корпусом форсунки. Перевірці піддавалися форсунки із зносом і після видалення слідів зносу в процесі відновлення ущільнювального торця корпусу форсунки.



1 – форсунка; 2 – камера уприскування з підсвічуванням; 3 – манометр;  
4 – паливопровід високого тиску; 5 – корпус приладу.

Рисунок 2.7 – Прилад КИ-3333 для регулювання та випробування форсунок

Для оцінки пропускної здатності форсунки використовувався діагностичний стенд КИ-15711М-01-ГОСНИТИ, призначений для випробування і регулювання паливних насосів з числом секцій до 12.

Стенд оснащений електронним вимірювальним блоком з цифровими індикаторами, які видають чисельне значення наступних параметрів: частота обертання головного валу (що приводить в рух випробуваний паливний насос), число циклів подачі випробуваним насосом (число уприскування палива), кут початку впорскування. Так само стенд оснащений манометрами, що вказують тиск в трубках високого тиску (від насоса до форсунки), в гідравлічній системі приводу стенду.

## Висновки

1. Розроблена методологія експериментальних досліджень, підібране устаткування і засоби вимірювання дозволяють: підбирати комплектно корпуси форсунок з рівним зносом (різниця менше 5%) за чотирма групами

зносу; досягати встановлення шліфованих поверхонь в одній площині (похибка не більше 3%);

2. Підбрано обладнання та пристосування для механічної обробки торців корпусів форсунок з отриманням заданої шорсткості поверхні відповідно до технічних вимог.

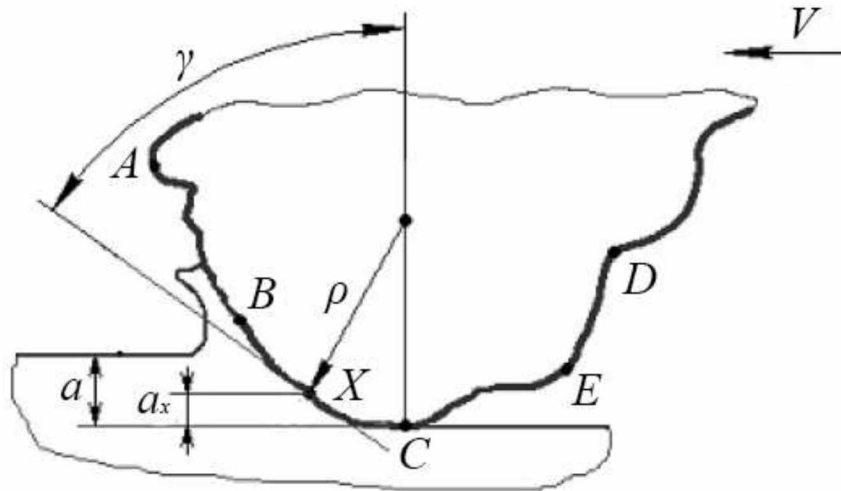
## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Теоретичні дослідження процесу механічної обробки корпусів форсунок

Шліфування деталей є однією із заключних технологічних операцій при відновленні деталей, виконуваної після операцій точіння, фрезерування, стругання, а також термічної. У процесі шліфування знімається невелика величина шару металу і забезпечується  $4 \dots 10$  ( $R_z = 40 \text{ мкм} - R_a = 0,10 \text{ мкм}$ ) класи шорсткості обробленої поверхні і точність розмірів по 6-11 квалітетами [10, 15, 24].

Висока якість обробленої поверхні шліфуванням є результатом зняття з поверхні величезного числа стружок і малою величиною сили, що виникає в процесі обробки. Аналіз процесу шліфування дає загальноприйнятту модель процесу шліфування засновану на аналізі руху одного абразивного зерна (рис. 3.1). Це відповідає кінематиці процесу різання з використанням інструментів з постійною кількістю ріжучих елементів (фрезерування, стрічкової пилою і т.д.). У всіх випадках процес різання супроводжується деформацією матеріалу в процесі зсуву і сколювання окремих частин (стружки) з допомогою ріжучої кромки у вигляді клина. Це більшою мірою стосується і до процесу шліфування металів [24].



$ABC$  – передня поверхня;  $CED$  – задня поверхня;  $a$  – товщина зрізу

Рисунок 3.1 – Схема мікрорізання абразивним зерном

Однак процес шліфування має істотні відмінності і особливості від процесу різання класичним металевим інструментом. Внаслідок своїх особливостей процес шліфування супроводжується явищами [24]:

1) процес масового впливу абразивних зерен на оброблювану поверхню (шар) і висока швидкість різання (дряпання) призводить до більш високої температури в зоні контакту абразивного інструменту з поверхнею. Миттєва температура в зоні дії окремих зерен може досягати температури плавлення оброблюваного матеріалу.

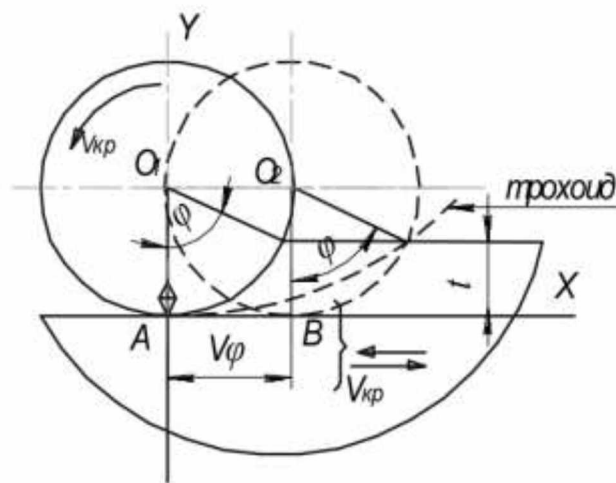
2) велика частина механічної роботи (до 80-85%) шліфування внаслідок різновисотних і негативних передніх кутів абразивних зерен витрачається на тертя, і лише в 15-20% на утворення (деформацію і відділення) стружки.

Основні характеристики абразивного інструменту визначаються наступними параметрами: формою і розмірами, матеріалом абразивних зерен, зв'язуючою речовиною, зернистістю, твердістю і структурою.

Абразивні круги виготовляють різних форм і розмірів, вибір обумовлений конфігурацією і розмірами оброблюваної деталі, вимогами до якості обробки, характером і технологією виконуваних операцій,

типорозміром обладнання. Шліфувальний інструмент регламентований стандартами.

Кінематика мікрорізання є однією з основних при встановленні рівнянь шліфування: довжини контакту зерна з деталлю, траєкторія мікрорізання шліфуючим зерном, товщини шару, що знімається одним зерном і сумарна (рис. 3.2). Дані рівняння дають можливість ефективного порівняння різних методів шліфування і вказують шляхи подальшого підвищення продуктивності процесу [25].



$R$  – радіус кола;  $V_d$  – швидкість руху оброблюваної деталі;  $V_{кр}$  – швидкість шліфувального круга;  $\varphi$  – кут контакту;  $t$  – величина шару матеріалу, що знімається

Рисунок 3.2 – Схема руху зерна при плоскому шліфуванні периферією круга

При цьому рівняння траєкторії мікрорізання і повна довжина дуги при плоскому шліфуванні, що рівномірно обертається шліфувальним кругом має вигляд:

$$\begin{aligned} x &= R \cdot \sin \varphi \pm \frac{v_d \cdot R}{v_{кр}} \cdot \varphi, \\ y &= R \cdot (1 - \cos \varphi) \end{aligned} \quad (3.1)$$

де  $R$  – радіус кола, м;  $\varphi$  – кут контакту;  $v_d$  – швидкість руху оброблюваної деталі, м/с;  $v_{кр}$  – швидкість шліфувального круга, м/с.

Знак «−» приймається при збігу напрямку обертання круга і поступального руху деталі, знак «+» якщо не збігаються.

Згідно з дослідженнями [26] повна довжина кривої контакту круга з деталлю при плоскому шліфуванні матиме остаточний вигляд:

$$L_{nl} = \left( 1 \pm \frac{v_{\delta}}{v_{kp}} \right) \cdot \sqrt{D \cdot t}, \quad (3.2)$$

де:  $D$  – діаметр кола, м;

$t$  – величина шару матеріалу, що знімається, м.

Аналізуючи вирази (3.2) і роботу [27], отримаємо рівняння залежності товщини шару металу, що зрізається одним зерном за один оборот, від інших параметрів процесу шліфування:

$$a_{zcp}^m = \frac{v_{\delta}}{v_{kp} \pm 2v_{\delta}} \cdot \sqrt{t_{\phi} \cdot l_{cp}} \cdot \frac{S}{B} \cdot \sqrt{\frac{l}{D} + \frac{a}{d}}, \quad (3.3)$$

де:  $\alpha$  – коефіцієнт, ( $\alpha = 0$  для плоского шліфування периферією круга);

$l_{cp}$  – відстань між сусідніми ріжучими зернами, м;

$d$  – діаметр деталі (кругле шліфування), м;

$S$  – поперечна подача оброблюваного матеріалу, м / об;

$B$  – ширина поверхні, що шліфується, м;

Кінцеве рівняння залежності товщини шару металу, що зрізається одним зерном за один оборот, від інших параметрів в процесі плоского шліфування матиме вигляд:

$$a_{zcp}^m = \frac{v_{\delta}}{v_{kp} \pm 2v_{\delta}} \cdot \sqrt{t_{\phi} \cdot l_{cp}} \cdot \frac{S}{B} \cdot \sqrt{\frac{l}{D}}. \quad (3.4)$$

Якісна обробка при ремонті торця корпусу форсунки, має на меті видалення слідів зносу. Крім зняття певної величини обсягу металу з поверхні ущільнювального торця необхідно надати цій поверхні певну шорсткість.

Шорсткість – це свого роду сукупність мікронерівностей поверхневого шару деталі, що характеризують чистоту її обробки. Параметром, що

найбільше відображає чистоту обробки поверхні деталі, вважається середньоарифметичне значення висоти мікронерівностей ( $R_a$ ), взяте за певною базовою довжиною поверхні і вираженою в мікрометрах [24].

Не можна не відзначити що більшість відомих залежностей шорсткості поверхні від параметрів плоского шліфування периферією круга, є експериментально визначеними як для конкретних матеріалів, так і способу шліфування.

Найбільш сприятливий вплив на шорсткість з елементів режиму різання надає окружна швидкість шліфувального круга. У свою чергу на більш високих швидкостях різниця в зернистості круга в значно меншій мірі позначається на шорсткості шліфованої поверхні.

У процесі шліфування на поверхні загартованої деталі можна спостерігати ділянки зі зміненою структурою (припіки) у вигляді суцільного шару зміненої структури (що покриває всю оброблену поверхню) або окремих великих плям (окремих смуг і штрихів).

Припіки бувають видимі і невидимі неозброєним оком. Видимі припіки визначаються за кольорами мінливості, які є наслідком утворення оксидної плівки, товщина якої становить частки мікрометра [28]. Дані припіки утворюються в результаті наявності великих обсягів металу зі зміненою структурою. Невидимі ж припіки визначаються шляхом травлення в розчинах соляної або азотної кислоти.

Припіки діляться на два класи: припіки з відпуском і припіки з підгартовуванням. При температурі поверхні, що шліфується, що не перевищує критичну точку  $AC_1$ , виникають припіки з відпуском. Глибина припиків відпуску може досягати 3 ... 4 мм. Припіки з підгартовуванням виникають при розігріві поверхні, що шліфується вище температури фазових перетворень. Глибина підгартовуваного шару досягає 0,5 мм. Під гартованим шаром знаходиться зона відпуску [28].

В процесі прогріву поверхні, що шліфується вище точки  $AC_1$ , але при швидкості охолодження нижче критичної, проявляється опік неповної

гартування. Структура якого включає в себе верхній сильно опущений шар, що лежить на загартованому шарі, який в свою чергу, переходить знову в відпущений.

До припиків відносяться ще штрихові циклічні – що включають окремі ділянки зі зміненою структурою, що з'являються через певні відстані, пов'язано з вібрацією або дисбалансом шліфувального круга.

Крім припиків на поверхні деталі після шліфування можуть з'явитися дефекти іншого виду – тріщини. Високі миттєві температури і припики часто супроводжують шліфувальні тріщини, що знижують твердість і зносостійкість поверхневого шару деталі (рис. 3.3).

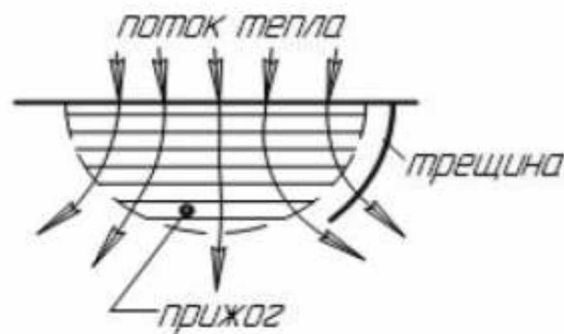


Рисунок 3.3 – Схема взаємного розташування припику і тріщини

Бувають випадки, коли при наявності сильних припиків тріщини не утворюються, тоді як слабкі припики можуть викликати їх. Велика ймовірність меншого впливу внутрішніх напружень наявні в деталі до шліфування, ніж напруги, що виникають при неправильному шліфуванні.

Використання високоефективних охолоджуючих рідин (ОР) сприяє отриманню більш якісних поверхонь деталей і підвищенню продуктивності. Правильність вибору схеми подачі ОР в зону контакту, істотно підвищує ефективність за рахунок більш високого відсотка відведення виділеної теплоти в процесі шліфування. В останні роки все більш широке застосування отримують напівсинтетичні і синтетичні рідини.

Найбільш поширеним і разом з тим найбільш трудомістким методом остаточної обробки деталей є механічне абразивне доведення, що дозволяє

отримувати шорсткості поверхні  $R_a = 0,04-0,02$  мкм і  $R_z = 0,1-0,025$  мкм (12-14-й клас) і відхилення від правильної геометричної форми оброблюваних поверхонь до  $0,1-0,3$  мкм. Експлуатаційна якість поверхні після абразивної доводки, як правило, може бути вище, ніж після тонкого шліфування, суперфініш або хонінгування.

Доведення деталей здійснюється на доводочних верстатах різних типів: однодискових з жорстким і фрикційним зв'язком між деталями і інструментом – притиром; дводискових плоскодоводочних верстатах – планетарних, ексцентрикових і ін.

Застосовується чотири методи абразивної суспензії, з нанесенням абразивної пасти на робочу поверхню притиру, притирами або плитами, шаржовані зернами паст, абразивними дисками.

Найбільш продуктивним методом є доведення деталей вільним абразивом в складі суспензії. Формоутворення відбувається в результаті взаємного абразивного зношування поверхонь деталі і інструменту – притирання, що здійснюють відносне переміщення. Процес доведення деталей може займати від декількох хвилин до декількох десятків хвилин. Процес доведення плоских поверхонь загартованих сталевих деталей алмазними пастами зазвичай займає 2-20 хвилин в залежності від припуску, що знімається, вимог до якості поверхні, умов і режимів доведення. Остаточне доведення циліндричних поверхонь деталей паливної апаратури на дводискових ексцентрикових верстатах займає 25-50 с. [29]

Визначальними факторами точності обробки деталей в умовах виробництва, особливо коли час доведення деталей набагато менше часу між двома правками притиру, є стан робочої поверхні притирання і кінематичний режим обробки.

Фактори, що визначають вихідні параметри (показники) процесу доведення: продуктивність, величина знімання матеріалу деталі і показники якості обробки (точність геометричної форми і розмірів обробленої поверхні деталі, мікро- і субмікро - геометрію поверхні і стан поверхневих шарів).

Процес доведення деталей здійснюється композиційним інструментом, що складається з трьох елементів: робочої поверхні притирання, абразивних зерен, робочої рідини суспензії (або неабразивної частини пасти), комплексно виконують одну основну функцію – видалення припуску на обробку з метою отримання необхідних розмірів деталі, форми обробленої поверхні і якості поверхневого шару.

Фізичною основою процесу доведення є процес абразивного зношування взаємодіючих твердих тіл: деталі, абразивних зерен і притирання.

Видалення припуску з деталі за своєю природою є стохастичним процесом – багаторазового і масового динамічного впливу на поверхневі шари деталі абразивних зерен.

При вирішенні більшості завдань формоутворення поверхонь деталей необхідно враховувати наявність якоїсь «перехідної» форми поверхні, відмінною від вихідної геометричної форми і отриманої в результаті природного процесу абразивного зношування, що відбувається за певним законом відповідно до обраних умовами і режимами доведення.

На практиці можна стабілізувати точність геометричної форми оброблених поверхонь деталей в часі при досягненні необхідної якості поверхневого шару обробленої деталі за двома принципово різними напрямками: відновлення (збереження) вихідної геометричної форми робочої поверхні притирання; пошук комплексу чинників процесу доведення, що забезпечують в будь-який момент часу для даного стану робочої поверхні притирання мінімальні відхилення від необхідної форми поверхні деталі, точності одержуваних розмірів.

Відновлення (збереження) робочої поверхні притирів безпосередньо в процесі доведення шляхом зміни кінематичних, геометричних, динамічних і технологічних чинників процесу доведення по методу вільного притирання:

1) застосування допоміжних засобів правки притиру (в процесі обробки правильними кільцями, спеціальними сепараторами і т.д.);

2) вибір і розрахунок кінематичних і геометричних факторів (розподіл деталей по зонам на блоці), розрахунок і вибір співвідношення кутових і лінійних швидкостей.

3) управління кінематичними, геометричними і динамічними чинниками (зміна закону розподілу тиску по зонам поверхні інструменту і т.д.);

4) циклічну зміну по величині й напрямку кутової (лінійної) швидкості ланок виконавчого механізму доводочного верстата (спосіб кінематичної правки);

5) циклічну зміну кінематичних і динамічних чинників процесу доведення (зміна за величиною і напрямком швидкості і тиску в часі);

6) управління шляхом спрямованості руху абразивної суспензії по поверхні притирання (поєднання кінематичних факторів і форми канавок для підведення абразиву);

7) вибір і розрахунок всього комплексу чинників процесу доведення, що дозволяють стабілізувати вихідну форму робочої поверхні притирання в часі.

У загальному випадку різноманіття явищ, що відбуваються при абразивній доведенні деталей, не дозволяє проводити поділ факторів на головні і другорядні і фактично такий розподіл є умовним.

### **3.2. Дослідження шорсткості поверхні при механічній обробці ущільнювального торця корпусу форсунки**

При пошуку оптимальних значень процесу механічного доведення ущільнювального торця корпусу форсунки, необхідно визначитися зі значенням вихідного показника, що відповідає необхідним експлуатаційним характеристикам досліджуваного процесу.

Найкращим з точки зору практики, це отримати тривимірний графік залежності вихідного параметра від режимних параметрів механічного

доведення вільним абразивом, вибір і сукупність яких забезпечував би необхідний рівень шорсткості (чистоти) поверхні при обробці.

Спираючись на вимоги керівних технічних вимог, нами прийняті значення чистоти поверхні (шорсткість) відповідно 10 класу (0,1мкм). Досягнення цього значення буде вважатися необхідним при визнанні режиму механічного доведення відповідним меті експерименту.

Результати значення шорсткості ущільнювальних торців корпусів форсунок, отримані в процесі проведення експерименту, представлені в додатку А. Отримані дані в процесі проведених експериментів оброблялися в програмі Statistica 10.

При визначенні оптимальних значень ставили за мету зниження тривалості доведення настільки, наскільки можливо при існуючих інтервалах варіювання режимних параметрів процесу.

За результатами проведених експериментів так само були побудовані графіки інтегральної залежності шорсткості ущільнювального торця корпусу форсунки від зернистості доводочної пасти, тривалості доведення, а також зусилля притиснення корпусу форсунки до притиру в процесі доведення на чавунному притирі (рис. 3.4, 3.5, 3.6).

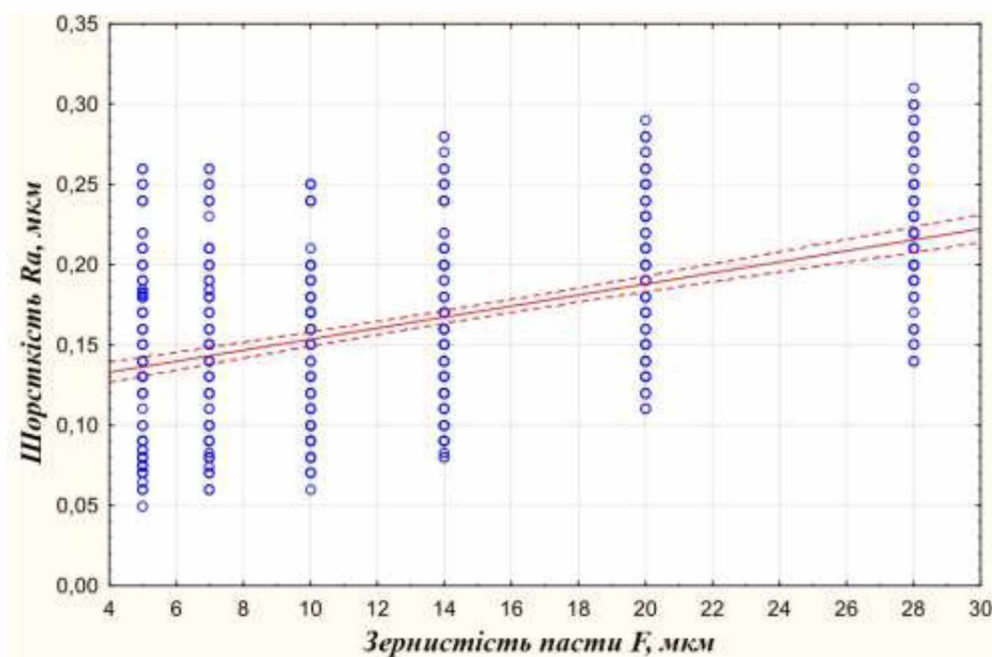


Рисунок 3.4 – Залежність шорсткості ущільнювального торця корпусу форсунки від зернистості доводочної пасти в процесі доведення на притирі

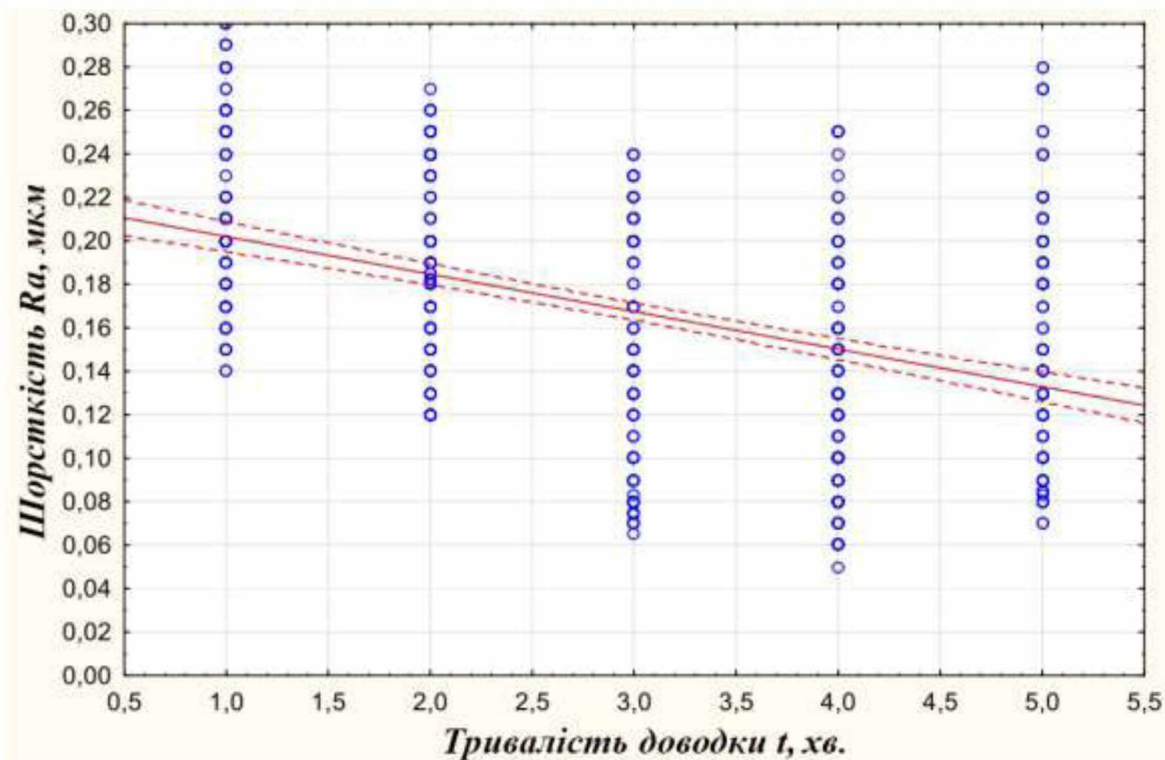


Рисунок 3.5 – Залежність шорсткості ущільнювального торця корпусу форсунки від тривалості процесу доведення на чавунному притирі

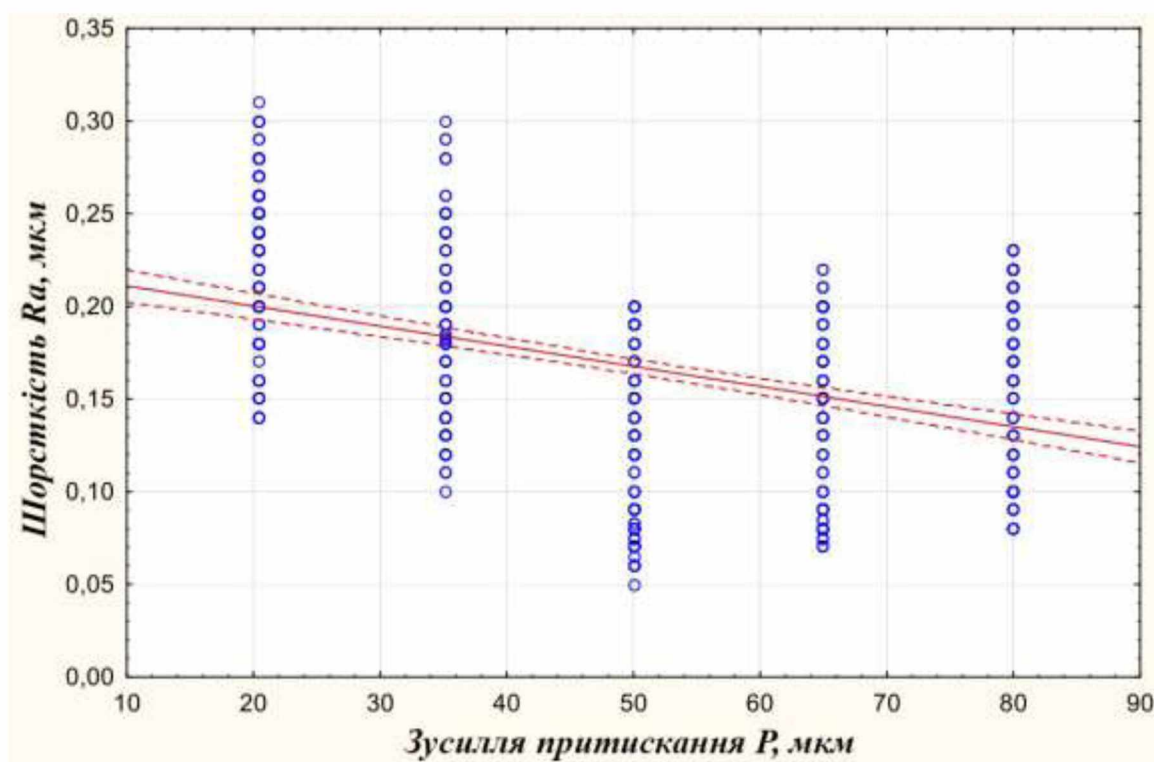


Рисунок 3.6 – Залежність шорсткості ущільнювального торця корпусу форсунки від зусилля притиснення корпусу форсунки до притиру в процесі доведення на чавунному притирі

В ході проведеного аналізу були визначені наступні оптимальні режимні параметри доведення корпусів форсунок на доводочному верстаті:

- зернистість доводочної пасти 7 мкм;
- зусилля притиснення корпусу форсунки до притиру 55 Н;
- тривалість доведення – 3,5 хв.

### 3.3. Аналіз результатів лабораторних і експлуатаційних досліджень

Оцінка впливу запропонованої технології на якісні і паливо економічні показники роботи форсунки, такі як тиск упрскування, обмеженість розпилування палива, герметичність, пропускна здатність, використовувалися стенди з діагностики та перевірки паливної апаратури дизельних двигунів.

Для проведення стендових випробувань була відібрана партія форсунок з 12 нових форсунок, потім у 6 форсунок були замінені корпуси на відновлені за відповідною технологією. Форсунки мали однакові характеристики по  $\mu f$ , гідрощільності, герметичності, якості розпилу.

Порівняльний аналіз пропускної здатності форсунок двигуна ЯМЗ з відновленими ущільнювальними торцями корпусу форсунки і нових, проведений на стенді КИ-15711М-01 «ГОСНИТИ» з встановленим паливним насосом високого тиску двигуна ЯМЗ-240, показав відповідність технічним вимогам і розбіжність становила трохи більше 5% (рис. 3.7).

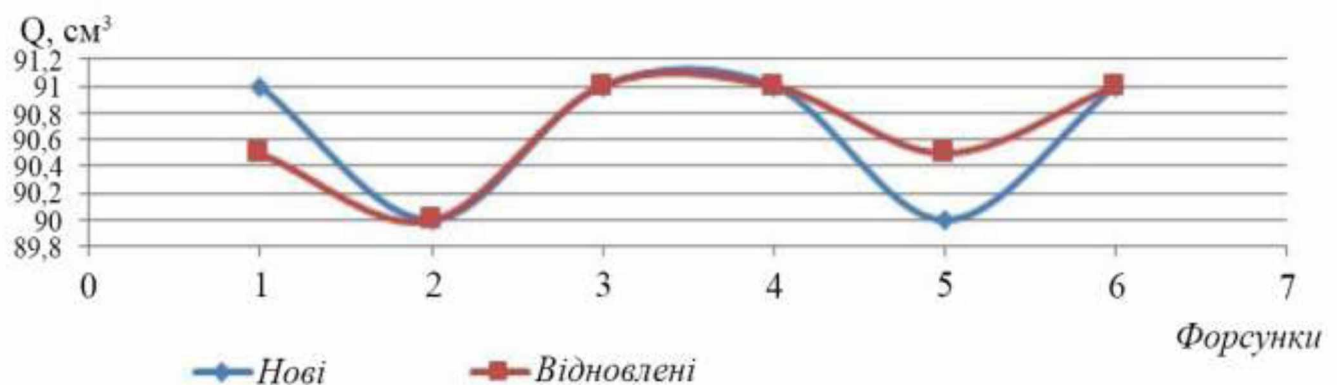


Рисунок 3.7 – Результати випробувань форсунок двигуна ЯМЗ на продуктивність

Для експлуатаційних випробувань були поставлені 12 форсунок на 4 трактори (ХТЗ-17221, МТЗ-1221.2). На кожному тракторі експериментальні форсунки встановлювалися через одну серійну.

Перед установкою був проведений мікрометраж ущільнювальних торців корпусів форсунок і зняті всі показники форсунок на стендах (тиск початку впорскування палива, гідрощільність, якість розпилювання палива, пропускна здатність, хід голки).

При напрацюванні 500 мото-год. (ТО-2), форсунки знімалися з двигунів і проходили процес перевірки, по ряду критеріїв:

- тиск початку впорскування, якості розпилу палива, а також на продуктивність (пропускну здатність).

- величина зносу ущільнювальних торців корпусів форсунок в місцях контакту з корпусом розпилювача і голки.

Аналіз величини зносів в місці удару заплічок голки розпилювача і кільцевої поверхні торця в місці контакту з корпусом розпилювача, нових форсунок і з відновленими ущільнювальними торцями корпусів проводився згідно п.2.2 розділу 2 Отримані результати в процесі експлуатаційних випробувань представлені на рис. 3.8 і 3.9.

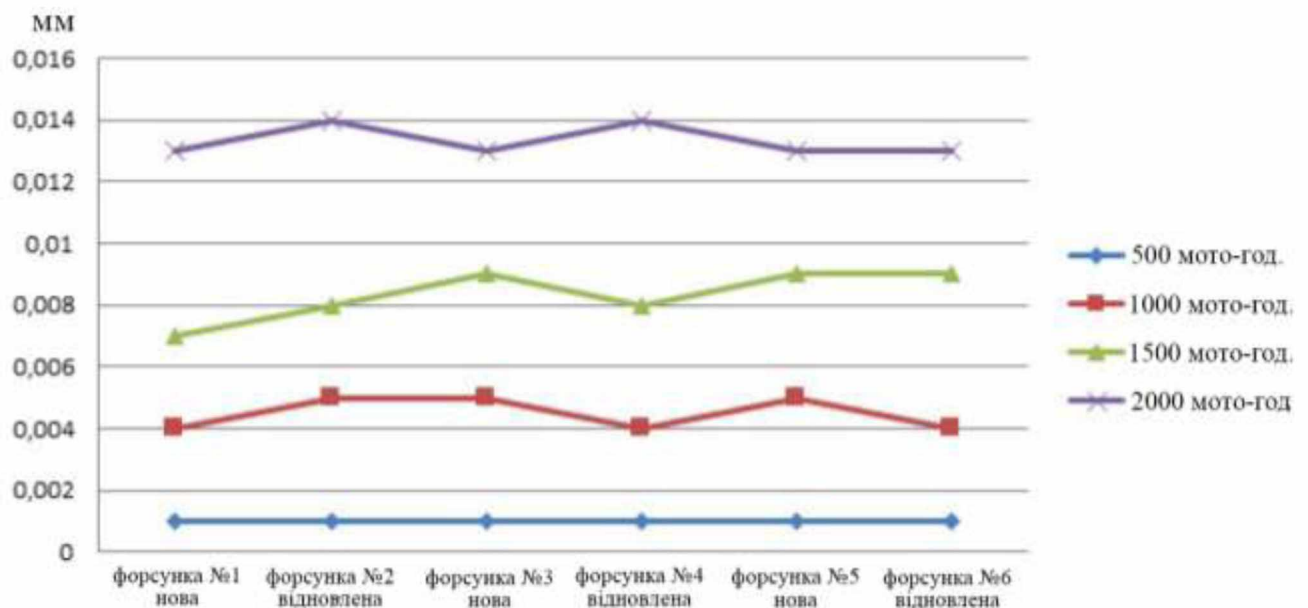


Рисунок 3.8 – Знос ущільнювальних торців корпусів форсунок в процесі напрацювання трактора ХТЗ-17221

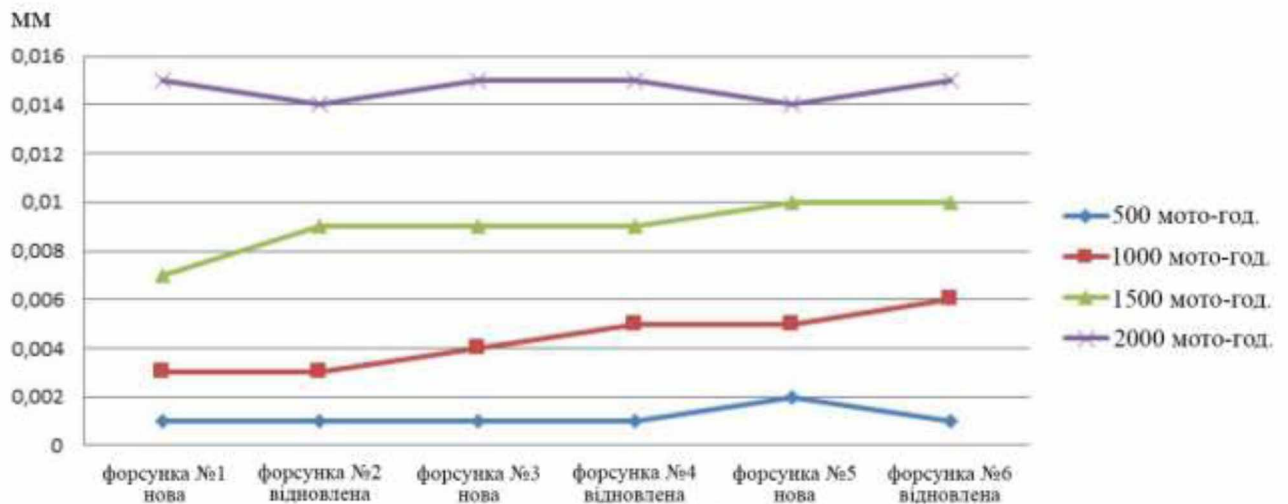


Рисунок 3.9 – Знос ущільнювальних торців корпусів форсунок в процесі напрацювання трактора МТЗ-1221.2

Дані отримані в процесі експлуатації форсунок, що беруть участь у випробуваннях, показали, що при ТО-2 (500 мото-год.) знос ущільнювальних торців форсунок не перевищує 0,001 мм у тракторів марок ХТЗ-17221, МТЗ-1221.2. При ТО-3 (1000 мото-год.) і до ПР (2000 мото-год.) спостерігається інтенсивність росту величини зносу корпусів форсунок, що беруть участь в експерименті.

Аналітичний і графічний аналіз отриманих даних в процесі експлуатації форсунок показав, що розбіжність інтенсивності зносу відновлених ущільнювальних торців корпусів форсунок і нових не перевищує 5% і лежить в інтервалі похибки вимірювального інструмента (0,001 мм).

## Висновки

1. В результаті теоретичних досліджень процесу плоского абразивного шліфування периферією круга визначені основні залежності режиму доведення і зернистості, що дозволяють знімати мінімальний шар матеріалу ущільнювальних торців корпусів форсунок з отриманням заданої шорсткості ( $R_a = 0,01 \text{ мкм}$ ).

2. Розглянуто основні фактори, що впливають на вихідні параметри доведення, що дозволили з'ясувати, що величина зносу притиру і деталі при постійній швидкості залежить від коефіцієнта інтенсивності зношування матеріалу елементарної площадки поверхні деталі і коефіцієнта, що залежить від динамічності навантаження системи.

3. В результаті експериментів були визначені наступні оптимальні параметри динамічних чинників: зусилля притиснення корпусу форсунки до притиру  $P = [50\sim60]$  Н; зернистість доводочної пасти  $F = [5\sim7]$  мкм; тривалість доведення  $t = [3\sim4]$  хв., при яких досягається шорсткість  $Ra \leq 0,01$  мкм, що відповідає технічним вимогам на ремонт форсунок.

4. При порівняльних лабораторних і експлуатаційних випробуваннях відновлених корпусів форсунок встановлено, що при напрацюванні до 500 мото-год. (ТО-2) знос корпусів форсунок практично не спостерігається, (знаходиться в інтервалі похибки вимірювального інструмента), а при напрацюванні більше 1000 мото-год. (ТО-3), спостерігається інтенсивне зростання величини зносу як відновлених, так і нових. Це в свою чергу підтверджує дослідження про вплив збільшення ходу голки розпилювача на інтенсивність зносу.

## РОЗДІЛ 4

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

#### 4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Проведений аналіз дозволяє розробити рекомендації по забезпеченню екологічної стійкості підприємства, а також план ліквідації аварійних ситуацій і витоків нафтопродуктів, в який включають об'єкти і території, що підлягають особливому захисту від забруднень (водозабори, житлові масиви, зони відпочинку).

Повинна бути встановлена (обґрунтована) категорія екологічної небезпеки об'єкту. Для цього встановлюють структуру викидів і скидань забруднюючих речовин при експлуатації технологічного устаткування. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок «пріоритетного» викиду шкідливих речовин.

Викид шкідливих речовин, що виділяються від технологічного устаткування при виконанні операції, розраховують за формулою:

$$M_i = 10^{-6} q_i \cdot B, \quad (4.1)$$

де  $M_i$  – валовий викид шкідливої речовини, т/год.;

$q_i$  – питомий показник викидів  $i$ -го речовини, г/кг (табл. 4.1...4.5);

$B$  – кількість матеріалу, витраченого за рік, кг.

Таблиця 4.1 – Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах % до маси

Умови роботи двигуна	Дизельні двигуни			Карбюраторні	
	Оксид вуглецю	Оксид азоту	Альдегіди	Оксид вуглецю	Аерозолі свинцю
Розігрів у приміщенні	0,071	0,007	0,510	6,0	0,0025
Рух в приміщенні	0,054	0,009	0,037	4,0	0,0018
В'їзд до приміщення і постановка на місце	0,035	0,005	0,022	2,0	0,0010

Таблиця 4.2 – Питомі виділення шкідливих речовин при зварюванні (наплавленні) металів (г на 1 кг електродів)

Марка електроду	Тверді частинки				Шкідливі гази		
	Зварювальні аерозолі	Зокрема			Фтористий водень	Оксиди азоту	Оксид вуглецю
		оксиди марганцю	оксиди хрому	фториди			
УОНІ-	14,0	0,51	-	1,40	1,00	-	-
УОНІ-	18,6	0,97	-	2,60	0,93	-	-
ЕА-60В/11	11,0	0,68	0,60	-	0,004	1,30	1,40
АНО-3	17,8	1,85	-	-	-	-	-
АНО-5	14,0	1,87	-	-	-	-	-
АНО-9	16,0	0,90	-	1,13	0,47	-	-
ОМА-2	9,2	0,83	-	-	-	-	-
ЦЧ-4	13,8	0,43	-	-	1,87	-	-
ОЗЧ-1	14,7	0,47	-	-	1,65	-	-
ОЗЧ-3	14,0	0,49	0,18	-	1,97	-	-
МНЧ-2	20,4	0,92	-	-	1,34	-	-
Т-590	45,5	-	3,70	-	-	-	-

Підприємство вважається таким, що не надає шкідливої дії на атмосферне повітря, якщо жодне з джерел викидів не потрапляє в категорію небезпечних:

$$M / ГДК \geq \Phi , \quad (4.2)$$

де  $M$  – максимальна величина викиду шкідливої речовини в атмосферу, кг/с;

$ГДК$  – гранично допустима максимально разова концентрація, мг/м<sup>3</sup>;

$\Phi$  – величина, що характеризує умовну витрату повітря, необхідного для розбавлення шкідливої речовини, що поступає в атмосферу, до ГДК, м<sup>3</sup>/с.

Таблиця 4.3 – Виділення шкідливих речовин при газовому різанні металів

Матеріал	Товщина, мм	Зварювальний аерозоль				Гази			
		г/1 м різки	г/год.	зокрема		Оксид вуглецю		Оксид азоту	
				окисел марганцю, г/год.	окисел хрому, г/год.	г/1 м різки	г/год.	г/1 м різки	г/год.
Сталь вуглецева	5	2,25	74,0	2,31	-	1,50	49,5	1,18	39,0
	10	4,50	131,0	3,79	-	2,18	63,4	2,20	64,1
	20	9,0	200,0	6,00	-	2,93	65,0	2,40	53,2
Сталь легована	5	2,50	82,5	-	3,96	1,30	42,9	1,02	33,6
	10	5,00	145,0	-	6,68	1,90	55,9	1,49	43,4
	20	10,00	222,0	-	10,35	2,60	57,2	2,02	40,9

Таблиця 4.4 – Питоме виділення забруднень на ділянках

Вид виконуваних робіт	Вживані речовини і матеріали	Забруднююча речовина	
		найменування	питома кількість, г/кг
Паяння паяльником	Припої ПОС-30, ПОС-40, ПОС-60, ПОС-70	Свинець оксиди олова	0,51 0,28
Приготування, нанесення і сушка клею	Технічний каучук, бензин	Бензин	900
Вулканізація покришок	Протекторна і прошарована гума	Сірчистий ангідрид, дивініл, ізопрен	0,0054 0,0213 0,0162
Вулканізація камер	Вулканізована гума	Сірчистий ангідрид	0,0054
Випробування паливних насосів	Дизельне паливо	Вуглеводні	317
Перевірка форсунок	-	-	788

Таблиця 4.5 – Питомі виділення забруднюючих речовин при митті

Миючий засіб	Концентрація, г/л	Температура, °С	Забруднююча речовина	Питома кількість, г/(с·м <sup>2</sup> )
Синтетичні миючі засоби	10...20	75...90	Натрію карбонат	0,0016
Каустична	10...15	90	Натрію гідроксид	0,0550
Гас	-	-	Вуглеводні	0,0433

Таблиця 4.6 – Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в повітрі

Найменування речовини	Клас небезпеки	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ГДК <sub>с.о.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Агрегатний стан
Ацетон	4	200	0,35	0,35	<i>n</i>
Аерозоль зварювальний	3		0,5	0,15	<i>a</i>
Аерозоль фарбовий	3		0,5	0,15	<i>a</i>
Бензин (розчинник)	4	300	5,0	1,5	<i>n</i>
Бензин (паливо)	4	100	5,0	1,5	<i>n</i>
Бензол	2	5,0	-	-	<i>n</i>
Гас	4	300	-	-	<i>n</i>
Кислота сірчана	2	1,0	-	-	<i>n</i>
Кислота соляна	2	5,0	-	-	<i>n</i>
Ксилол	3	50	0,2	0,2	<i>n</i>
Марганець і його	2	0,05	0,01	0,001	<i>a</i>
Масло мінеральне	3	5,0	-	-	<i>a</i>
Оксид азоту	2	5,0	0,085	0,04	<i>n</i>
Оксиди олова	3	0,6	0,02	-	<i>a</i>
Свинець і його з'єднання	1	0,01	0,0003	-	<i>a</i>
Сірководень	2	10,0	0,008	0,1	<i>n</i>
Спирт бутиловий	3	10,0	0,1	0,1	<i>n</i>
Спирт метиловий	3	5,0	-	-	<i>n</i>
Спирт етиловий	3	1000	5,0	5,0	<i>n</i>
Стирол	4	5,0	0,04	0,002	<i>n</i>
Толуол	3	50	0,6	0,6	<i>n</i>
Уайт-спирит	4	300	-	-	<i>n</i>
Оксид вуглецю	4	20	5,0	30	<i>n</i>
Фтористий водень	1	0,5	0,5	-	<i>n</i>
Етилацетат	4	200	0,1	0,1	<i>n</i>

Якщо середня по підприємству висота джерел викидів даної речовини  $H \leq 10$  м,  $\Phi = 0,1$  мЗ/с; при  $H > 10$  м –  $\Phi = 0,01H$ .

Для визначення категорії небезпеки підприємства ( $KHP$ ) використовують дані про викиди в атмосферу забруднюючих речовин:

$$KHP = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}, \quad (4.3)$$

де  $M_i$  – маса викиду  $i$ -го речовини, т/год.;

$ПДК_i$  – середньодобова гранично допустима концентрація  $i$ -го речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$n$  – кількість забруднюючих речовин;

$a_i$  – безрозмірна константа, що дозволяє співвіднести ступінь шкідливості  $i$ -го речовини з шкідливістю сірчистого газу (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Значення  $a_i$  для шкідливих речовин

Константа	Клас небезпеки речовини			
	1	2	3	4
$a_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значення  $KHP$  розраховують за умови, коли  $M_i / ПДК_i > 1$ . По величині  $KHP$  всі підприємства діляться на чотири категорії небезпеки (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 – Граничні умови для визначення категорії небезпеки підприємства

Категорія небезпеки	Значення $KHP$
1	$KHP \geq 106$
2	$104 \leq KHP < 106$
3	$103 \leq KHP < 104$
4	$KHP < 103$

Залежно від категорії небезпеки вводиться періодичність звітності в системі державного обліку викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Найбільша ефективність в захисті повітряного середовища від забруднюючих викидів досягається при поєднанні заходів щодо вдосконалення технологічних процесів, газоочищення, забезпечення загальних санітарно-гігієнічних вимог і правильних об'ємно-планувальних рішень.

Екологічні порушення караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища; порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної

експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;

- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;
- державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи Міністерство екології та природних ресурсів України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної інспекції.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво.

#### **4.2. Охорона праці та безпека з надзвичайної ситуації**

Охорона праці включає техніку безпеки, що запобігає травматизму, і виробничій санітарії, перешкоджає виникненню захворювань із-за дії шкідливих чинників. Впровадження раціонального комплексу заходів, направлених на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20% [36]. Структура комплексу заходів наступна.

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу на підприємстві.

2. Розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

3. Розробка вимог (інструкцій) з охорони праці при роботі на технологічному (модернізованому) обладнанні або при використанні запропонованого пристосування.

4. Аналіз і оцінка пожежної безпеки підприємства, організація пожежної профілактики (визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці, ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування первинних засобів і витрати води для гасіння пожежі).

Аналіз стану охорони праці. Його проводять так, щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці.

При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтно-обслуговуючих робіт враховують наступне:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;
- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;
- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;
- відповідність будівлі ремонтно-обслуговуючого підприємства (приміщення виробничої ділянки) вимогам санітарних і будівельних норм і правил;
- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;

- дотримання вимог безпеки при використанні обладнання, вантажопідійомних машин і судин, що працюють під тиском;
- динаміку травматизму і захворюваності;
- санітарно-побутові умови працівників;
- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів пожежній небезпеці, наявність і готовність первинних і технічних засобів пожежогасіння, дотримання вимог пожежної безпеки, наявність і стан грозозахисних пристроїв і т. п.).

Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу. Вони повинні бути конкретними.

Заходами передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації (наймача) з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охорони праці;
- вдосконалення системи навчання працівників охорони праці відповідно до нормативних документів;
- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;
- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;
- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;
- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;
- створення нормального повітряного середовища за рахунок вентиляції і опалювання;
- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;
- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;

- забезпечення пожежної безпеки;
- створення необхідних санітарно-побутових умов для працівників підприємства.

Для розробки вимог безпеки (інструкції) з охорони праці при експлуатації існуючого, проектного або модернізованого устаткування (приспосовування) необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи, небезпечні зони, а потім описати методи їх ліквідації. Необхідно також обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

Для забезпечення безпечної експлуатації і обслуговування проектного устаткування передбачають захисні засоби, блокуючі і гальмівні пристрої, засоби сигналізації, захист від враження електричним струмом і ін. Робоче місце оператора організують з урахуванням вимог ергономіки.

Крім того, при необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на проектному обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

Визначення кількості шкідливих виділень у виробничих приміщеннях. Деякі технологічні процеси, що виконуються на ремонтно-обслуговуючих підприємствах, характеризуються виділенням різних забруднень. Тому при проектуванні підприємств в приміщеннях передбачають природну, механічну або змішану вентиляцію. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відносну вологість повітря, концентрацію в нім газів, шкідливих виділень в межах, що не перевищують допустимі норми. Якщо виділення забруднень відбувається на окремому технологічному обладнанні (на столі для зварювальних робіт, в наплавлювальній установці, гальванічній ванні і т.д.), влаштовують місцеву вентиляцію у вигляді парасольок, відкосів і т.п. При розсіяному виділенні забруднень в приміщенні передбачають загальнообмінну вентиляцію.

Розрахунок вентиляційних систем проводять виходячи з інтенсивності забруднення повітря. Кількість виділень, що забруднюють повітря в приміщенні, визначають по кожному джерелу. У виробничих приміщеннях до основних забруднень відносяться: відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання; гази і аерозолі, що утворюються в процесі зварки, наплавлення, паяння; випаровування миючих розчинів, розчинників емалей і лаків, охолоджуючих рідин, електроліту та ін.

### **4.3. Техніко-економічне обґрунтування ефективності відновлення ущільнювальних торців корпусів форсунок**

Техніко-економічні показники запропонованого відновлення деталей сільськогосподарської техніки механічною обробкою дають можливість оцінити доцільність і ефективність проведення організаційно-технічних заходів при впровадженні даного способу у виробництво.

Техніко-економічна оцінка ефективності методу відновлення корпусів форсунок механічною обробкою виконана у відповідності до рекомендацій [29].

Річний економічний ефект від впровадження розробленої технології відновлення корпусів форсунок дизельних двигунів визначали за формулою:

$$E = [(c_1 + E_n k_1) - (c_2 + E_n k_2)] B_T, \quad (4.13)$$

де  $c_1$  і  $c_2$  – собівартість нового та відновленого комплексу корпусів форсунок;

$E_n = 0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень [29];

$k_1 = k_2 = 315$  – питомі капітальні вкладення на придбання технологічного обладнання, грн.;

$V_T$  – річна програма відновлення за розробленою технологією, шт.

Устаткування дільниці складається з двох комплектів, в які входять: плоскошліфувальний верстат моделі ЗГ71, за умови його придбання його вартість в даний час за ринковими цінами становить 98000 грн. Тоді балансова вартість верстата ЗГ71 складе  $98000 \cdot (1 + 0,1) = 107800$  грн.; вертикально-доводочний верстат, його вартість за ринковими цінами становить 138000 грн. Балансова вартість верстата ЗЕ814 складе:  $138000 \cdot (1 + 0,1) = 151800$  грн.

Загальна вартість обладнання становить:

$$C_{об.} = 107800 + 151800 = 259600 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості відновлення корпусів форсунок виконували по елементам затрат по наступній формулі:

$$C = C_{з.н.} + C_M + C_e + C_a + C_{об} + C_{н.р.}, \quad (4.14)$$

де  $C_{з.н.}$  – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на операціях, що пов'язані із обробкою, грн.;

$C_M$  – витрати на використанні при відновленні матеріали, грн.;

$C_e$  – затрати на електроенергію, грн.;

$C_a$  – затрати на амортизацію обладнання, грн.;

$C_{об}$  – затрати на утримання і ремонт обладнання і оснастки, грн.;

$C_{н.р.}$  – накладні витрати, грн.

Собівартість одного нового комплекту форсунок на один двигун на вересень 2018 року склала  $C_1 = 2418$  грн., а відновленого  $C_2 = 587$  грн.

Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої технології складе:

$$E = [(2418 + 0,15 \cdot 315) - (587 + 0,15 \cdot 315)] \cdot 100 = 183100 \text{ грн.,}$$

де 100 – річний обсяг відновлення комплектів форсунок.

Економічний ефект на одиницю продукції становить 1831 грн.

Основні показники техніко-економічної ефективності відновлення корпусів форсунок наведені в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Показники техніко-економічної ефективності

Показники економічної ефективності	Значення показників	
	існуюча технологія виготовлення	розроблена технологія відновлення
1. Річний обсяг відновлення, шт.	100	100
2. Собівартість відновлення одного комплекту корпусів форсунок, грн.	2418	587
3. Питомі капітальні вкладення, грн.	315	
4. Річний економічний ефект, грн.		183100
5. Економічний ефект на одиницю продукції, грн.		1831

### Висновки

1. Вартість відновлення одного комплекту корпусів форсунок дизельних двигунів в 4 рази нижча ніж вартості нового.

2. Економічний ефект від впровадження запропонованої технології склав 183100 грн. при річному обсязі відновлення 100 шт.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз досліджень показав, що застосовані на даний момент способи відновлення ущільнювальних торців корпусів форсунок дуже трудомісткі і малопродуктивні, а також супроводжуються зняттям великого шару металу, що в свою чергу знижує якість і ресурс.

2. При дефектації корпусів форсунок необхідно їх розділити на 4 розмірні групи за величиною зносу: *I* група – [0~0,02] мм; *II* група – [0,02~0,04] мм. *III* група – [0,04~0,05] мм; *IV* група – більше 0,05 мм. Це дозволить мінімізувати величину шару металу, що знімається, тим самим підвищити повний ресурс деталей.

3. В результаті експериментів були визначені наступні оптимальні параметри динамічних чинників: зусилля притиснення корпусу форсунки до притиру  $P = [50\sim60]$  Н; зернистість доводочної пасти  $F = [5\sim7]$  мкм; тривалість доведення  $t = [3\sim4]$  хв., при яких досягається шорсткість  $Ra \leq 0,01$  мкм, що відповідає технічним вимогам на ремонт форсунок.

4. При порівняльних лабораторних і експлуатаційних випробуваннях відновлених корпусів форсунок встановлено, що при напрацюванні до 500 мото-год. (ТО-2) знос корпусів форсунок практично не спостерігається, (знаходиться в інтервалі похибки вимірювального інструмента), а при напрацюванні більше 1000 мото-год. (ТО-3) спостерігається інтенсивне зростання величини зносу як відновлених, так і нових. Це в свою чергу підтверджує дослідження про вплив збільшення ходу голки розпилювача на інтенсивність зносу.

5. Економічний ефект від впровадження запропонованої технології склав 183100 грн. при річному обсязі відновлення 100 комплектів форсунок.