

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

01.12 - КМР.2401-Є” 2023.12.29.015 ПЗ

**РАДЬКА АНДРІЯ АНДРІЙОВИЧА**

**2024 р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

## Факультет конструювання та дизайну

УДК 621.373.02 – 043.96  
ПОГОДЖЕНО

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО  
ЗАХИСТУ

Декан  
Факультету конструювання та дизайну  
(назва факультету (ННІ))

Завідувач кафедри  
Надійності техніки  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ Ружи́ло З.В.

\_\_\_\_\_ Нови́цький

А.В.

(підпис)

(ПІБ)

(підпис)

(ПІБ)

— ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

— ” \_\_\_\_\_ 2024\_р.

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему „Дослідження технічного стану деталей циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму двигуна ЯМЗ-238 трактора ХТЗ-181 та розробка технологічного процесу відновлення”

Спеціальність \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування»  
(код і назва)

Освітня програма «Технічний сервіс машин та обладнання сільськогосподарського виробництва»

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

### Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент \_\_\_\_\_ Нови́цький А.В.

### Керівники магістерської роботи

\_\_\_\_\_ К.Т.Н., доц. \_\_\_\_\_ Ревенко Ю.І.  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ СТ.ВИКЛ. \_\_\_\_\_ Сиволапов В.А.  
(підпис) (ПІБ)

### Виконав

\_\_\_\_\_ Радько А.А.  
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет \_\_\_\_\_ конструювання та дизайну \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри надійності техніки**

\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Новицький А.В.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
— ” \_\_\_\_\_ 2023\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ Радьку Андрію Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність \_\_\_\_\_ «Галузеве машинобудування» \_\_\_\_\_  
(код і назва)

Освітня програма «Технічний сервіс машин та обладнання  
сільськогосподарського виробництва »

Освітня програма \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи **„ Дослідження технічного стану деталей  
циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму  
двигуна ЯМЗ-238 трактора ХТЗ-181 та розробка технологічного процесу  
відновлення” ”**

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 29”12.2023 р. № 2401«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_ 30.11.2024 р. \_\_\_\_\_

Вихідні дані до магістерської роботи 1. Аналітичний огляд конструкції  
двигунів ЯМЗ-238. 2. Технічна характеристика двигуна ЯМЗ-238. 3. Каталоги  
ремонтно-технологічного обладнання. 4. Технічні вимоги на ремонт двигунів  
ЯМЗ-238.

Перелік питань, що підлягають дослідженню: Реферат. Вступ. 1. Стан  
питання та формування задач на дослідження. 2. Аналіз сучасних технологій  
відновлення деталей. 3. Обґрунтування граничних та допустимих при

ремонті розмірів механізмів двигунів ЯМЗ-238. 4. Дослідження технічного стану вибраних деталей. 5. Технологічний процес відновлення роботоздатності циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму двигунів ЯМЗ-238. 6. Охорона праці. 7. Техніко-економічне обґрунтування роботи. Висновки. Літературні джерела. Додатки.

Перелік графічного матеріалу (за потреби) 1. Аналіз конструкції кривошипно-шатунного механізму. 2. Можливі несправності циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму, способи виявлення та усунення. 3. Діагностування циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму 4. Розбирання циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму. 5. Схема кривошипно-шатунного механізму і його розмірний ланцюг. 6. Ремонтне креслення . 7.Маршрутна карта. 8. Обкатка і випробовування двигуна ЯМЗ-238КМ. 9. Охорона праці. 10. Техніко-економічна ефективність. Висновки.

Дата видачі завдання –30” листопада 2023 р.

Керівники магістерської роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Ревенко Ю.І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Сиволапов В.А

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Радько А.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали студента)

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: „Дослідження технічного стану деталей циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму двигуна ЯМЗ-238 трактора ХТЗ-181 та розробка технологічного процесу відновлення”.

Роботу викладено на 123 стор., 29 рис., 23 табл., 1 додаток, використано 26 джерел літератури.

Магістерська робота присвячена дослідженню пошкоджень деталей та розробці технологічного процесу відновлення циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму ЯМЗ-238 та удосконаленню технології відновлення його роботоздатності.

В першому розділі пояснювальної записки наведено аналіз конструкції та принцип роботи двигунів ЯМЗ-238, причини відмов та несправності.

В другому розділі представлено дослідження основних пошкоджень деталей та встановлено їх параметри.

В третьому розділі проведено статистичний аналіз характеристик імовірної появи пошкоджень із визначенням коефіцієнтів відновлення, вибракування та придатності. Проаналізувано стан сучасних технологій відновлення роботоздатності коробки передач тракторів. Вибрано технологію відновлення циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму двигунів ЯМЗ-238.

В четвертому розділі зроблено аналіз виробничих небезпек та розробити заходи по забезпечення безпечних умов роботи на ділянці з відновлення роботоздатності двигунів ЯМЗ-238.

В п'ятому розділі розраховано техніко-економічні показники технології відновлення роботоздатності двигунів ЯМЗ-238.

Ключові слова: ДВИГУН, ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВА ГРУПА, КРИВОШИПНО-ШАТУННИЙ МЕХАНІЗМ, ДЕФЕКТИ, ДОПУСТИМІ ТА ГРАНИЧНІ РОЗМІРИ, ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ, ДЕФЕКТАЦІЯ, РЕГУЛЮВАННЯ

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

АПК - агропромисловий комплекс;

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

МТП - машинно-тракторний парк.

МО – механічна обробка

ППС – планово-попереджувальна система

БП – безпека праці;

ТЕП – техніко-економічні показники

## ЗМІСТ

	Стор
<b>РЕФЕРАТ</b>	
<b>ВСТУП</b>	8
<b>РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЗАДАЧ НА ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	12
1.1. Несправності двигунів і причини їх виникнення	12
1.2. Основні напрямки досліджень двигунів та їх елементів під час експлуатації та ремонту	16
1.3. Аналіз роботоздатності кривошипно-шатунного механізму	20
1.4. Задачі магістерської роботи.	24
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ</b>	25
2.1. Колінчатий вал	25
2.2. Шатуни	43
2.3. Вкладиші корінних і шатунних підшипників.	49
2.4. Блок циліндрів	59
<b>РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ ТА УСУНЕННЯ</b>	74
3.1. Пошкодження блок-картера та способи їх виявлення, прилади та оснащення	74
3.2. Пошкодження шатунів та способи їх виявлення, прилади та оснащення	77
3.3. Пошкодження вала колінчастого та способи їх виявлення, прилади та оснащення	82
3.5. Дослідження ремонтного фонду поршнів двигуна ЯМЗ-238.	88

3.6. Технологічний процес відновлення гільз циліндрів термопластичним деформуванням (ТПД)	92
<b>РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ГРАНИЧНИХ ТА ДОПУСТИМИХ ПРИ РЕМОНТІ РОЗМІРІВ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ ЯМЗ</b>	108
<b>РОЗДІЛ 5. СКЛАДАННЯ ТА ОБКАТУВАННЯ ДВИГУНА</b>	121
5.1. Вимоги до відремонтованих деталей і складальних одиниць	121
5.2. Технологія складання та обкатування двигуна	123
<b>РОЗДІЛ 6. ЗАХОДИ ПО ОХОРОНІ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b>	124
<b>РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ</b>	128
7.1. Визначення капіталовкладень в основні фонди	128
7.2. Розрахунок фонду заробітної плати	129
7.3. Розрахунок цехових затрат	130
7.4. Розрахунок собівартості відновлення	131
7.5. Техніко-економічні показники	132
<b>ВИСНОВКИ</b>	134
<b>ЛІТЕРАТУРА.</b>	135

## ВСТУП

При експлуатації машини піддаються різним зовнішнім впливам, під впливом яких їхня надійність знижується через появу несправностей. Внаслідок цього робочі процеси в машинах або порушуються, або стають неможливими. Підтримка та відновлення справності чи працездатності машини (виробу) досягається її технічним обслуговуванням та ремонтом.

У аграрному виробництві, як і в інших галузях, діє система технічного обслуговування та ремонту машин. Цю систему часто називають планово-попереджувальним ремонтом (ППР).

Система планово-попереджувального технічного обслуговування та ремонту є комплексом організаційно-технічних заходів, що проводяться в плановому порядку для забезпечення працездатності та справності машин протягом усього терміну їх служби при дотриманні заданих умов і режимів експлуатації. Технічне обслуговування машин спрямоване на попередження передчасного наднормативного зносу деталей і сполучень шляхом своєчасного проведення регулювальних робіт, мастила машин, виявлення дефектів, що виникають, і усунення їх. Ремонт машин — це комплекс робіт з усунення несправностей машин (або окремих елементів) з метою відновлення їх працездатності.

Ремонт машин поділяють на поточний та капітальний. Поточний ремонт відрізняється від капітального складом та обсягом робіт, а також періодичністю їх виконання.

Поточним називається такий вид ремонту, при якому роблять часткове розбирання машини, встановлюють несправності в агрегатах і вузлах і замінюють окремі агрегати, вузли та деталі (крім базових) новими або заздалегідь відремонтованими. Поточний ремонт повинен забезпечувати гарантовану працездатність машини до планового ремонту.

Капітальним називається такий вид ремонту, при якому забезпечується справність та повний або близький до повного ресурс машини шляхом відновлення та заміни складальних одиниць (вузлів, агрегатів) та деталей,

включаючи базові. При капітальному ремонті відновлюють усі початкові посадки у сполученнях відповідно до технічних умов на ремонт. Після капітального ремонту основні складові частини машини (двигун, коробку передач та ін.) і машину в цілому піддають обкатці, регулюванню, випробуванням та фарбуванню.

Крім поточного та капітального розрізняють ремонти: аварій- н ий, що виконується поза системою ППР і призначений для усунення наслідків аварії; відновлювальний, здійснюваний за спеціальним дозволом вищих організацій. При відновлювальному ремонті машина часто піддається модернізації.

У системі технічного обслуговування та ремонту прийняті слі- поняття: ремонтний цикл - час роботи машини у годинах напрацювання від початку її експлуатації до першого капітального ремонту або час між двома черговими капітальними ремонтами; періодичність ремонтів або тех- нічних обслуговувань — час роботи машини в ча- сах між двома однойменними ремонтами або технічними обслуговуваннями; структура міжремонтного цик- ла — кількість, періодичність та послідовність виконання всіх видів ремонту та технічного обслуговування за ремонтний цикл. Розроблено рекомендації з організації технічного обслуговування та ремонту машин. Ці рекомендації містять, зокрема, показники періодичності, трудомісткості та тривалості технічного обслуговування та ремонту різних машин.

Система планово-попереджувального технічного обслуговування та ремонту машин реалізується шляхом розробки річних планів технічного обслуговування та ремонту, розробки та здійснення здійснення організаційно-технічних заходів, забезпеч- виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту у встановлені планом терміни, організації систематично- ського обліку напрацювання машин.

Організаційні форми капітального ремонту машин Капітальним ремонтом машин та їх агрегатів займаються в основному ремонтно-механічні

заводи. За ступенем спеціалізації вирізняють універсальні та спеціалізовані ремонтні заводи.

Прогресивною формою організації ремонту машин є агрегатний вузловий метод. Сутність його полягає в тому, що зняті з машини агрегати і вузли направляють у ремонт, а замість них встановлюють агрегати та вузли, раніше відремонтовані або нові, які одержують зі складу оборотних фондів.

При цьому знятий агрегат (вузол) ремонтують без урахування приналежності до тієї чи іншої машини і після ремонту здають в знеособленому вигляді на склад оборотного фонду. Такий ремонт називають знеособленим. Агрегатно-вузловий метод дозволяє скоротити на 50-60% тривалість ремонту, підвищити його якість та знизити вартість. На основі агрегатно-вузлового методу виконують також капітальний ремонт машин у ремонтно-механічних майстернях. Стаціонарні ремонтно-механічні майстерні, ділянки для технічного обслуговування, стоянки машин, склади та інші приміщення. За достатньої програми ремонтного заводу агрегатно-вузловий метод може бути поєднаний з потоковим методом роботи, починаючи з миття машин і закінчуючи загальним складанням, випробуваннями.

При поточковому способі ремонту виробничий процес розчленовується на окремі етапи. Обсяг робіт на окремих етапах підбирається таким чином, щоб тривалість кожного етапу дорівнювала або кратна такту потокової лінії загальної збірки. Розбирання машини, складання вузлів і загальне складання машини зазвичай виконують на рухомих стендах, і лише великогабаритні машини розбирають і збирають на нерухомих стендах, але з дотриманням поточкового методу роботи. Поточний метод забезпечує високу продуктивність, ритмічність та якість ремонту завдяки механізації та автоматизації виробничого процесу, спеціалізації обладнання та виробничих робітників.

Ефективне виконання усіх видів ремонтних робіт і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки із застосуванням

прогресивних технологій може бути забезпечене широко розвинутою системою наукових, виробничих та інших структур. Тому необхідно створювати та постійно удосконалювати ремонтно-обслуговуючі бази сільського господарства.

Двигуни ЯМЗ-238 різних модифікацій широко використовуються в с.г. машинах. Наприклад ЯМЗ-238 БК - в універсальному енергозасобі «Полісся-280», ЯМЗ-238 КМ в тракторах ХТЗ-181 та інших.

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЗАДАЧ НА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Несправності двигунів і причини їх виникнення.

Вихідні властивості машин і їх складальних одиниць (агрегатів) закладаються при проектуванні, забезпечуються при виготовленні, підтримуються при експлуатації машин і відновлюються при ремонті. Можна виділити три джерела впливів на машину в процесі її використання:

- дію енергії навколишнього середовища, включаючи людину, керуючого машиною і виконує технічне обслуговування і ремонт;
- внутрішні джерела енергії, пов'язані з робочими процесами, що протікають в машині;
- потенційну енергію, накопичену в деталях машин в процесі їх виготовлення або ремонту (внутрішні остаточні напруги в відливках, напруги, що виникають при відновленні зношених деталей, особливо зварюванням і різними видами наплавки та ін.)

Всі джерела впливу на машину проявляються у вигляді механічної, теплової, хімічної енергій і викликають в матеріалі деталей незворотні процеси, які приводять до появи відмов і несправностей.

Характеристика шкідливих процесів, що викликають втрату працездатності машини.

При експлуатації машин процеси, що викликають пошкодження та руйнування деталей, називають шкідливими. Ушкодження деталі - це часткова втрата нею службових властивостей. Руйнування — це всякий процес, що протікає в матеріалі або на його поверхні, що призводить до неможливості виконання деталлю заданих функцій.

До шкідливих процесів відносяться: зношування робочих поверхонь деталей внаслідок тертя, руйнування та пошкодження деталей під дією різних навантажень (пластичне деформування, злам, втома металу, теплове та електроерозійне руйнування), під дією хімічно активних середовищ (хімічна та електрохімічна корозія) , Втрата наданих деталі службових

властивостей (розмагнічування, втрата пружності) та ін. За швидкістю протікання шкідливі процеси поділяють на три групи: швидкопротікаючі, середньої швидкості та повільні. До швидкоплинних процесів відносяться коливання робочих навантажень, вібрації вузлів, зміна сил тертя в рухомих з'єднаннях. Періодичність зміни швидкопротікаючих процесів може вимірюватися частками секунди. До процесів середньої швидкості, що вимірюються хвилинами і годинами, відносяться кліматичні умови експлуатації (температури навколишнього середовища та самої машини, вологість середовища). До повільних процесів, що вимірюються дібами і місяцями, відносяться зношування деталей, корозія, втома металу та ін. Цілком ліквідувати шкідливі процеси не можна. Уповільнити їх протікання можна шляхом проведення технічного обслуговування та поточних ремонтів, що забезпечує підтримку машини у працездатному стані. Однак з часом працездатність машини, незважаючи на технічні обслуговування та поточні ремонти, що здійснюються, знижується і експлуатація машини стає економічно недоцільною або технічно неможливою. І тут машини підлягають капітальному ремонту чи списанню після неодноразового капітального ремонту. Нижче розглядаються сутність шкідливих процесів та шляхи зменшення їх негативної дії.

#### Види зношування деталей машин.

Зношування - це процес поступової зміни розмірів і форми тіла при терті, що проявляється у відділенні з поверхні тертя матеріалу та в його залишковій деформації. Результатом зношування є знос, який виражається зазвичай, у одиницях лінійних величин, окремих випадках — в одиницях маси. Зношування деталей - одна з основних причин зниження терміну служби машин. Зношування залежить від низки чинників, зокрема умов тертя. Види тертя. Зовнішнє тертя є явище опору щодо переміщенню, що виникає між двома тілами в зонах зіткнення поверхонь по дотичних до них. Розрізняють тертя спокою та руху. Тертя спокою - це тертя двох тіл при попередньому усуненні. Тертя руху — це тертя двох тіл, що у відносному

русі. Залежно від виду відносного руху розрізняють тертя ковзання, тертя кочення і тертя кочення з прослизанням. Прикладами тертя кочення з прослизанням є тертя між зубами коліс у зубчастих передачах, тертя кульок і роликів по поверхнях кілець кулько- та роликотілопідшипників. Залежно від наявності між тілами мастила, що труться, розрізняють тертя сухе, граничне і рідинне.

Сухе тертя - це тертя руху двох твердих тіл без змащення на поверхнях, що стикаються. Воно може бути отримано в чистому вигляді в умовах абсолютного вакууму, тобто за відсутності докільля. У практиці до умов сухого тертя дещо наближається робота ланок гусениць на піщаному сухому ґрунті.

Граничне тертя - це тертя руху двох твердих тіл, що мають на своїх поверхнях незначний шар мастильного матеріалу (порядку 0,1 мкм), що має властивості, що відрізняються від об'ємних властивостей рідин при рідинному терті.

Рідинне тертя - явище опору відносному переміщенню, що виникає між двома тілами, що труться, розділеними шаром мастильного матеріалу, в якому проявляються його об'ємні властивості. Основною характеристикою тертя є його сила, тобто сила опору щодо переміщення двох тіл при терті.

Види зношування. Зношування поділяється на три основні групи: механічне, молекулярно-механічне та корозійно-механічне. Механічне зношування спостерігається при механічній взаємодії матеріалів виробу; молекулярно-механічне зношування відбувається в результаті механічної взаємодії матеріалів та одночасного впливу молекулярних або атомарних сил; корозійно-механічне зношування відбувається при терті матеріалу, що вступив у хімічну взаємодію з середовищем. Розглянемо різновиди наведених трьох груп процесів зношування.

Механічне зношування поділяють на абразивне і втомне.

Абразивне зношування — це процес, при якому поверхні, що труться, руйнуються в результаті дряпаючої або ріжучої дії твердих тіл або частинок.

Абразивні частинки можуть потрапити на поверхню матеріалів в результаті незадовільної фільтрації масла або в результаті твердих утворень зруйнованих мікрооб'ємів, а також можуть бути продуктами окислення мастил. Деякі деталі будівельних машин (ковші екскаваторів, деталі ходової частини гусеничних екскаваторів та кранів) працюють безпосередньо в абразивному середовищі. Швидкість абразивного зношування за даними [5] становить від 0,5 до 50 мкм/год. Різновидом абразивного зношування є гідро- і газоабразивне зношування, коли знос відбувається в результаті впливу на матеріал твердих частинок, що захоплюються відповідно потоком рідини або газу. Гідроабразивного зношування піддаються плунжери і втулки паливних насосів дизелів, отвори в корпусах і золотники гідророзподільників, циліндри гідросистем та ін. Газоабразивного зношування схильні, наприклад, деталі очищувачів повітря двигунів.

Різновид механічного зношування - кавітаційне зношування поверхні при відносному русі твердого тіла в рідині в умовах кавітації, тобто при порушенні суцільності потоку рідини з утворенням кавітаційних (повітряних) бульбашок, які зменшуються в обсязі з великою швидкістю і потім розриваються. Це призводить до гідравлічного удару., рідини поверхню деталі з утворенням руйнувань у вигляді каверн діаметром від 0,2 до 1,2 мм.

Втомне зношування поверхні тертя або окремих її ділянок є наслідком багаторазового деформування мікрооб'ємів матеріалу, що призводить до виникнення тріщин і відділення з поверхневого шару частинок матеріалу. Основний показник втомного зношування - глибина деформованого шару на поверхні тертя. Втомне зношування можливе як при терті кочення, так і при терті ковзання і залежить від питомого тиску в поєднанні, властивостей матеріалу деталі та частоти циклів навантаження. При чистому коченні спостерігається контактна втома, що проявляється у освіті місцевих осередків руйнації як вісповидних заглиблень (піттинг). При терті ковзання утворюється знос, пов'язаний зі втомною природою руйнування. У таких

поєднаннях, як зубчасті передачі, опори кочення, кулачок - ролик, можуть мати місце обидва види руйнування, так як у цих парах спостерігаються і кочення і ковзання.

Молекулярно-механічне зношування поділяють на адгезійне та вибіркоче перенесення. Адгезійне зношування відбувається у зв'язку з виникненням на окремих ділянках контактуючих поверхонь молекулярних (адгезійних) взаємодій, сили яких перевершують міцність зв'язків поверхневого шару матеріалу з основним матеріалом деталі. Прояв атомно-молекулярних зв'язків залежить від властивостей матеріалів поверхонь, що контактують.

До адгезійного зношування схильні пари з металевими поверхнями. Адгезійне зношування виражається в глибинному вирівнюванні матеріалу і перенесенні його з однієї поверхні на іншу, що призводить, як правило, до заїдання деталей. Зношування при заїданні може виникнути в зубчастій парі або в опорах кочення при високих контактних навантаженнях і відсутності мастила. Зношування в умовах виборчого перенесення також характеризується атомарними явищами в зоні контакту і спостерігається, наприклад, при терті метало-полімерних пар, коли полімер переноситься на поверхню металу, розчиняючи на ній мономолекулярний шар. Освіта в даному випадку прошарку сприятливо позначається на фрикційних характеристиках пари і призводить до різкого зменшення інтенсивності зношування.

Корозійно-механічне зношування поділяють на окислювальне та зношування при фреттинг-корозії.

Окисне зношування виникає за наявності на поверхнях тертя захисних плівок, що утворилися в результаті взаємодії матеріалу деталі з киснем. Згідно з дослідженнями Б. І. Костецького, існують три форми окисного зносу: перша утворюється в результаті видалення з поверхні тертя ультрамікроскопічних хімічно адсорбованих плівок; друга - при видаленні мікроплівок твердих розчинів та евтектик хімічних сполук кисню та металу;

третья - в результаті періодичного утворення та відшаровування великих шарів хімічних сполук кисню та металу. Окислювальне зношування - це стаціонарний процес динамічної рівноваги руйнування і відновлення оксидних плівок.

Слід зазначити, що виникнення оксидних плівок не виключає, а прискорює втомне руйнування матеріалу, так як в результаті взаємодії кисню і металу утворюються шари з підвищеною крихкістю, що прискорює руйнування матеріалу. Окисне зношування схильні до шийки колінчастих і розподільчих валів, поршневі пальці і втулки опори кочення. Швидкість окисного зношування становить від 0,05 до 0,1 мкм/год.

Зношування при фреттинг-корозії відбувається в процесі малих відносних коливальних переміщень контактуючих металевих поверхонь в результаті періодичних деформацій або вібрацій елементів конструкції. При фреттинг-корозії спостерігаються захоплювання, абразивне зношування та втомно-корозійні явища. Цей вид зношування характерний для поверхонь деталей у нерухомих з'єднаннях, що сприймають вібраційні навантаження (наприклад, зовнішні поверхні зовнішніх кілець шарико- і роликопідшипників, поверхні отворів в корпусах підшипників, в заклепкових з'єднаннях, що працюють при вібраційному навантаженні, та ін.). Фреттинг-корозія може виникати при сухому терті та в умовах змащення.

Основні характеристики та закономірності зношування деталей машин. Граничні зноси.

Для характеристики зношування використовують такі показники: лінійний знос, швидкість зношування, інтенсивність зношування, зносостійкість, відносна зносостійкість. Лінійний знос - це зміна розміру деталі (зразка) в результаті зношування в напрямку, перпендикулярному поверхні тертя. Швидкість зношування — відношення зносу до часу зношування. За швидкістю зношування можна будувати висновки про довговічності деталі. Інтенсивність зношування - відношення зносу до шляху

тертя, на якому відбувалося зношування, або обсягу виконаної роботи, наприклад до напрацювання машини.

Зносостійкість - властивість матеріалу чинити опір зношуванню за певних умов тертя. Зносостійкість оцінюється величиною, зворотної швидкості або інтенсивності зношування.

Відносна зносостійкість - відношення зносостійкості даного матеріалу і матеріалу, прийнятого за еталон, при їх зношуванні в однакових умовах. Основні фактори процесу зношування та їх вплив на знос деталей. Серед факторів, що впливають на процес зношування деталей, основними є: конструктивні властивості сполучення, т.е. е. рід тертя (ковзання, кочення або складне тертя), розрахункові навантаження, швидкість відносного переміщення, характер руху (рівномірне або нерівномірне), розрахункові зазори, якість обробки поверхонь, що сполучаються, зносостійкість матеріалів; експлуатаційні характеристики, т. е. відповідність розрахункових навантажень діючим, довкілля (підвищена вологість, запиленість, підвищена чи надмірно низька температура навколишнього середовища), якість мастила. Залежність швидкості зношування від питомого тиску та швидкості відносного руху виражається формулою.

Однією з найважливіших характеристик металів і сплавів, впливаючих на швидкість майже всіх видів зношування, є твердість: зі зростанням твердості зносостійкість матеріалу підвищується.

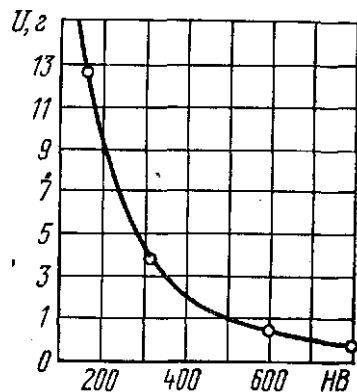


Рис. 1.1. зносостійкість вуглецевої сталі при терті ковзання

На рис. 1.1 показано зносостійкість вуглецевої сталі при терті ковзання:  $V$  - знос, г;  $HV$  - твердість сталі за Брінеллем. З малюнка видно, що між твердістю і зносостійкістю матеріалів прямої залежності немає.

Структура металу деталі значно впливає її зносостійкість. Встановлено, що з підвищенням вмісту вуглецю зносостійкість сталі зростає. Легування сталей марганцем, хромом, нікелем, вольфрамом та іншими елементами підвищує її зносостійкість. Зносостійкість чавунів значною мірою залежить від стану в них вуглецю. роду. Якщо вуглець перебуває у чавуні як цементиту  $Fe_3C$ , тобто. у зв'язаному стані, такий чавун більш стійкий до зносу, ніж феритний, у якому вуглець перебуває у вільному стані у вигляді графіту. Застосовуючи термічну та хіміко-термічну обробку чавунів (азотування), підвищують їх зносостійкість у 2-4 рази.

Якість поверхні деталі та її вплив на зносостійкість розглянути. Навколишнє середовище значно впливає на зносостійкість деталей машин, що працюють у найрізноманітніших умовах (запилена атмосфера, підвищена вологість, сирий ґрунт, коливання зовнішньої температури та ін.). Спостереження показали, що в умовах запиленого повітря ( $15 \cdot 10^{-6}$   $kg/m^3$ ) інтенсивність зношування тракторного двигуна приблизно в 3,5 рази вища, ніж у нормальних умовах.

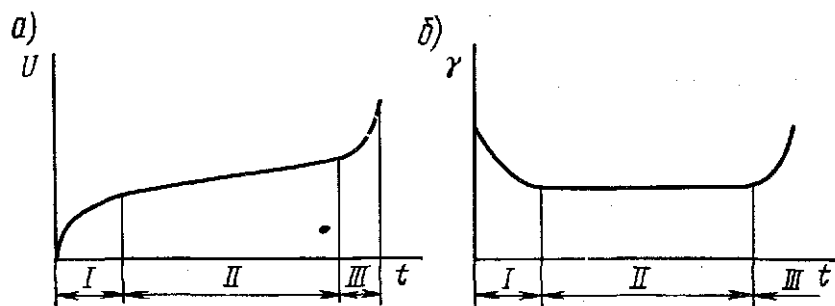


Рис. 1.2. Крива зносу.

Змащування поверхонь, що труться. Правильний вибір мастильних матеріалів та безперервна подача їх у зону тертя є вирішальними для нормальної роботи з'єднання. Питання мастила машин розглядаються в курсі

«Експлуатація будівельних машин». Закономірність зношування деталей у часі. Зношування деталей у часі зазвичай протікає нерівномірно. На рис. 11.2 а показана крива наростання зносу  $\theta$  у більшості рухомих з'єднань в залежності від часу роботи сполучення. Період часу I відповідає інтенсивному зношуванню. У цей період відбувається процес опрацювання деталей. У періоді II, що називається періодом нормального зношування, знос прямо пропорційний часу роботи. У періоді III настає форсоване зношування. За класифікацією Казарцева періоди часу I + II названо періодом природного зношування, а період часу III - періодом аварійного зношування. Більш інтенсивний знос у період приробітку обумовлений тим, що до початку експлуатації з'єднання фактична площа контакту між поверхнями, що сполучаються, не перевищує 5—15 % номінальної площі через мікрошорсткості і хвилястість цих поверхонь. У процесі приробітку площа фактичного контакту деталей, що сполучаються, поступово збільшується і відповідно зменшується питомий тиск, що призводить до поступового зниження швидкості зношування.

У період припрацювання знос у часі виражається статечною параболою. Закінчення періоду приробітку характеризується стабілізацією швидкості зношування. Для зносу, що встановився (період II) де  $\theta_{II}$  - знос за період припрацювання. Зростання швидкості зношування в період аварійного зношування пов'язане з порушенням рідинного тертя і появою вібрацій через великі зазори в поєднанні, підвищенням температури в зоні тертя і погіршенням якості поверхонь, що сполучаються. У машинах катастрофічне зношування не допускається. На рис. 1.2 б показано зміну швидкості зношування у відповідно до залежності  $V = f(t)$ , представленої на рис. 1.2, а: у періоді I швидкість зношування знижується, в періоді II  $u = \text{const}$ , а в періоді III зростає.

Граничні та допустимі зноси. Із" деталі називають граничним, якщо подальше її використання в машині стає неприпустимим через порушення нормальної роботи вузла або машини в цілому і можливості раптового появи

відмови в роботі (аварії). Основні ознаки появи граничних зносів: підвищення інтенсивності зношування деталей ( відрізок III на рис. 1.2; а) зниження міцності та надійності деталей внаслідок зміни їх розмірів; службових властивостей вузла, куди входить деталь (поява вібрацій, зниження потужності, збільшення витрати палива та інших.) Знос є одним із критеріїв граничного стану виробу. Знос деталі називають допустимим, якщо вона може бути встановлена в машину без ремонту і задовільно працювати протягом майбутнього міжремонтного періоду. Допустимий знос  $\Delta_{\text{доп}}$  можна визначити із співвідношення  $I_{\text{пр}}$  - граничний знос;  $T_{\text{мп}}$  - міжремонтний період. Визначення граничних зносів є завданням технічно складним. Найчастіше їх встановлюють дослідним шляхом результати тривалих спостережень за експлуатацією даної машини, використовуючи у своїй методи математичної статистики.

У технічних умовах на дефектацію деталей при ремонті машин вказують граничні і допустимі зноси деталей, що швидко зношуються. Зміна початкових іосадок у сполученнях. При експлуатації машин характер сполучень деталей піддається змінам: в рухомих з'єднаннях в результаті зношування деталей, що сполучаються, зростають зазори, а в нерухомих поступово зменшуються натяги. Після деякого періоду експлуатації знос деталей у поєднанні досягає граничного значення, при якому подальша робота вузла стає технічно ненадійною або економічно недоцільною.

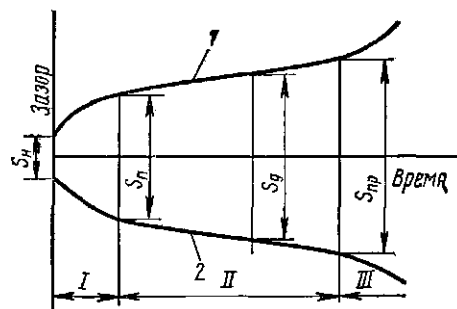


Рис. 11.3. Схема зміни зазору в залежності від тривалості роботи

На рис. 1.3 показана схема зміни зазору в залежності від тривалості роботи сполучення: 1 п 2 - криві зносу відповідно деталі, що охоплює і охоплюється;  $5Н$  - початковий зазор у поєднанні (призначається конструктором);  $5П$  - зазор після періоду приробітку;  $5пр$  - граничний зазор;  $5Д$  - допустимий зазор, т.е. е. зазор, у якому дане сполучення може бути в експлуатації протягом майбутнього міжремонтного періоду. З малюнка видно, збільшення терміну служби сполучення може бути досягнуто, по-перше, зменшенням початкового зазору  $5Н$  і, по-друге, зменшенням швидкості зношування в періоди / і //, т.з. е. шляхом підвищення зносостійкості деталей, що сполучаються. Аналітичний метод визначення граничного зазору для поєднання вал-підшипник ковзання, розроблений Ст. І. Казарцевим, ось у чому. За нормальних умов роботи сполучення вал - підшипник ковзання поверхні тертя повинні бути розділені шаром мастила, т.е. е. має бути забезпечене рідинне тертя. Отже, граничний зазор цього вузла визначається умовами збереження рідинного тертя. У процесі обертання вала / (рис. 11.4) в підшипнику 2 мастильна рідина вступає в зчеплення з поверхнею цапфи і вал захоплює за собою рідину в клиноподібний зазор.

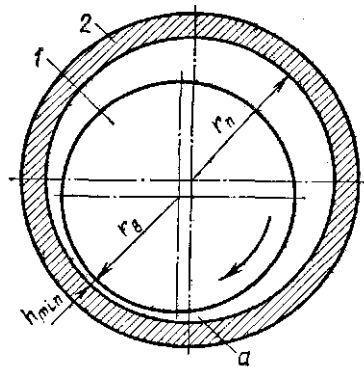


Рис. 1.4. Гідродинамічне тертя.

У міру зростання частоти обертання під дією мастил вал піднімається, одночасно зміщуючись у напрямку обертання. На підставі гідродинамічної теорії тертя Н. П. Петровим запропонована формула для визначення товщини шару в найвужчому місці масляного клина.

Спотворення в процесі експлуатації геометричної форми нерухомої деталі в поєднанні вал - підшипник призводить до порушення умов рідинного тертя. Встановлено також, що некруглість нерухомої деталі в новому поєднанні повинна бути не більше 0,2 початкового зазору, інакше в поєднанні з самого початку роботи буде порушено тертя рідини і, як наслідок, настане форсоване зношування.

Методи оцінки зносу деталей машин

Методи оцінки зносу деталей поділяють на виробничі та лабораторні. До виробничих належать метод мікрометрування деталі та метод непрямой оцінки щодо зміни експлуатаційних характеристик сполучення, до лабораторних (дослідницьких) методів — зважування деталей, визначення кількості заліза в олії картера, застосування радіоактивних ізотопів, метод штучних баз, профілографування. Метод мікрометрування заснований на вимірі лінійних розмірів деталей, що були в експлуатації, з використанням універсальних вимірювальних засобів (мікрометрів, штангенциркулів, індикаторних приладів та ін.). Оцінка зносу щодо зміни експлуатаційних характеристик сполучення або вузла широко використовується у виробництві. Наприклад, знос деталей масляного насоса побічно може бути визначений за падінням тиску масла, знос деталей поршневої групи двигуна - по пропуску газів в картер двигуна, знос рухомого з'єднання - по зміні його температури в процесі експлуатації, наприклад в підшипниках ковзання і т.д. Метод зважування полягає у визначенні маси деталі до експлуатації та після неї. Цей метод застосовувати не можна, якщо превалюючим є знос від пластичного деформування деталей. Визначення кількості заліза та інших продуктів зносу в олії полягає в хімічному аналізі відпрацьованого масла. Недоліком способу є неможливість визначення зношування кожної деталі вузла. Перевага - відсутність необхідності розбирання агрегату. Метод радіоактивних ізотопів заснований на використанні ізотопів вольфраму, сурми або кобальту, що вводяться в поверхневий шар робочої поверхні деталі. Інтенсивність випромінювання масла, що реєструється спеціальними

приладами (лічильниками), є показником інтенсивності зношування деталі. Метод штучних баз, запропонований М. М. Хрущовим та Є. С. Берковичем, полягає в нанесенні на робочу поверхню нової деталі спеціального поглиблення (лунки) або виточення. За зміною розміру поглиблення після певного часу експлуатації визначають розрахунком лінійне зношування в межах цієї поверхні. Метод профілактики заснований на визначенні за допомогою профілактографа дуже малих зносів у таких деталях, як поршневі пальці, плунжери.

## 1.2. Основні напрямки досліджень двигунів та їх елементів під час експлуатації та ремонту

**Дослідження надійності.** Питання дослідження та визначення рівня надійності двигунів вирішуються ефективніше і простіше, якщо деталі та вузли досліджуваних об'єктів умовно поєднати в групи з близькою довговічністю. Критеріями для об'єднання деталей і вузлів у групи є:

рівень довговічності, який планується залежно від призначення, складності та вартості елементів конструкції з урахуванням їхнього функціонального зв'язку;

рівень трудомісткості заміни деталі чи усунення її відмови.

Проведені дослідження визначили доцільність поєднання деталей і вузлів двигунів ЯМЗ в три основні групи, які відрізняються між собою як діапазоном довговічності, так і трудомісткістю усунення відмови.

Перша група - деталі та вузли, довговічність яких більша або дорівнює довговічності виробу до списання. Відмови деталей цієї групи вимагають для усунення повного розбирання двигунів, тобто характеризуються максимальною трудомісткістю усунення несправності, і є одним із критеріїв необхідності проведення капітального ремонту виробу. Всі деталі даної групи, що ремонтуються, тобто при капітальному ремонті двигуна їх допускається відновлювати шляхом шліфування, притирання, розточування тощо. Рівень надійності деталей та вузлів цієї групи оцінюється параметрами довговічності до ремонту та безвідмовності до заміни. До цієї групи

відносяться базові та основні деталі виробу: блок циліндрів, колінчастий і розподільний вали, головки блоку, картер маховика, шатун та інші.

Друга група — деталі та вузли, довговічність яких менша за довговічність виробу до списання, але більша або дорівнює його довговічності до першого капітального ремонту. Заміна деталей цієї групи здійснюється, як правило, не раніше першого капітального ремонту двигуна. Рівень надійності деталей та вузлів цієї групи оцінюється параметрами довговічності та безвідмовності. До цієї групи деталей і вузлів відносять у більшості випадків поршні, гільзи, підшипники розподільного валу, деталі механізму газорозподілу, сальникові ущільнення колінчастого валу та ін.

Третя група — деталі та вузли, ймовірна довговічність яких нижча за довговічність виробу до першого капітального ремонту. При досягненні двигуном певного напрацювання деталі та вузли цієї групи допускається відповідно до рекомендацій заводу-виробника або за ознакою незадовільної їх роботи замінювати або ремонтувати, щоб підтримати заданий рівень надійності та ресурсу виробу в цілому. Надійність деталей і вузлів цієї групи оцінюється як параметрами безвідмовності, і параметрами довговічності. До деталей цієї групи відносяться: поршневі кільця, вкладиші корінних і шатунних підшипників колінчастого валу, прокладки головок блоку, деталі ущільнення водяного насоса, розпилювачі форсунок та ін.

### 1.3. Аналіз роботоздатності кривошипно-шатунного механізму

Зі збільшенням питомої потужності форсовного двигуна загальний рівень його надійності знижується, якщо не передбачні технологічні і конструктивні заходи, спрямовні на підтримку або збільшення надійності окремих деталей і складаних одиниць.

Найважливіший показник надійності двигуна - довговічність. Вона значною мірою визначається зносостійкістю кривошипно-шатунного механізму.

На знос циліндропоршневої групи істотно впливає взаємне розташування деталей кривошипно-шатунного механізму. Непаралельність осей шатунних шийок щодо корінних, неперпендикулярність осей циліндра до осі колінчастого вала, неточність взаємного розташування осей верхньої та нижньої головок шатуна приводять до перекосу поршня в циліндрі, що погіршує припрацювання поршнів, кілець, шатунних та корінних вкладишів колінчастого вала. Перекос погіршує контакт кілець з циліндром, викликає підвищену витрату масла на угар, швидке його старіння та засмічування продуктами згоряння палива.

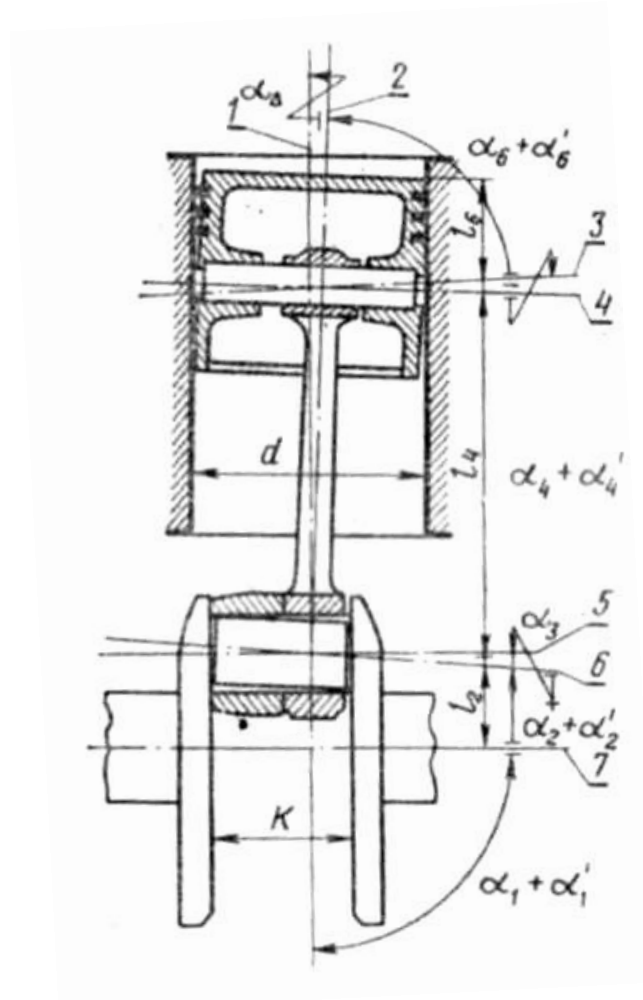


Рис. 1.2. Розмірний ланцюг кривошипно-шатунного механізму двигуна.

На рис. 1.2. показано схему розмірного ланцюга, що визначає перекоє поршня в циліндрі. Рівняння розмірного ланцюга має вигляд []:

$$\alpha_{\Delta} = \alpha_1 + \alpha'_1 + \alpha_2 \frac{l_4 + l_6}{k} + \alpha'_2 \frac{l_4 + l_6}{k} - \alpha_3 + \alpha_4 \frac{l_4 + l_6}{l_1} + \alpha'_4 \frac{l_4 + l_6}{l_1} - \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha'_6$$

де  $\alpha_1$  - неперпендікулярність осі циліндра до осі колінчастого валу на довжині  $l = l_4 + l_6$ ;  $\alpha_2$  - непаралельність осей шатунних шийок до осі колінчастого вала;  $\alpha_3$  - зазор між поршневим пальцем і втулкою верхньої головки шатуна;  $\alpha_4$  - непаралельність осей верхньої і нижньої головок шатуна;  $\alpha_5$  - зазор у sprzęженні шатуна шийка - вкладиш;  $\alpha_6$  - неперпендикулярність осі отвору в бобишках поршня до осі поршня;  $\alpha'_1$  - неперпендикулярність осі циліндра до осі колінчастого вала на довжині  $l_4 + l_6$  із-за релаксації ливарних залишкових напруг блоку;  $\alpha'_2$  - непаралельність осі шатунних шийок до осі колінчастого вала через релаксації залишкових напруг правки валу;  $\alpha'_4$  - непаралельність - осі верхньої і нижньої головок шатуна від релаксації залишкових напружень правки шатуна;  $\alpha'_6$  - непаралельність осі отворів у бобишках поршня до осі поршня від релаксації ливарних залишкових напружень. Перегрупувавши члени, включені в рівняння розмірного ланцюга, перепишемо його у вигляді

$$\alpha_{\Delta} = (\alpha_1 + \alpha'_1 + \alpha_2 \frac{l_4 + l_6}{k} + \alpha'_2 \frac{l_4 + l_6}{k} + \alpha_4 \frac{l_4 + l_6}{l_1} + \alpha'_4 \frac{l_4 + l_6}{l_1} + \alpha_6 + \alpha'_6) - (\alpha_3 + \alpha_5) \quad (1.2)$$

У випадку, якщо  $\alpha_{\Delta} = 0$ , перекіс поршня компенсується величинами зазорів в сполученні поршневого пальця з верхньою головкою шатуна ( $\alpha_3$ ) і шатунної шийки з вкладишем ( $\alpha_5$ ). Якщо  $\alpha_{\Delta} > 0$ , то перекіс не компенсується зазором в названих з'єднаннях, що викликає пружну деформацію окремих ланок розмірного ланцюга і появу кромочних напружень на юбці поршня, так як фактичний перекіс поршня не може бути більше радіального зазору в з'єднанні поршень-циліндр при робочій температурі цих деталей.

Зазор між поршнем і гільзою при робочій температурі деталей визначається початковим зазором, конфігурацією утворюючої поршня, а також величинами і характером деформацій деталей в експлуатації.

Поршні в процесі дефектування вибраковують за результатами вимірювань трьох елементів: висоти першої канавки, діаметра отворів у бобишках і діаметра юбки. Головний вибраковочний параметр - розмір першої канавки, так як з'єднання перше поршневе кільце - канавка поршня зношується більше, ніж інші. Вимірювання показують, що більшість поршнів, що надходять у ремонт, із зносом канавки, що перевищує граничний розмір, мають допустимі без ремонту розміри отворів в бобишках і юбці.

#### 1.4. Задачі магістерської роботи

1. Провести аналіз сучасних конструктивно-технологічних параметрів підвищення надійності та технологій відновлення двигунів;
2. Вивчення технічних характеристик вибраних до відновлення деталей, встановлення їх конструктивних параметрів, норм виготовлення, квалітетів точності та інше;
3. Дослідження умов роботи, характеристик спряжених деталей, та розрахунок допустимих та граничних спрацювань і розмірів;
4. Визначення коефіцієнтів придатності, відновлюваності та вибраковки;
5. На базі отриманих результатів дослідження технічного стану деталей, розрахунків допустимих і граничних параметрів, коефіцієнтів вибрати раціональний спосіб відновлення роботоздатності;

Створити технологічну послідовність конструктивно-технологічних параметрів підвищення надійності та відновлення роботоздатності деталей, з розробкою ремонтно - технологічної документації на відновлення ЯМЗ- 238;

Розрахувати техніко-економічні показники від впровадження технології відновлення гільз циліндрів.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ.

### 2.1. Колінчатий вал

Колінчастий вал є однією з найбільш відповідальних, напружених і дорогих деталей двигуна. Сили, що діють на вал, викликають тертя і зношування його шийок і підшипників, руйнування втоми в місцях переходів шийок в щоки і в місцях виходів масляних каналів, а також крутильні, згинальні, поперечні і осьові колювання. Основні вимоги до конструкції валу: достатні міцність, жорсткість і зносостійкість при відносно невеликій масі; надійність роботи за різних експлуатаційних умов; висока точність виготовлення шатунних та корінних шийок; достатні твердість та ступінь чистоти обробки поверхні шийок; динамічна врівноваженість та відсутність вібрацій; для швидкохідних двигунів-розвантаженість корінних підшипників від відцентрових сил.

Аналіз конструкцій колінчастих валів Раціональну схему колінчастого валу вибирають після визначення розташування колін валу, яке виконують після динамічного розрахунку та ескізних розробок, пов'язаних з призначенням та розмірами двигуна. Взаємне розташування колін валу залежить від числа тактів двигуна, числа та розташування циліндрів і порядку роботи циліндрів. Коліна валу розташовують те щоб отримати: найбільшу рівномірність ходу, тобто. рівномірність зміни крутного моменту за часом; найкращу врівноваженість двигуна; рівномірне навантаження частин колінчастого валу (попередньо працюючі циліндри не повинні бути суміжними, їх слід розташовувати по можливості по обидва боки від середнього корінного підшипника); найменші напруги від крутильних і згинальних колювань; найкраще використання енергії випускних газів за наявності газової турбіни. І) Розміри елементів коліна валу визначаються в основному відстанню між осями циліндрів, що в свою чергу залежить від діаметра циліндра, товщини стінок гільзи і сорочки циліндра, простору для

охолодної рідини, а також каналів для продувального повітря і відпрацьованих газів у двотактному двигуні. Залежно від розміру шийок і щік, а також від числа колін вали виготовляють цільними, зі складовими колінами та складовими з двох або більше ділянок, що з'єднуються фланцями. Цілісні вали застосовують у двигунах внутрішнього згорання всіх типів. Вали із складовими колінами встановлюють у великих (малооборотних) двигунах. Шийки та щіки таких валів виготовляють окремо. У цих двигунах застосовують напівскладові коліна, в яких шатунні шийки виконують як одне ціле зі щіками. У складових або напівскладних колінах шийки запресовують у щіки зазвичай при слабкому нагріванні (до 200-300 ° С) при натягу, що забезпечує достатню міцність з'єднання. Частини коліна зіркоподібних двигунів (у яких головний шатун виконувався нерідко з нероз'ємною кривошипною головкою) з'єднують або шліцями, або болтом, що стягує розрізну щіку. Складові вали, що складаються з кількох ділянок, з'єднують фланцями, відкованими як одне ціле з валом. Фланці мають центруючі заточки або монтажні центруючі шайби. Останні закладають між фланцями під час розгортки отворів для болтів. Після перевірки лінії валу шайби видаляють і фланці жорстко з'єднують болтами, які служать для центрування. Це дозволяє надалі розбирати вал на частини без пересування його вздовж осі. Найчастіше колінчасті вали мають число опор, що перевищує одиницю число колін (повноопорні вали), зокрема, вали двигунів із запаленням від стиску. Вал складається з колін і кінцевих ділянок (з боку відбору потужності та вільного заднього кінця). У деяких конструкціях відбір потужності проводиться з обох кінців валу. Типова конструкція коліна валу двигуна показана на рис. 147. На рис. 148 наведено конструкції колін валів малооборотних двигунів великої потужності, на рис. 149 - сталеві та чавунні колінчасті вали транспортних двигунів різного призначення вітчизняного виробництва. Кінець валу з боку відбору потужності для з'єднання з генератором, муфтою, маховиком, гвинтом, пружним елементом і т.д. має

ділянку зі шліцями або фланцем. На кінцевих ділянках монтують шестірню передачі до розподільного валу.

Корінні шийки, як правило, виконують однакового діаметра їх. Від осьових переміщень вал фіксують на середній або крайній шийці спеціальним наполегливим підшипником. Шатунні шийки мають той самий діаметр, як і корінні, чи трохи менший. Як у корінних, так і в шатунних шийках часто свердлять отвори зменшення маси. Збільшення діаметра шатунної шийки призводить до зростання розмірів кривошипної головки шатуна та розмірів картера; крім того, підвищуються маси, що обертаються, сили інерції, а частота вільних коливань системи валу зменшується.

Корінні шийки частіше, ніж шатунні, виконують без порожнин. Щоки колінчастих валів мають різноманітні форми: призматичні (зокрема, прямокутні), шести або восьмигранні, овальні (еліптичні), круглі. Еліптичні та круглі щоки виконують головним чином у валах швидкохідних форсованих двигунів. Найбільш простий у виготовленні є щока прямокутної форми, найбільш складної і в той же час раціональної з точки зору розподілу напруги-овальної. Для кращого використання матеріалу не працюючі, найбільш віддалені від осі валу частини щік зрізають, внаслідок чого зменшуються неврівноважені маси частин, що обертаються, і маса валу. На наведені форми щік двигунів різного призначення. Якщо між опорами розташовані два коліна, доводиться застосовувати довгі щоки, що ускладнює і ускладнює вал. Для максимального скорочення довжини двигуна застосовують колінчасті вали, у яких корінна шийка; поєднана із щокою. У цьому випадку застосовують ролики підшипники і картер виконують нероз'ємним, а вал монтують з торця. При виборі форми щоки враховують міцність конструкції та її технологічність. Наприклад, еліптичні щоки, що наближаються до круглих, мають не меншу в порівнянні з останніми втомну міцність при дещо меншій масі. При зменшеному відношенні Б/О у поєднанні з збільшеними діаметрами шийок можна отримати значне перекриття шийок  $A = 0,5 + \text{---} K$ ; при цьому підвищується міцність і

з'являється можливість зменшення товщини щоки без збільшення її ширини. Переходи від щік до шийок слід здійснювати відносно великим радіусом закруглень (галтелів) для зменшення концентрації напруг. Збільшенню радіусу галтелі перешкоджає зменшення робочої довжини шийки. У швидкохідних двигунах (щоб уникнути при шліфуванні шийок зачеплення шліфувальним кругом торцевих поверхонь) шийки сполучають не безпосередньо зі щоками, а зі спеціальними чисто обробленими кільцевими буртиками, що обмежують переміщення в осьовому напрямку кривошипної головки шату. Буртики сполучаються зі щоками галтелями радіусом  $r > (0,05-0,08)$  в результаті сполучення шийки зі щокою двома радіусами зменшується концентрація напруг.

У деяких випадках противаги приварюють до щок колінчастого валу. Недоліком такої конструкції є порушення структури матеріалу валу, особливо при виготовленні валу з легованих сталей. У двигунах автомобільного та тракторного типів нерідко противаги встановлюють не на всіх щоках. У двигунах з кривошипно-камерною продувкою противаги служать також для зменшення шкідливого простору в кривошипній камері і отримання необхідного тиску продувального повітря. Іноді противаги крайнього коліна поєднують з пристроями для гасіння крутильних коливань. Кінець валу, протилежний кінця відбору потужності, служить для монтажу шестерень, що приводять в дію масляний і водяний насоси, паливний насос високого тиску і паливний насос, що підкачує. Тут може бути розташований додатковий кривошип для будь-якого іншого механізму, що приводить в рух компресор, продувний насос, пусковий компресор і займисті агрегати. У двигунах деяких конструкцій на вільному кінці валу монтуєть шестерню розподільного приводу. У автомобільних і тракторних двигунах цьому кінці розташовують шків приводу вентилятора, храповик, пристрій для пуску двигуна вручну й у деяких випадках гаситель крутильних коливань. Так як в маслі є домішки (частки металу, коксу, бруду), слід застосовувати пристрої, що перешкоджають попаданню цих частинок у масляний зазор. Зазначені

функції виконують маслопровідні трубки, завальцовані або прикріплені якимось іншим способом до стінки шатунної шийки; трубки опущені на значну глибину в порожнину шийок шатунних.

Аналогічний ефект можна отримати, маючи масляні канали перпендикулярно площині коліна. На показані основні магістралі проходу олії в порожнинах колінчастого валу. У конструкції за схемою а забезпечена прискорена подача масла в пусковий період. Однак на поверхню шатунної шийки надходить забруднене масло. Від цього недоліку вільні конструкції, виконані за схемою в яких здійснюється центрифугування масла. Заглушки мають конічні фаски і притираються до валу.

Спосіб різьбового кріплення заглушок, а також спосіб їх завальцювання має серйозні недоліки. При різьбовому кріпленні межа витривалості знижується, завальцювання заглушок ускладнює огляд та очищення масляних порожнин. Часто ставлять плоскі заглушки на прокладках; така конструкція відрізняється порівняльною простотою. Для зменшення втрат олії, що знаходиться в картері, вал виконують з гребенем, а іноді і з маслогінним різьбленням. Олія, що потрапляє на гребінь, відцентровою силою відкидається на стінки картера або на спеціальний відбивач. Існують конструкції колін, в яких порожнини шийок забезпечені алюмінієвими вставками ; за спіралями останніх циркулює олію, що відводить теплоту від шийок.

У форсованих двигунах масло відводиться до одного або обох кінців колінчастого валу. З порожнини валу масло подається через радіальні канали на всі шийки. Перевага цієї схеми-хороше відділення забруднюючих домішок у перших шатунних шийках під впливом відцентрової сили. Недоліки схеми-відносно швидке падіння тиску в напрямку руху масла, значне нагрівання масла (особливо при підведенні масла з одного кінця), необхідність виконання в щоках каналів великого діаметра для зменшення опору при проході масла, що викликає ослаблення щік . Діаметри внутрішніх порожнин

шийок відповідно для тихохідних двигунів становлять 0,4-0,5 та швидкохідних 0,5-0,8 зовнішнього діаметра.

Способи підвищення міцності колінчастих валів Міцність колінчастих валів може бути підвищена оптимізацією геометрії елементів коліна з поліпшенням розподілу напруг у перерізах валу, а також застосуванням матеріалів та способів обробки, що сприяють підвищенню межі витривалості. Особливо важливе зниження напруг у зонах концентрації (у місцях розташування отворів для змащування та місцях сполучення щік і шийок). Однією з причин нерівномірного розподілу напружень частинами коліна є різка зміна напрямку осьової лінії при переході від шийок до щок, в результаті чого нейтральна вісь при згині викривляється, наближаючись до кутів кривошипа, що входять.

Зміщення нейтральної осі обумовлює збільшення напруги у вхідних кутів, як би згущення ліній силового поля, що до певної міри аналогічно вигину кривого бруса, коли при зменшенні внутрішнього радіусу кривизни збільшуються напруги на внутрішній стороні бруса. При згинанні осьової лінії підвищується також напруга кручення. При однакових радіусах жолобника межа витривалості для сполучення шийки зі щокою на 20-25% менше, ніж для такого ж сполучення співвісних валів різних діаметрів із співвідношеннями елементів.

У разі застосування у валах двигунів похилих щік розподіл напруги покращується. Таку конструкцію застосовували в двигунах малої потужності, у яких тиск на опори невеликий і були відсутні проміжні підшипники. За наявності похилої щоки та проміжних підшипників відстань між осями циліндрів збільшується. Для підвищення міцності у місцях переходу шийок у щоки слід збільшувати радіуси жолобника сполучення. Доцільно описувати жолобник декількома радіусами великим радіусом ЯЗ повинна бути описана та частина галтелі, де найбільші напруги, тобто. у щоки. Іноді у форсованих двигунах для зменшення концентрації напруг роблять поглиблення, але тільки в тому випадку, якщо щока практично не послаблюється. Тоді може

бути збільшений радіус жолобника без скорочення робочої довжини шийки. Поглиблення, зроблене в шийці, може значно послабити вал у зоні концентрації напруги. Зміщення порожнини в шатунній шийці від осі валу сприяє перерозподілу силових ліній і зменшення напруги вигину біля вхідного кута. Внаслідок цього межа витривалості може бути підвищена на 10-15% і більше. Ширина і товщина щоки, а також діаметр корінної шийки (як зовнішній, так і внутрішній) впливають на розподіл напруг в елементах коліна. Величина найбільшої напруги залежить від розташування полегшує порожнини в шатунній шийці. Значне підвищення міцності досягається при поєднанні порожнистих шийок з широкою щокою, особливо якщо порожнина в шатунній шийці має бочкоподібну форму. У цьому випадку зменшується концентрація напруг біля жолобника. Зі збільшенням перекриття А шийок межа витривалості на вигин підвищується. Однак вплив перекриття на міцність помітний лише після певної межі, як це видно з діаграми, побудованої на основі експериментальних досліджень валів форсованих швидкохідних двигунів. На діаграмі величина амплітуди напруг при  $A/4 = 0$ . Зняття металу у вигляді «підків» зі щік шатунної шийки не відбивається на міцності при виконанні кута скосу в певних межах. У колінчастих валів із сильно скошеними щоками межа витривалості може зменшуватися на 5-10% і більше. Великий вплив на міцність валу має розташування в шатунній шийці масляного каналу.

Як було зазначено, епюра дійсних дотичних напруг  $t'$  крутіння має овальну форму з максимумом у площині коліна на відміну від епюри номінальних напруг  $t$ . Внаслідок цього отвір для подачі масла раціонально розташовувати під кутом, близьким до  $90^\circ$  (або  $270^\circ$ ), до осі щоки; при цьому в точках, що відповідають виходу каналу на поверхню, напруги помірні. Як показали проведені експерименти, межа витривалості при крученні колінчастого валу у разі розташування масляного каналу під кутом  $\gamma = 90^\circ$  підвищився на 11% порівняно з межею витривалості при  $\gamma = 30^\circ$  і на 15% порівняно з межею витривалості при  $\gamma = 0$ . Розглянуті вище заходи щодо

підвищення міцності значно простіше реалізувати на литих валах. Литому валу може бути додана раціональна форма щодо рівномірного розподілу напруг і віброміцності.

Позитивний результат, як вказувалося вище, отримується при зменшенні товщини щоки в середній частині і при видаленні матеріалу в місцях найбільшої напруженості, в результаті чого внутрішні сили передаються в основному через бічні частини щік. У разі застосування порожнистих шийок покращується розподіл напруги по ширині щоки. У суцільних шийках максимальна напруга в галтелі виникає в середній площині коліна. При розсвердлюванні отворів у шийках максимумами напруг у щоці зміщуються. У цьому випадку виходять два максимума в точках, розташованих симетрично щодо осі щоки. Зовнішню жолобник у вхідному куті і місце переходу бочкоподібного перерізу в циліндричний раціонально розташовувати по можливості в одному поперечному перерізі. На рис. 159, а б показані кований і литий вали. Найбільший інтерес представляє литий вал, у якого осьова лінія щоки виконана похилою. Те саме відноситься до отвору в щоці для змащування, напрямком осі якого приблизно відповідає напрямку силових ліній. Щока в середній частині виконана більш тонкою для того, щоб розвантажити жолобник від напруг. Порожнини шийок мають бочкоподібну форму. У місцях, де проходить канал, у цих порожнин зроблені виступи, що підсилюють. Місця переходу щік у шийки виконані з великими радіусами заокруглень, що виявилось можливим унаслідок похилої форми щоки. Однак у конструкції валу з похилою щокою збільшується відстань між опорами. На думку деяких дослідників, при виливці колінчастих валів з чавуну з кулястим графітом можна створити конструкцію з характеристиками по міцності практично такими ж високими, як у сталевого кованого валу при однакових зовнішніх діаметрах шийок. На рис. 160 а-в наведені приклади конструкцій кованого і литих валів з прямими щоками. Найбільш високий опір втомі має вал, виконаний за схемою, наведеною на рис. 160, е. У поковках валу напрямком волокон має відповідати конфігурації колін.

Поковки піддають відпалу для усунення внутрішніх напруг і полегшення попередньої обробки. Нерідко для підвищення міцності валів, крім загартування і відпустки, застосовують спеціальні термохімічні способи обробки, внаслідок чого збільшується твердість поверхневого шару і з'являються залишкові стискаючі напруги. Одним з найбільш ефективних, але водночас дорогих засобів підвищення опору втомних колінчастих валів є азотування. При цьому послаблюється вплив концентрації напруг і якості поверхні на міцність, а також вплив волосин, неметалевих включень, що дозволяє застосовувати грубішу механічну попередню обробку. Як показують експериментальні дослідження, у валів, виготовлених із легованих сталей, при азотуванні підвищується межа витривалості при крученні на 30-40% і при вигині на 30-60%. Після азотування деталі необхідно піддавати механічній обробці з великою обережністю. Шліфуванням на глибину трохи більше 10-15% загальної глибини шару можна трохи підвищити опір циклічним навантаженням. Однак унаслідок появи мікроскопічних тріщин при шліфуванні жолобників опір втомних знижується. Якщо свердлити отвір для подачі олії після азотування, то можна значно знизити опір знакозмінному крученню. Азотування поверхні шийок сприяє зменшенню їхнього зносу; те саме стосується і хромування. При використанні наклепу поверхонь шийок створюється поверхневий шар, що характеризується залишковими напруженнями, що стискають, а також можуть бути ліквідовані мікроскопічні тріщини. Останні нерідко є причинами виникнення втомних тріщин. При наочуванні жолобників роликком і обдування дробом, а також при обтисканні країв масляного отвору сталеву кулькою межа витривалості поверхонь підвищується на 20-30% при згині і трохи менше при крученні. При наклеп сталевим дробом межа витривалості сталей підвищується на 10-20%. Опір втомних можна підвищити також цементацією та ціануванням. Як показують дослідження з легованих сталей, ефективні коефіцієнти концентрації у зоні отворів при цементації знижуються на 30-40%. При

виготовленні валів із сталей з підвищеним опором втоми (вище 900-1000 МПа) міцність валу не збільшується.

Матеріали колінчастих валів Вали виготовляють зі сталі куванням і штампуванням або вилівкою зі сталі або чавуну. Застосування валів з вуглецевих сталей для двигунів малої та середньої напруженості пояснюється порівняльною низькою вартістю термообробки та пластичними властивостями цих сталей. Для валів стаціонарних, суднових і тепловозних двигунів частіше застосовують сталі 35, 40, 50, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г та ін. , 35ХМ, 30ХН2МА, 18Х2Н4МА та ін.). Для валів автомобільних та тракторних двигунів застосовують сталі 45, 45, 50Г, 40Х, 45Г2, 38ХГН, 40ХН2МА. Хромованадієві, хромомолібденові, хромонікелеві та хромонікель-молібденові сталі (30ХМА, 20ХН3А, 38Х2МЮА, 40Х2Н2МА, 25Х2Н4МА, 38Х2МЮА та ін.) служать для виготовлення колінчастих потужностей швидкого навантаження валів швидко. У суднових, стаціонарних, тепловозних і автотракторних двигунах нерідко застосовують литі колінчасті вали зі спеціального модифікованого чавуну з кулястим графітом (СЧ 30, СЧ 35 та ін) перлітно-феритної структури та з вуглецевої та легованої сталей. Виготовлення литих чавунних валів простіше та економічніше, при цьому витрачається менше металу і менше часу витрачається на обробку, ніж при виготовленні сталевих штампованих або кованих валів. Причому економія металу збільшується в міру ускладнення конструкції валу, зносостійкість шийок внаслідок наявності в чавуні графіту зростає, надійність роботи валу завдяки великій циклічній в'язкості чавуну підвищується. У той самий час слід зазначити, що механічні якості чавунних колінчастих валів гірше, ніж сталевих кованих, виявити внутрішні ливарні вади вони важче. При застосуванні твердих сплавів для підшипників, зокрема свинцевої бронзи, шийкам надають високу твердість термообробкою. Термообробку застосовують для підвищення зносостійкості також і у випадках заливання підшипників бабітом.

Після проведення ряду досліджень в якості перспективного матеріалу для колінчастих валів дизелів ЯМЗ-236 і ЯМЗ-238 була обрана хромованадієва середньовуглецева сталь, що має хорошу прогартовуваність при допустимому мінімальному вмісті вуглецю, а також значні стійкість проти відпуску і втомну міцність.

Були проведені також втомні випробування нормалізованих і поліпшених в поковці колінчастих валів із сталей 50Г і 50ХФА, а також поліпшених валів зі сталі 50Г після попередньої їх механічної обробки (рис. 2.16). З цих графіків випливає, що втомна міцність поліпшених в поковці колінчастих валів зі сталі 50Г на 29% вище, ніж нормалізованих валів, а втомна міцність валів зі сталі 50ХФА на 14% вище, ніж поліпшених валів зі сталі 50Г. Зміцнення накаткою галтелів поліпшених валів зі сталі 50Г підвищує їх втомну міцність не менше ніж на 15% (рис. 2.17).

Графік прогнозованої втомної міцності колінчатих валів зі сталі 50ХФА при впровадженні описаних вище змін наведено на рис. 2.17.

Міцність колінчастих валів може бути ще більш підвищена шляхом азотування. Так, при азотуванні валів зі сталі 50ХФА втомна міцність підвищується на 50%. Виготовлення колінчастих валів зі сталі 40Х1НВА дозволяє ще більше збільшити ефект від азотування. У разі застосування азотування колінчастих валів при недостатній подачі масла в сполучення шийок з підшипниками тріщини не виникають, а при експлуатації дизелів з колінчатими валами, загартованими з нагріванням СВЧ, ймовірність їх появи не виключена, наприклад, в умовах частих пусків і роботи при низькій температурі.

Крім того, азотування підвищує зносостійкість шийок колінчастого вала (в середньому на 22%).

## 2.2. Шатуни

Шатун піддається дії змінного навантаження від тиску газів і сил інерції. Для досягнення необхідної надійності шатуна на стадії конструкторсько-

технологічної розробки необхідно передбачити: достатню міцність під дією всіх прикладених циклічних та постійних навантажень, включаючи періодичні навантаження, пов'язані з допустимою в експлуатації швидкістю та частотою змін режимів роботи двигунів на установках; необхідну жорсткість або опір надмірним пружним деформаціям від прикладених найбільших навантажень для виключення неприпустимих спотворень форми, що порушують нормальну роботу шатунних підшипників; стабільність розмірів у часі або опір залишковим деформаціям несучих елементів та зношування опорних поверхонь від робочих впливів протягом усього терміну служби або заданих міжремонтних періодів; повну замкнутість роз'ємних нерухомих з'єднань або опір їх незворотним змінам та фрикційно-корозійним пошкодженням на стикових поверхнях при циклічних навантаженнях та можливих мікропереміщеннях.

Шатун складається з стрижня, поршневої та кривошипної головок, шатунних болтів та вкладишів. У деяких випадках у конструкції шатуна відсутні окремі з перерахованих елементів. Так, може бути відсутня поршнева головка, що замінюється циліндричною п'ятою, що приєднується до поршневого пальця болтами або кульовий п'ятою, що спирається на сферичний підшипник (підп'ятник) в поршні. При використанні підшипників кочення в головках замість втулки і вкладишів встановлюються загартовані опорні кільця - обойми. У разі обмежених габаритних розмірів замість шатунних болтів для скріплення роз'ємних деталей головки можуть використовуватися багатозрізні гребінчасті з'єднання з конічними штифтами на пресовій посадці. Конструювання шатуна приступають після вибору значення  $X$ -відносини радіуса кривошипа до довжини шатуна.

Стрижні шатунів. Стрижень шатуна відчуває головним чином осьові циклічні зусилля. Різні перерізи стрижнів та шатунів. При слабо вираженому згині поперечний переріз стрижня може мати форму суцільного кола або кола з отвором квадрата або хрестоподібного профілю. Однак у більшості випадків із-за наявності певного поперечного вигину в площині руху шатуна

вибирають профілі з переважним розташуванням матеріалу саме в цій площині та з орієнтацією в ній найбільшого розміру (висоти перерізу).

Для шатунів двигунів рядного типу це найбільш економно досягається при двотавровому профілі стрижня, що дозволяє здійснити плавний перехід його полиць в криволінійні обриси головок. Цим забезпечується безперервний зв'язок силових поясів складових елементів в конструкції і досягається підвищена жорсткість шатуна при відносно малій масі. Для гявних шатунів, зчленованих з причіпними, що мають додаткові вуха на кривошипній головці, вимоги безперервності силових поясів елементів (вухків і стрижня в системі головки) повніше досягаються при двотавровому Н-подібному перерізі стрижня. з розташуванням полиць у площині руху.

При цьому можна повністю усунути Т-подібні податливі ділянки між центральною стінкою двутавра і площинами, рознесеними по торцях вушок, де різко знижується загальна жорсткість несучого контуру головки і ліжка шатунного підшипника. Така конструкція головних шатунів з розгорнутим (на  $90^\circ$ ) двотавровим профілем стрижня доцільна для головок з кількома вушами; вона застосовувалася для шатунів зіркоподібних авіаційних і У-образних двигунів окремих типів. Профілі круглого перерізу застосовують у сучасних конструкціях головним чином для шатунів малооборотних стаціонарних і судових двигунів, а також іноді для причіпних шатунів У-подібних двигунів.

Стрижні шатунів прямокутного перерізу прості у виготовленні; їх застосовують для човнових та деяких двигунів малої потужності мотоциклетного типу. Для подачі масла до поршня і підшипника поршневої головки шатуна в тілі стрижня часто виконують глибокі отвори-канали, які зазвичай розташовують в середній частині перерізу, а в окремих випадках зміщують в периферійну зону перерізу (за умовами допустимого виходу отвору на поверхню ліжка шатунного підшипника).

При виконанні каналу в шатуні з двотавровим профілем перерізу передбачають додаткові потовщення стінки. Якість обробки поверхні каналу

повинна бути узгоджена з якістю обробки зовнішньої поверхні стрижня, щоб виключити можливе ослаблення стрижня через грубу поверхню каналу в умовах підвищеного циклічного навантаження.

Поршнева та кривошипна головки шатунів, шатунні болти Поршневу головку шатунів зазвичай виконують у вигляді цільної замкнутої вуха круглої або овальної форми, що має плавне сполучення зі стрижнем шатуна і симетричної щодо його поздовжньої осі. У ряді випадків форма головки має менш сприятливі ступінчасті та несиметричні обриси, що найчастіше пов'язано з введенням додаткових технологічних виступів, що використовуються як бази при виготовленні або призначені для регулювання (підгонки) маси шатуна. У верхній середній частині голівки іноді виконують виступаючий ділянку, окреслений по циліндричній або сферичній поверхні, до якого після складання з поршнем щільно притискається спеціальний стакан для подачі масла під заданим тиском з шатуна в поршень. Основні різновиди конструкцій поршневих головок показані.

У форсованих швидкохідних двигунах застосовують круглі тонкостінні головки. У ранніх конструкціях автомобільних і тракторних двигунів при закріпленні пальця в шатуні голівку робили з прорізом, який для полегшення монтажу часто виконували косою. У небагатьох конструкціях двигунів, зокрема двотактних, застосовують голчасті підшипники; у цьому випадку тиск на опорну поверхню може бути вищим за досить великої тривалості роботи без ремонту. Конструкція виходить складнішою. Для подачі олії в поршень, а також до поверхонь, що труться, в тілі головки роблять отвори і кільцеву канавку в розточуванні, що розташовуються, як правило, в площині руху шатуна. Для отримання необхідної зносостійкості в місці з'єднання головки шатуна з поршневим пальцем в отвір головки встановлюють з початковим натягом втулку із бронзи (типу БрОФ 7,0-0,2) або зі сталі.

Робочу поверхню сталеві втулки покривають тонким шаром м'якого металу (зазвичай свинцю та олова з добавкою міді). У табл. 18 наведені орієнтовні співвідношення зовнішнього  $s!g$  і внутрішнього  $g/$ , діаметрів

головки в залежності від діаметра пальця с/п для стаціонарних, суднових та тепловозних двигунів. Товщина втулки шатунів легких двигунів = 1 -4 мм (частіше 2-2,5 мм). Втулки з листової бронзи роблять меншої товщини (до 0,8 мм). Товщина стінки головки 5Г = 3-г 10 мм. Кривошипна головка шатуна відрізняється найбільшим розмаїттям форми. Конструкція кривошипної головки значною мірою залежить від компоновочної схеми двигуна. Її геометричною структурою визначається тип шатуна. Найбільш проста по конструкції кривошипна головка виконується у вигляді плоскосиметричної вуха. Шатун з такою головкою встановлюють в однорядних двигунах, а також в У-подібних зі зміщеним розташуванням циліндрів лівого і правого рядів і двох розташованих на шийках колінчастого валу шатунах. Всі можливі модифікації шатунів із збереженням цієї структурної ознаки головок далі називаються шатунами рядного типу, незважаючи на відмінність у зовнішніх обрисах, в положенні та нахилі площини роз'єму головки, а також особливості з'єднання головки з кришкою шатуна.

При жорсткому обмеженні габаритних розмірів по довжині У-подібного двигуна або неможливості взаємного зміщення рядів циліндрів за умовами конструкції блока-картера застосовують зчленовані шатуни. Залежно від конкретних вимог та заданих обмежень використовують зчленовані шатуни двох типів: з причіпним зчленуванням у вигляді головного та причіпного, з'єднаних додатковим боковим шарніром (прицепом, розміщеним у кривошипній головці головного шатуна), або з центральним зчленуванням у вигляді вільчастого (зовнішнього) шатуна та центрального (Внутрішнього), що охоплює роз'ємну порожнисту шийку головки вільчатого шатуна, співвісну з отвором їх загального шатунного підшипника.

Конструкції кожного варіанта притаманні певні переваги та недоліки. Для шатунів з причіпним зчленуванням через бічне (ексцентричне) розташування осі причепа є відмінності в кінематиці рухів поршнів головного та причіпного рядів циліндрів, що призводить до виникнення

додаткового силового впливу причіпного шатуна на головний у вигляді поперечного вигину стрижня.

При проектуванні кривошипної головки головного шатуна найбільшу увагу потрібно приділяти обґрунтованому вибору розмірів вуха, діаметра пальця і товщини перемички (між розточуванням ліжка підшипника та виїмкою під головку причіпного шатуна або втулку його пальця). При цьому недолік жорсткості в цій зоні важко заповнити збільшенням жорсткості інших ділянок головки. Рухливе зчленування причіпного і головного шатунів здійснюється за допомогою пальця, який утворює опору для причіпного шатуна і в залежності від прийнятого варіанту з'єднання може бути або закріплений, або встановлений у вухка головного шатуна рухомо. У конструкції із закріпленим або запресованим пальцем причіпний шатун має головку із встановленою в ній втулкою і утворює підшипник ковзання, аналогічний підшипнику поршневої головки з пальцем поршня. У цьому випадку для розміщення головки причіпного шатуна в головці головного роблять відносно глибоку кругову виїмку, що послаблює несучий контур кривошипної головки головного шатуна.

З метою зміцнення ділянки потонених стін ліжка та причіпного пальця для отримання достатньої міцності при згині під навантаженням у таких з'єднаннях застосовують проміжну опору (для пальця) у вигляді виступу-сектора на перемичці головного шатуна. Одночасно в головці причіпного шатуна роблять проріз довжиною, що відповідає робочому куту гойдання в шарнірі. Для підвищення несучої здатності підшипника причіпного шатуна в головному шатуні застосовують конструкцію з рухомим пальцем, в якій причіпний шатун замість головки має циліндричну п'яту і кріпиться до пальця спеціальними болтами, що вкручуються на різьбленні в палець (рис. 120). У такому з'єднанні відпадає необхідність у збільшеній виїмці в тілі головного шатуна, і палець спирається по всій ширині перемички на запресовану в розточку вушок вушок, що утворює розвинений підшипник ковзання. У У-подібних і зіркоподібних двигунах причіпне зчленування

шатунів є практично єдино можливим рішенням, що широко використовувалося раніше в авіаційних конструкціях. Доведення шатунів у разі представляє дуже складне завдання.

Кривошипну головку шатунів для двигунів більшості типів виконують роз'ємною за умовами збирання з колінчастим валом. Наявність роз'євів і болтових з'єднань в кривошипних головках значно ускладнює їх форму і збільшує різноманітність конструкцій, що застосовуються. Важливою ознакою, що безпосередньо впливає на обриси головки та її конструкцію, є обране положення поверхні роз'єму кришки і тіла стрижня. У поширених раніше кривошипних головках з прямим роз'ємом (перпендикулярним осі стрижня шатуна) головка виконувалася симетричною, а стикові поверхні - плоскими з фіксацією взаємного положення кришки і стрижня (при складанні) штифтами або спеціальними центруючими виступами. Через наявність опорних майданчиків під голівки та гайки шатунних болтів кривошипні головки цього типу мають характерні кутові виступи та велику нерівномірність жорсткості контуру головки. Внаслідок обмеження зовнішнього розміру кривошипної головки при прийнятих діаметрах шатунної шийки колінчастого валу, близьких до діаметра циліндра, різко скорочується радіальна товщина тіла головки в зоні роз'єму, що не дозволяє мати нормальні розміри стикового перерізу.

Для підвищення жорсткості головки як частково компенсуючого заходу за вимушене ослаблення зони роз'єму зазвичай збільшують висоту середньої частини кришки, виконуючи її з метою обмеження маси у вигляді двотаврового профілю (у поперечних перерізах) з двосторонніми виїмками поблизу нейтрального шару кришки. Зазначені недоліки кривошипних головок з прямим роз'ємом призвели до широкого поширення головок з косим роз'ємом, у яких площина стиків розташовується під певним нахилом до осі стрижня. Удосконалення форми головки досягається в ряді виконаних конструкцій шляхом симетричного перерозподілу радіальних товщин

несучого контуру з переходом до кришки з наростаючою висотою її перерізів при наближенні до зони нижніх шатунних болтів.

на додаткові технологічні труднощі виготовлення та складання, більш симетрична в цілому (щодо загальної осі шатуна) форма головки більше відповідає оптимальному варіанту шатунів рядного типу. При такій конструкції головки знижується маса і забезпечують достатню міцність і жорсткість, підвищується надійність шатунних підшипників в умовах тривалої роботи. Згідно з виконаними розрахунками, оптимальні значення кута  $\phi$  нахилу площини роз'єму до осі стрижня шатуна знаходяться в межах 42-50 °. У зв'язку з появою в косому роз'ємі під дією навантаження значних змінних сил зсуву стикові поверхні в головках такого типу виконують профільними, так як в них утворюються замкнуті елементи для пружного опору поперечним зусиллям. У шатунах існуючих конструкцій застосовують такі з'єднання профільних стиків: зубчасте (шліцеве) у вигляді системи трикутних шліців із заданою щільністю прилягання ; однозубе типу зуба пили з несиметричним узгодженим профілем і силовим замиканням; замкове у вигляді прямокутних виступів, що чергуються, і западин шпонкового типу з замиканням за рахунок початкової посадки в замку і сил тертя від затяжки. У шатунах сучасних конструкцій найчастіше використовують з'єднання двох перших видів, що володіють підвищеною несучою здатністю і самозамиканням по зсуву при повторних розбираннях, що досягаються затягуванням болтового з'єднання. З метою виключення поломок в зонах глухих різьбових гнізд для вкручування шатунних болтів пред'являють високі вимоги до геометрії різьблення, плавності переходу бічної поверхні та дна отвору, шорсткості та контролю якості матеріалу. Конструкція шатунних болтів через особливу важливість болтових з'єднань повинна відповідати насамперед вимогам міцності і високої надійності при тривалій роботі. У двигунах застосовують шатунні болти різних типів

Матеріали шатунів Шатуни здебільшого виготовляють куванням у штампах з подальшою термічною та механічною обробкою. Як матеріал для виготовлення шатунів найбільш часто застосовують вуглецеву або леговану сталь. Для шатунів форсованих двигунів доцільно застосовувати леговані сталі, враховуючи необхідність забезпечення достатньої циклічної міцності без значного збільшення розмірів небезпечних перерізів, а також отримання однорідних властивостей металу деталі після термообробки, тобто. досягнення рівномірної прожарюваності по перерізах. Рекомендовані леговані сталі, перевірені тривалим досвідом виробництва та експлуатації двигунів з урахуванням вибору з них помірно легованих, такі: для високонавантажених шатунів, що мають досить великі розміри перерізів, стали 40ХН2МА, 40Х2Н2МА, 36Х2Н2МФА, 30ХМА, 4; для шатунів форсованих швидкохідних дизелів-сталі 40ХН2МА, 38Х2Н2МА, 38Х2МЮА; для шатунів стаціонарних та малооборотних судових двигунів-сталі 40Х, 45Х, 40ХН, 45Г2. Вуглецеві сталі знаходять застосування для шатунів щодо невеликих розмірів при помірній їхній напруженості або шатунів найбільших розмірів. При цьому застосовують для шатунів автомобільних і тракторних двигунів сталі марок 30, 35, 40, 45; для шатунів стаціонарних та судових тихохідних двигунів -40, 45, 50. Для кращого використання високих властивостей легованих сталей готової деталі необхідно враховувати їхню підвищену чутливість до якості поверхні, тобто. до її макро- та мікрогеометрії, стану поверхневого шару та ін. У цьому випадку залишати з метою зниження трудомісткості необроблену поверхню після штампування означає втратити в результаті зміцнення 50-70% циклічної міцності матеріалу по витривалості, тобто. отримати деталь, по міцності однаковою з виготовленою із вуглецевих сталей. Причиною такого зниження є, окрім впливу грубої обробки поверхні, наявність ослабленого шару металу, в якому внаслідок високих повторних нагрівань при штампуванні і термообробці (загартуванні) вигоряє значна частина вуглеводу і легіруючих елементів. Шатуни, що виконуються з легованих сталей, необхідно механічно

обробляти (або зачищати) для видалення обезуглегленого шару або нагрівати під штампування в захисному середовищі. При товщині шару до 0,3-0,4 мм, що залишається після зачистки або виникає в попередньо обробленій деталі після її нагріву під загартування, несприятливе розуміщення може бути повністю компенсовано обдуванням поверхні сталевим дробом (наклеп дробом). При рівні розтягуючих напружень у стрижні вище 20 МПа, характерному для шатунів чотиритактних двигунів підвищеної швидкодії, різко зростає небезпека розвитку втомних тріщин у поверхневому шарі ослабленого і пошкодженого металу і виникнення наступних поломок. Звідси необхідно майже повне видалення обезуглеродженого шару і проведення компенсуючої обробки отриманої чистої поверхні шатуна сталевим дробом для усунення можливого впливу залишків дефектного шару готової деталі. Особлива увага повинна приділятися величині напруженості та вибору технології обробки стрижнів головних шатунів У-подібних двигунів (чотирьох- та двотактних) через появу при роботі - окремих перерізах значного вигину від силової дії причіпних шатунів. Аналогічно циклічному розтягуванню при циклічному згині, починаючи зі стану, що характеризується напруженням більше 20 МПа, потрібно виконати для стрижня головного шатуна часткову додаткову обробку поверхні з видаленням найбільш ослабленої зовнішньої зони обезуглеродженого шару і призначення компенсуючої зміцнюючої обробки. Шатунні болти роз'ємних головок шатунів сучасних двигунів виготовляють переважно з легованих конструкційних сталей. У малооборотних двигунах (насамперед у двотактних) використовують у ряді випадків вуглецеві конструкційні сталі (35, 40, 45 та ін.), а також хромонікелеві середньовуглецеві сталі. Ці матеріали йдуть для виготовлення штоків МОД. Сталі 45, 50, а також хромомолибденові та хромонікелеві середньовуглецеві сталі застосовують для виготовлення поперечок з подальшою термічною обробкою. Повзуни малооборотних двигунів відливають зі сталей 20Л-50Л. Для виготовлення шатунних болтів тепловозних двигунів, а також

швидкохідних форсованих слід застосовувати найбільш міцні і в'язкі хромонікельмолібденові (або вольфрамові) і хромонікельмолібденованадієві сталі 40ХН2МА, 40Х2Н2МА, 38ХН3МА, 38ХН3МА, 38ХН3МА. Для шатунних болтів автомобільних і тракторних двигунів успішно використовують леговані сталі 40Х, 45Х, 30ХМА, 35ХМ, 40ХН2МА. Проведені дослідження та досвід експлуатації двигунів показали, що для шатунних болтів, а також для інших болтових з'єднань з великим зусиллям затягування не слід застосовувати леговані сталі 18Х2Н4МА, 20ХН3А та ін. з низьким вмістом вуглецю, щоб при тривалій роботі не накопичувалися.

### **2.3. Вкладиші корінних і шатунних підшипників.**

При проектуванні чотиритактних дизелів ЯМЗ було передбачено застосування шатунних і корінних вкладишів товщиною відповідно 4,0 і 5,5 мм, що виготовляються із сталеві труби. Внутрішня поверхня труби заливалася свинцювистою бронзою. Товщина антифрикційного шару у дизелів перших випусків дотримувалися в межах 0,5...0,9 мм.

Аналіз даних експлуатації показав, що утомна міцність цих вкладишів була недостатня, хоча розрахункові навантаження на корінні і шатунні вкладиші, що визначають їх надійність, не перевищують такі як у більшості сучасних дизелів. Проведені дослідження дозволили встановити вплив товщини антифрикційного шару на стійкість вкладишів.

Випробування вкладишів з товщиною цього шару, зменшеною до 0,35...0,65 мм, показали, що їх втомна міцність підвищилася в 1,4 рази. Подальше підвищення втомної міцності було досягнуто в результаті нанесення на поверхню антифрикційного шару свинцовооловянистого сплаву товщиною 0,011...0,015 мм. Зменшення товщини бронзового антифрикційного шару і нанесення на нього зазначеного сплаву привели до підвищення втомної міцності в порівнянні з вихідним варіантом в 2,1 рази. Подальше зменшення товщини антифрикційного шару при даній технології виготовлення виявилось неможливим через недостатність мінімальної

товщини шару. Тому було освоєно виробництво вкладишів з біметалічної тонкостінної стрічки, що дозволило забезпечити оптимальну товщину антифрикційного шару.

Цикл досліджень щодо підвищення працездатності вкладишів включав: визначення витрати масла через шатунні і корінні підшипники колінчастого вала; вимір температури вкладишів на працюючому двигуні; аналіз розрахункових навантажень на вкладиші; пошук шляхів збільшення питомих навантажень на вкладиші з метою розробки методу форсованих випробувань; оцінку зносостійкості вкладишів в різних умовах експлуатації і при різній ефективності очищення масла; оцінку антифрикційних властивостей різних матеріалів.

Визначення витрати масла через підшипники вироблялося на моторному стенді за допомогою спеціальної установки, що складається з масляного насоса з приводом від електродвигуна і мірних баків.

Через підшипники дизеля прокачується масло в кількості, достатньому для забезпечення гідродинамічного мащення і відведення тепла від підшипників (рис. 2.22). Останнє було перевірено виміром температур вкладишів на працюючому двигуні. Температура вкладишів (в зоні антифрикційного шару) практично дорівнює температурі масла в масляному картері двигуна. Шляхом розрахунку були визначені навантаження в функції частоти обертання колінчастого вала в залежності від максимального тиску згоряння, а також питомі навантаження при зменшенні несучої поверхні вкладишів.

При розробці методу оцінки вкладишів були зіставлені приблизні причини їх руйнування: внаслідок порушення масляної плівки при пуску, різкій зміні швидкісних режимів і обкатці дизеля. Результати випробувань, проведених з метою перевірки вірогідності перших двох гіпотез, не можуть бути використані для оцінки антифрикційних властивостей вкладишів на несталих режимах роботи, так як неможливо однозначно відтворити умови випробувань (умови подачі мастила і підтримку певних кутових прискорень колінчастого вала). Третя гіпотеза порушення масляної плівки не відповідає експлуатаційним умовам роботи вкладишів і скоріше характеризує якість виготовлення підшипникового вузла.

#### **2.4. Блок циліндрів**

Блок циліндрів - основна деталь, що формує структурну жорсткість та взаємозв'язок елементів конструкції двигуна. Виходячи з цього, працездатність і особливо надійність механізмів дизеля, безпосередньо пов'язаних з блоком циліндрів, залежать від міцності, жорсткості та стабільності конструктивних елементів блоку. У цих умовах оптимізація конструкторських, технологічних та металургійних рішень була основним завданням при відпрацюванні блоку в період освоєння виробництва дизелів ЯМЕ-236 та ЯМЗ-238, а потім дизеля ЯМЗ-240 та подальшого впровадження комплексу заходів щодо підвищення їх ресурсу. Відзначимо велике позитивне значення застосування операції штучного старіння виливків, яке дозволило звести до мінімуму деформації блоку в процесі експлуатації.

Необхідність відповідної доопрацювання конструкції блоку було виявлено в результаті узагальнення великої інформації, що систематично надходить безпосередньо з господарств, та в результаті обстеження стану деталей дизелів на ремонтних заводах. Для виконання досліджень, що мають на меті вдосконалення блоків циліндрів, було створено комплекс спеціалізованих установок, що дозволили здійснити дослідницькі роботи та форсовані випробування. Результати цих досліджень послужили основою для

заходів щодо поліпшення конструкції блоку та технології його виготовлення, при впровадженні яких істотно підвищилися якість блоку та його ресурс, а отже, і ресурс дизеля. Нижче розглядаються результати низки досліджень щодо вдосконалення блоків циліндрів дизелів ЯМЗ. Посилення картерної частини блоку циліндрів. Принциповою особливістю конструкції блоку є U-подібне розташування циліндрів. Цим визначається специфічний характер впливу сил на елементи картерної частини блоку. Використання методу крихких лакових покриттів дозволило виявити орієнтацію основних напруг у картерній частині. Результати тензометрування перегородок вихідної конструкції (рис. 2.29) в умовах динамічного докладання навантажень, що відповідають роботі дизеля, узагальнені в табл. 6. Як випливає з таблиці, поле напруг неоднорідне. У переважній частині його деформації та підраховані за ними напруги відносно невеликі. Амплітудне значення напруги, що розтягує, зареєстрованого для передньої стінки, у багато разів перевищує відповідні величини на інших ділянках стінки. Поряд із ділянками, де переважають розтягуючі напруги, є ділянки, що зазнають стискаючих напруг. Це свідчить про циклічний згин стінки даної конструкції під час роботи двигуна.

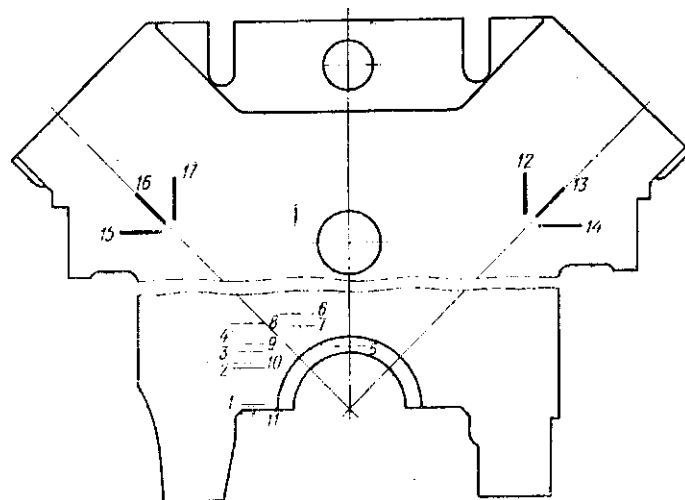


Рис. 2.29. Схема установки тензодатчиків на блоці циліндрів: 1-11 - тензодатчики, встановлені на передній стінці; 12 - 17 - тензодатчики, розташовані на задній стінці

Для вирівнювання поля напруг стінки вихідної конструкції блоку (рис. 2.30, а) були оребрені (рис. 2.30, б). Тензометруванням встановлено, що введення оребрення призвело до значного зниження амплітуди напружень, що розтягують, і неоднорідності поля напруг. Амплітуда розтягуючих напруг у зміненій конструкції порівняно з вихідною знизилася в 3 рази. Як і у вихідній конструкції, стінки зміненої конструкції на великих ділянках зазнають напруги стиснення. Амплітудні значення напруг у стінках зміненої конструкції також зменшилися порівняно з такими у стінках вихідної конструкції.

Значне зниження рівня розтягуючих напруг свідчить про доцільність цієї зміни конструкції, що і підтверджено результатами випробувань на втомну міцність.

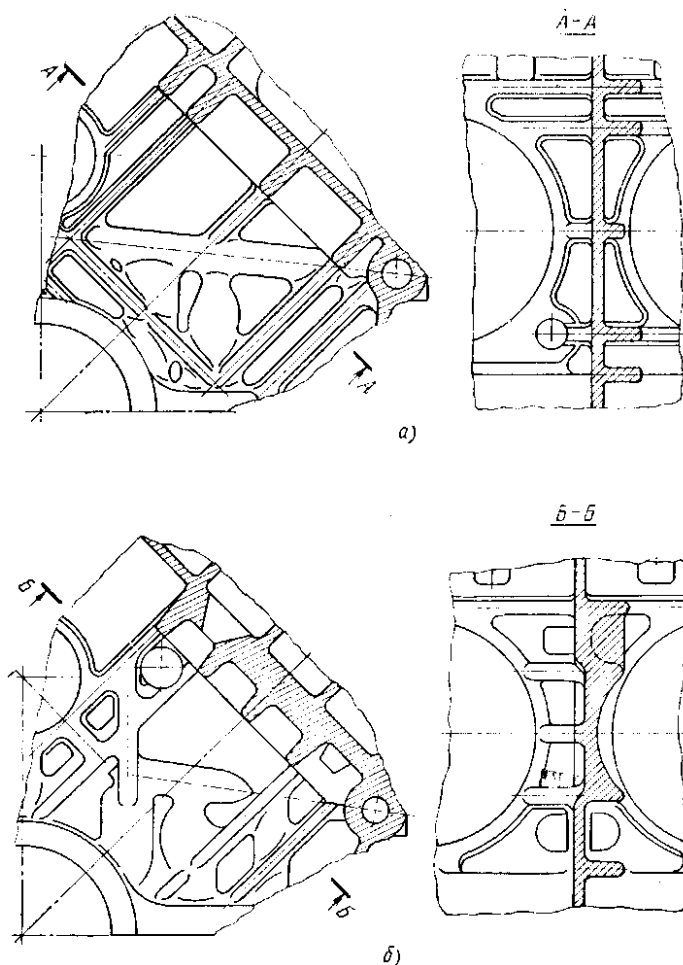


Рис. 2.30. Конструкції блоку: а - вихідна; б - змінена

У процесі випробувань з циклічним навантаженням при початковій амплітуді циклу, що перевищує номінальне газове навантаження на 300%, і частоті 750 циклів за хвилину амплітуди послідовно зростають до виникнення руйнування втомних поперечних стінок. За відсутності руйнувань через 10 год навантаження збільшували сходами на 6%, після чого цикл повторювали випробувань, і так до появи втомних тріщин. Графік навантаження та результати випробувань показані на рис. 2.31.

Таким чином, внаслідок оребрення поперечних стінок значно підвищилося число циклів до появи руйнування в умовах багаторазових навантажень порівняно з навантаженнями, що відповідають дійсному робочому циклу. Узагальнення даних експлуатації підконтрольних автомобілів підтвердило достатню надійність даного елемента конструкції блоку після введення описаних вище змін. Забезпечення співвісності постілей корінних підшипників у блоці циліндрів» Великий вплив на напруженість сполучених деталей кривошипно-шатунного механізму і, насамперед, колінчастого валу надає співвісність постілей під шипників колінчастого валу. Внаслідок цього було звернено увагу на зниження пружних та залишкових деформацій постілей корінних підшипників колінчастого валу. Щоб зменшити пружні деформації ліжок, були введені силові стяжні болти (рис. 2.32, а і б) кріплення кришок корінних опор до бокових стінок блоку.

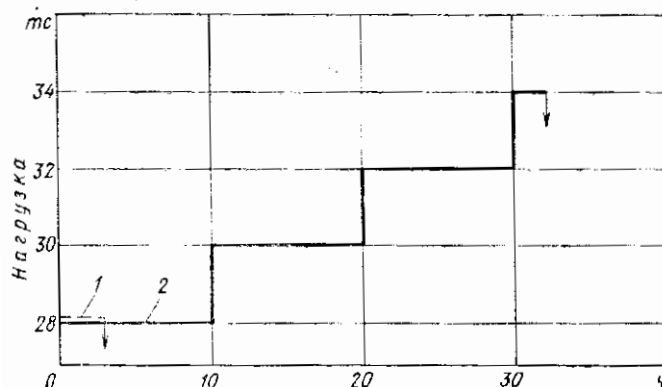


Рис. 2.31. Графік навантаження блоків циліндрів при випробуванні на втому на стенді до появи тріщин (вказано стрілками):

1 - вихідної конструкції; 2 - зміненої конструкції.

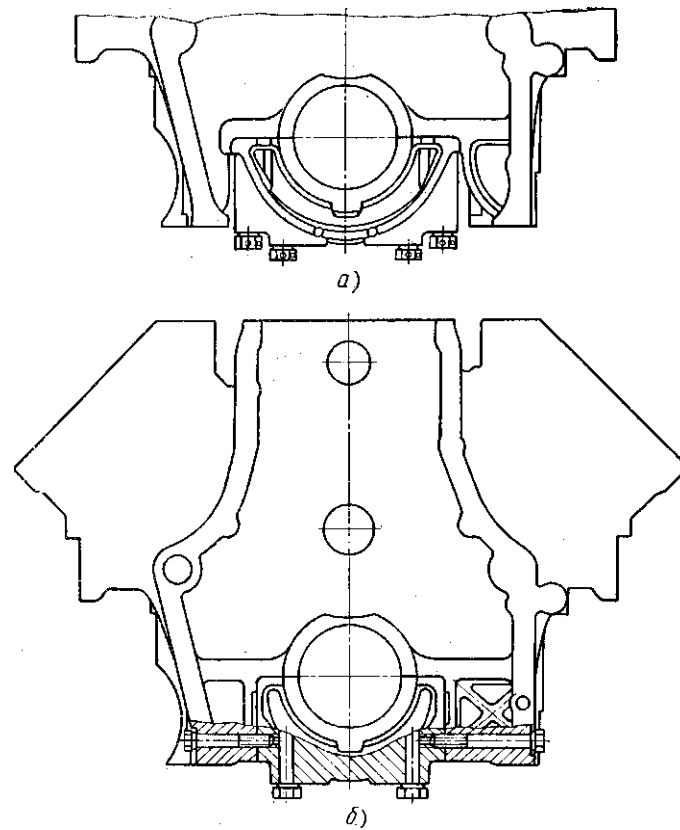


Рис. 2.32. Кріплення кришок підшипників колінчастого вала до блоку циліндрів: а - у вихідній конструкції; б — у зміненій конструкції

Для визначення ефективності застосування стяжних болтів були проведені випробування блоку циліндрів з ними та без них, які у визначенні величини і напрямки деформацій передньої стінки під впливом статичної навантаження, що дорівнює 15 тс і прикладеної по осі першого циліндра. Навантаження блоку здійснювалося через колінчастий вал, встановлений на першому і другому корінних підшипниках у положенні, що відповідає в.м.т.

### РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИЯВЛЕННЯ ТА УСУНЕННЯ

#### 3.1. Пошкодження блок-картера та способи їх виявлення, прилади та оснащення

У процесі експлуатації машин корпусні деталі спрацьовуються і пошкоджуються. Дефектами корпусів можуть бути тріщини, обломи, пробоїни, пошкодження нарізі, спрацювання отворів під: підшипники, стакани підшипників, осі шестерень, валики перемикача передач тощо. Вагомість дефектів у деталях оцінюється коефіцієнтами повторності, які показують, якій частині корпусів, що підлягають ремонту, властиві ті чи інші дефекти.

Блок двигуна. Основними дефектами блок-картера є тріщини, жолоблення поверхонь прилягання головок циліндрів, верхньої кришки, передньої кришки і щита, порушення герметичності водяної оболонки, масляної системи, пошкодження різьби, спрацювання поверхонь.

Стан виточок під бурти гільз циліндрів перевіряють спеціальним пристроєм (рис. 3.1.2), який встановлюють у розточку під бурт гільзи. Пристрій дозволяє одночасно перевірити глибину розточки (спрацювання) та її паралельність відносно верхньої площини. Різниця вимірів одного гнізда не повина перевищувати 0,03 мм, а всього блока — 0,05 мм.

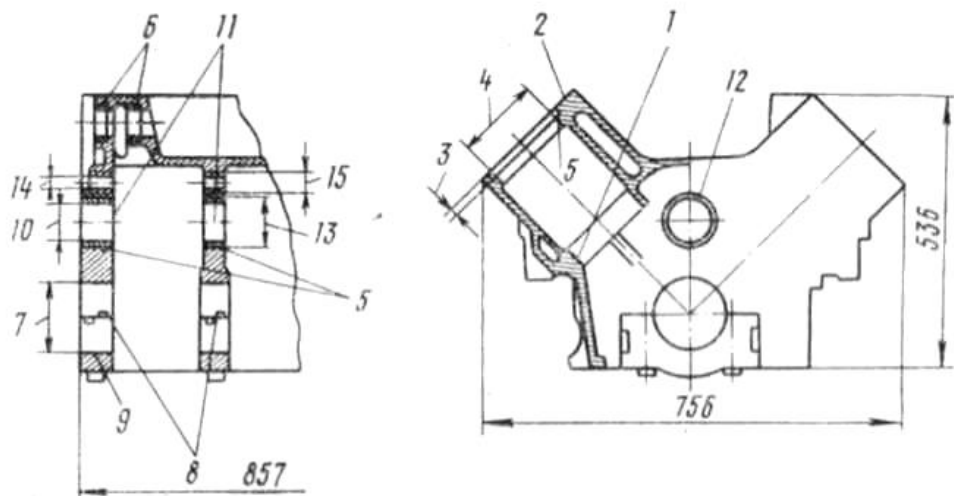


Рис.3.1. Блок циліндрів 238.1002010-Г4. Схема дефектації.

Таблиця 3.1 - Блок циліндрів 238.1002010-Г4. Карта дефектації.

Контрольовані дефекти		Розміри, мм.		Способи і засоби контролю		Висновок
Номер	Назва	За кресленням	Допустимі	Назва	Означення	
	2	3	4	5	6	7
-	Тріщини, що виходять на гнізда втулок розподільчого вала, осі штовхачів і масляні канали	не допускаються		Кантувач Світильник	70-7822-1901	Бракувати
-	- Задири на корінях опорах	не допускаються		Огляд		Відновлювати
-	Тріщини на стінках водяної сорочки, нижній частині блоку і роз'єму	не допускаються		Кантувач Світильник	70-7822-1901	Відновлювати
1	Пошкодження різьби	Вмятини, забоїни, викришування, зрив більше 2-х витків не допускаються		Огляд		Відновлювати
1	Кавітаційне руйнування нижніх посадочних поясків під гільзи циліндрів	-	не допускаються, крім окремих раковин	Кантувач Світильник		Відновлювати
2	Відхилення від площинності поверхонь прилягання під головки циліндрів	На довжині 100мм не більше 0,02      0,04 На всій довжині не більше 0,05      0.20		Лінійка Щуп	ШД-2-630 ЛД-1-125	Відновлювати
3	Знос кільцевої площадки під бурт гільзи циліндра	$12 \pm 0,035$	12,05	Пристосування	70-8701-1062	Відновлювати
4	Знос верхніх посадочних пасків під гільзи циліндрів	$153^{+0,04}_{-0,01}$	153,07	нутромір індикаторний	НИ 100-160 ГОСТ 868-72	Відновлювати

5	Деформація верхніх посадкових поясків під гільзи циліндрів (контролювати при відсутності дефекту 4)	Овальність не більше 0,02      0,03		нутромір індикаторний	НИ 100-160 ГОСТ 868-72	Відновлювати
6	Знос поверхонь під підшипники вала веденої шестерні привода паливного насоса:  передній задній	62 <sup>+0,030</sup> 52 <sup>+0,030</sup>	62,05 52,05	нутромір індикаторний	НИ 50-100 ГОСТ 868-72	Відновлювати
7	Знос коріних опор Контролювати при затягнутих болтах кріплення кришок коріних підшипників ; попередньо затягнути нижні болти моментом 20 ± 5 кгс*м і бічні моментом 5 ± 1 кгс*м, а потім остаточно в такій же послідовності відповідно моментом 45±2 кгс*м і 10 <sup>+2</sup> кгс*м	116 <sup>+0,021</sup>	116,04	нутромір індикаторний	НИ 100-160 ГОСТ 868-72	Відновлювати
8	Відхилення від співвісності коріних опор (контролювати при відсутності дефекту 7) , не більше	0,025	0,03	Калібр	70-8344-1026	Відновлювати
9	Овальність і конусність поверхонь коріних опор (контролювати при відсутності дефекту 7 і 8), не більше	0,005	0,02	нутромір індикаторний	НИ 100-160 ГОСТ 868-72	Відновлювати



Шатун (рис. 3.3) виготовлений із сталі 40Н2МА, а кришка зі сталі 40Х (ГОСТ 4543-71). Нижня головка має косий роз'єм під кутом  $55^\circ \pm 30'$  до поздовжньої осі. Шатун з'єднаний з кришкою двома болтами, укрупченими в різьбові отвори тіла шатуна. Фіксація шатуна і кришки здійснюється по шліцах і фіксуючого поясочку на одному з шатуних болтів. Дуже важливо для роботи шатуних болтів і вкладишів щільне сполучення шліців, тому бруд, задири і забоїни на шліцах не допускаються. Шатун з кришкою складають комплект, одна з деталей якого не може бути замінена деталлю іншого комплекту. Перед складанням шатуна різьблення болтів змазують графітним мастилом. Затягування починають з довгого болта тарованим ключем крутним моментом 20...22кгс-м. На шатуні і кришці поблизу стику наносяться мітки спареності шатуна з кришкою.

Дослідження дефектів шатунів в майстерні, де ремонтують двигуни ЯМЗ-238, показали, що кількість тріщин у шатунах невелика і становить 2...3%. Шатуни із тріщинами не ремонтуються. Незначну кількість становить знос отвору верхньої головки під втулку. Він відбувається після послаблення посадки втулки у верхній головці у процесі роботи. При дослідженні було виявлено 7 послаблених втулок під поршневий палець. Значимість дефектів шатунів показано на рис. 3.7.

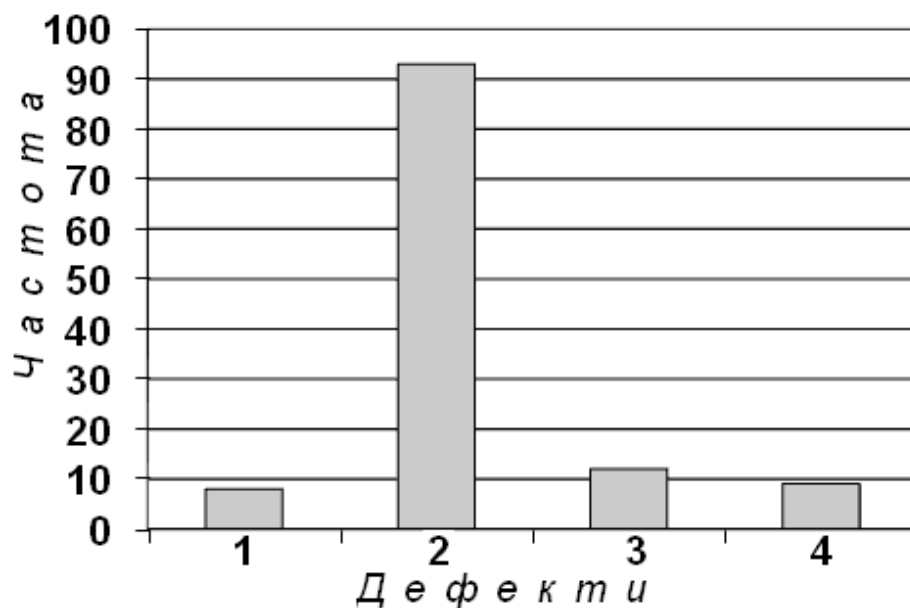


Рис. 3.7 Значимість дефектів шатунів двигунів ЯМЗ-238:

1 – знос отвору верхньої головки; 2 – знос отвору втулки під поршневий палець; 3 – послаблення пресової посадки втулки у шатуні; 4 – знос отвору нижньої головки шатуна.

Оскільки ефективних способів ремонту отворів під втулку немає, найкращим виходом може бути підвищення міцності кріплення втулок за рахунок їх додаткової обробки. Такими способами можуть бути дорнування запресованих втулок, або їх розкатування.

Таким же розкатником пропонується виконувати і додаткову обробку запресованих втулок в головках шатунів з метою їх надійного кріплення.

Запресовка нових втулок повинна виконуватися тільки на пресі. При ручній запресовці може бути перекіс втулки, її пошкодження і пошкодження шатуна.

Проведені дослідження дефектів шатунів показали, що кількість тріщин у шатунах невелика і становить 2...3 %. Шатуни із тріщинами не ремонтуються. Незначну кількість становить знос отвору верхньої головки під втулку. Він відбувається після послаблення посадки втулки у верхній головці у процесі роботи. При дослідженні було виявлено 7 послаблених втулок під поршневий палець.

### 3.3. Пошкодження вала колінчастого та способи їх виявлення, прилади та оснащення

Таблиця 3.2 - Вал колінчастий з противагами 238-1005015-Г. Карта дефектації.

Контрольовані дефекти		Розміри, мм.		Способи і засоби контролю	Висновок
Номер дефекту	Назва	За кресленням	Допустимі	Назва Означення	
-	Тріщини, не виводимі шліфуванням, на шатуних і викришування металу на корінних шийках, відколи	Не допускаються		Лупа ЛТ-1-4 <sup>x</sup> Магнітний дефектоскоп МД-50П или ПМД-70	Бракувати
-	Прижоги на поверхнях шатуних і корінних шийок (контролювати після шліфування шийок)	допускаються прижоги, що не змінюють твердість шийок 45...62 HRC		Твердомір ТКП-1	Бракувати
-	Неметалічні включення і волосовини, розташовані під кутом більше 20 ° до осі вала (контролювати після шліфування корінних і шатунних шийок)	Не допускаються		Лупа ЛТ-1-4 <sup>x</sup>	Бракувати
-	Оплавлення на поверхнях шатунних і корінних шийок (контролювати після шліфування)	Не допускаються		огляд	Ремонтувати
1	Поодинокі тріщини, волосовини і дрібні одиничні неметалічних включення, розташовані під кутом менше 20 ° до осі вала (контролювати після шліфування корінних і шатуних шийок): а) на шийках під шків, передній сальник, передній противагу і шестерню	-	Не допускаються	Лупа ЛТ-1-4 <sup>x</sup>	Ремонтувати

## Продовження таблиці 3.2

2	Змінання бокових граней шпоночних пазів під шків, передню противагу і шестерню	Не допускаються		огляд	Ремонтувати
3	Натири, риски на поверхнях під передню та задню манжету	Не допускаються		огляд	Ремонтувати
4	Знос коріних шийок	110 <sub>-0,022</sub>	109,965	Скоба важільна СР 125	Ремонтувати
5	Знос шатуних шийок	88 <sub>-0,022</sub>	87,965	Скоба важільна СР 125	Ремонтувати
6	знос шийки вала под шків	50 <sup>+0,035</sup>	50,010	Скоба важільна СР 75	Ремонтувати
7	знос шийки вала під передню противовагу	71 <sup>+0,065</sup>	71,035	Скоба важільна СР 75	Ремонтувати
8	знос шийки вала під шестерню	72 <sup>+0,065</sup>	72,035	Скоба важільна СР 75	Ремонтувати
9	знос стінок шпоночних пазів під шків, передню противовагу і шестерню	10 <sub>-0,065</sub>	10,02	Шаблон КИ-4921	Ремонтувати
10	знос задньої коріної шийки по ширині	56 <sup>+0,012</sup>	56,14	нутромір індикаторний НИ 50-100 ГОСТ 868-72	Ремонтувати
11	Прогин валу (контролювати після усунення всіх перерахованих вище дефектів)	0,05	0,08	Пристосування	Ремонтувати

Колінчастий вал. Зовнішнім оглядом виявляють видимі дефекти: оплавлення на шийках, тріщини, ризики, змінання бічних граней шпонкових пазів, стан маслозгіної різі, різь кріплення деталей, якість очищення масляних каналів і порожнин для відцентрової очистки масла. Колінчасті вали, які мають оплавлення на поверхні шийок, підлягають вибракуванню.

### 3.4. Дослідження ремонтного фонду поршнів двигуна ЯМЗ-238.

Дослідження ремонтного фонду деталей проводимо, застосовуючи методи математичної статистики, так як їх пошкодження відносяться до категорії випадкових величин. При дослідженні ремонтного фонду деталей для найбільш повного відображення інформації про їх технічний стан дослідження проводимо для 25 поршнів.

1. Досліджуємо технічний стан деталей для дефекту № 1. (Знос поверхні юбки поршня).

Результати заносимо в таблицю 3.4.

Таким чином, за результатами розрахунків розподіл деталей слідує:

Придатних — 2 шт.

На відновлення — 23 шт.

На вибраковування — 0 шт.

Технічний стан деталей, які надходять у ремонт, оцінюється коефіцієнтами придатності ( $K_{\text{пр}}$ ), відновлення ( $K_{\text{в}}$ ) і змінності ( $K_{\text{з}}$ ). Ці коефіцієнти характеризують відповідно, кількість деталей, які придатні до подальшої експлуатації, потребують відновлення чи заміни із загальної кількості деталей, які надходять в ремонт. [7]

За отриманими результатами досліджень технічного стану деталей

для дефекту № 1 розраховуємо коефіцієнти придатності, відновлення та змінності за формулами:

$$K_{\text{пр}} = n_{\text{пр}} / N = 2 / 25 = 0,08; \quad (3.3.1.)$$

$$K_{\text{в}} = n_{\text{в}} / N = 23 / 25 = 0,92; \quad (3.3.2.)$$

$$K_{\text{з}} = n_{\text{з}} / N = 0 / 25 = 0,0, \quad (3.3.3.)$$

де  $n_{\text{пр}}$  — кількість придатних деталей;

$n_{\text{в}}$  — кількість деталей, що підлягають відновленню;

$n_{\text{з}}$  — кількість деталей, що підлягають вибраковуванню;

$N$  — загальна кількість досліджуваних деталей.

Результати приведених розрахунків заносимо в таблицю 3.5.

Далі приводиться статистичний ряд інформації про спрацювання для дефекту знос поверхні юбки поршня), визначаємо дослідну ймовірність як співвідношення числа випадків  $m_i$  появи в кожному інтервалі до повторності інформації:

$$P_i = m_i / N \quad (3.3.4.)$$

За цією формулою розраховуємо дослідну ймовірність для кожного інтервалу:

$$P_1 = m_1 / N = 2 / 25 = 0,08 \quad (3.3.4.1)$$

$$P_2 = m_2 / N = 5 / 25 = 0,20 \quad (3.3.4.2)$$

$$P_3 = m_3 / N = 10 / 25 = 0,40 \quad (3.3.4.3)$$

$$P_4 = m_4 / N = 7 / 25 = 0,28 \quad (3.3.4.4)$$

$$P_5 = m_5 / N = 1 / 25 = 0,04 \quad (3.3.4.5)$$

Визначаємо величину зміщення  $\delta_{зм}$ . Оскільки в даному випадку  $N \geq 25$ , то використовуємо слідуєчу формулу:

$$\delta_{зм} = \delta_{1п} - 0,5 \cdot A = 0,02 - 0,5 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ мм}, \quad (3.5.)$$

де  $\delta_{1п}$  – значення початку першого інтервалу;

$A$  – величина одного інтервалу.

Визначення середнього значення величини зносу, середньо- квадратичного відхилення ( $\delta$  та  $\sigma$ ). При  $N > 25$  та при наявності статистичного ряду відповідно:

$$\delta = \sum \delta_{ic} \cdot P_i \quad (3.6.)$$

де  $\delta_{ic}$  – значення середини  $i$  – го інтервалу

$$\sigma = \sqrt{\sum (\delta_{ic} - \delta)^2 \cdot P_i} \quad (3.7.)$$

Отримуємо

$$\delta = 0,03 \cdot 0,08 + 0,05 \cdot 0,20 + 0,07 \cdot 0,40 + 0,09 \cdot 0,28 + 0,11 \cdot 0,04 = 0,070 \text{ мм}$$

$$\sigma = \sqrt{(0,03 - 0,07)^2 \cdot 0,08 + (0,05 - 0,07)^2 \cdot 0,20 + (0,07 - 0,07)^2 \cdot 0,40 + (0,09 - 0,07)^2 \cdot 0,28 + (0,11 - 0,07)^2 \cdot 0,04} = 0,019 \text{ мм}$$

Визначення коефіцієнта варіації. Коефіцієнт варіації представляє собою відносну (безрозмірну) характеристику розсіяння показників надійності більш зручну при виборі і оцінці теоретичного закону розподілу, чим середньо квадратичне відхилення  $\sigma$ . Коефіцієнт варіації визначається за формулою:

$$v = \sigma / (\delta - \delta_{зм}) = 0,019 / (0,07 - 0,01) = 0,32 \quad (3.8.)$$

Для підвищення точності розрахунків показників надійності дослідну інформацію вирівнюють (заміняють) теоретичним законом розподілу. Оскільки  $0,3 < v < 0,5$ , то обираємо закон нормального розподілу.

Всі дані зводяться до таблиці 3.5.

Таблиця 3.4 - Статистичний ряд інформації про знос поверхонь юбки поршня 04501349.

№ інт.	Інтервали, Мм	Середина, мм	Частота, $m_i$	Дослідна ймовірність, $P_i$	Накопичена ймовірність, $P_i$
1	0,02...0,04	0,03	2	0,08	0,02
2	0,04...0,06	0,05	5	0,20	0,28
3	0,06...0,08	0,07	10	0,40	0,68
4	0,08...0,10	0,09	7	0,28	0,96
5	0,10...0,12	0,11	1	0,04	1,00

Всі розрахунки із формулами і числовими значеннями приведені в додатку

Таблиця 3.5 - Показники технічного стану ремонтного фонду

Назва показника	Одиниці вимірювання	Значення
1 Коефіцієнти :		
Придатності		0,08
Відновлення		0,92
Змінності		0,0
2 Границі зміни пошкодження	мм	0,10
3 Середнє значення величини зносу	мм	0,070
4 Середнє квадратичне відхилення	мм	0,019
5 Коефіцієнт варіації		0,32
6 Теоретичний закон розподілу		ЗНР

На основі отриманих даних досліджень та проведених розрахунків будуємо гістограму та полігон.

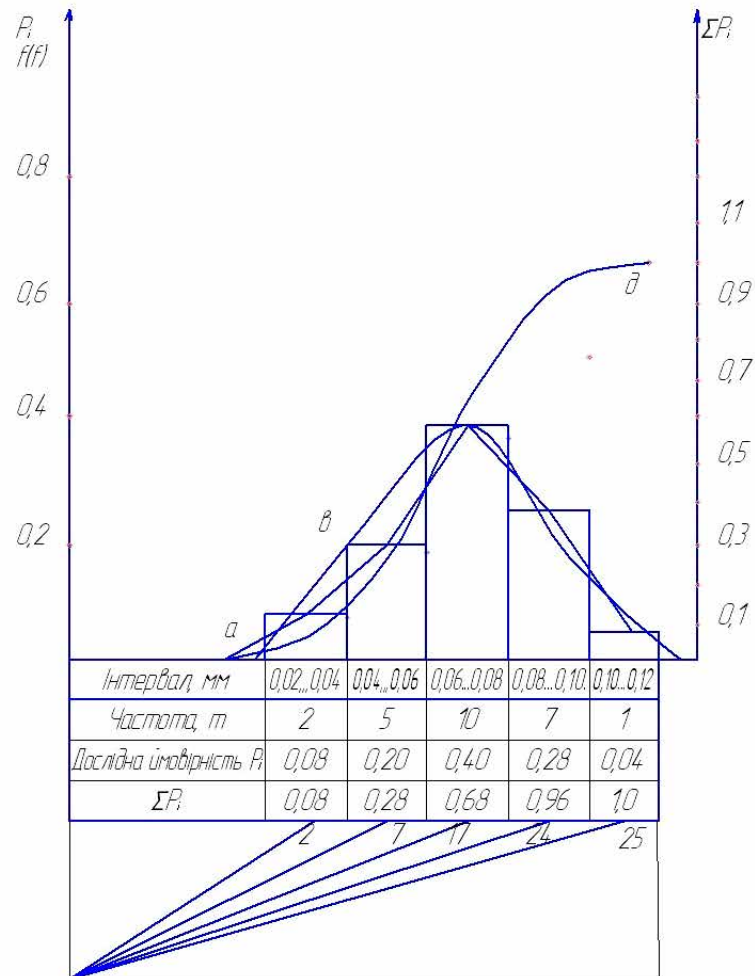


Рис. 3.11. Схема обробки інформації про знос поверхонь юбки поршня.

### 3.5. Технологічний процес відновлення гільз циліндрів термопластичним деформуванням (ТПД).

В даний час розроблено декілька способів відновлення і зміцнення внутрішньої поверхні гільз циліндрів автотракторних двигунів, які за своєю технологією діляться на розточування під ремонтний розмір і відновлення до номінального розміру. Для відновлення гільз циліндрів в номінальному розмірі застосовуються такі способи: металізація, гальванічні засоби, запресування зносостійких пластин, наплавка на внутрішню поверхню зносостійких порошків, відновлення нагріванням і т.д.

До загальних недоліків способів ТПД без матриці слід віднести високі знакозмінні напруги, що виникають при нагріванні - охолодженні, які сприяють тріщинам, і залишкові напруги, що викликають деформацію гільзи. Кожен з цих способів має свої конструктивні переваги і недоліки, але спосіб обтиску гільзи в матриці має значні переваги в порівнянні зі способами відновлення гільз без матриці, в тому числі:

- досягається найбільша усадка гільз за один цикл  $U_T = 0,7... 1,1\text{мм}$ ;
- відсутність значних залишкових напружень, викривлення і тріщин;
- висока точність геометрії внутрішньої поверхні гільзи (відхилення від циліндричної не більше  $0,1\text{ мм}$ );

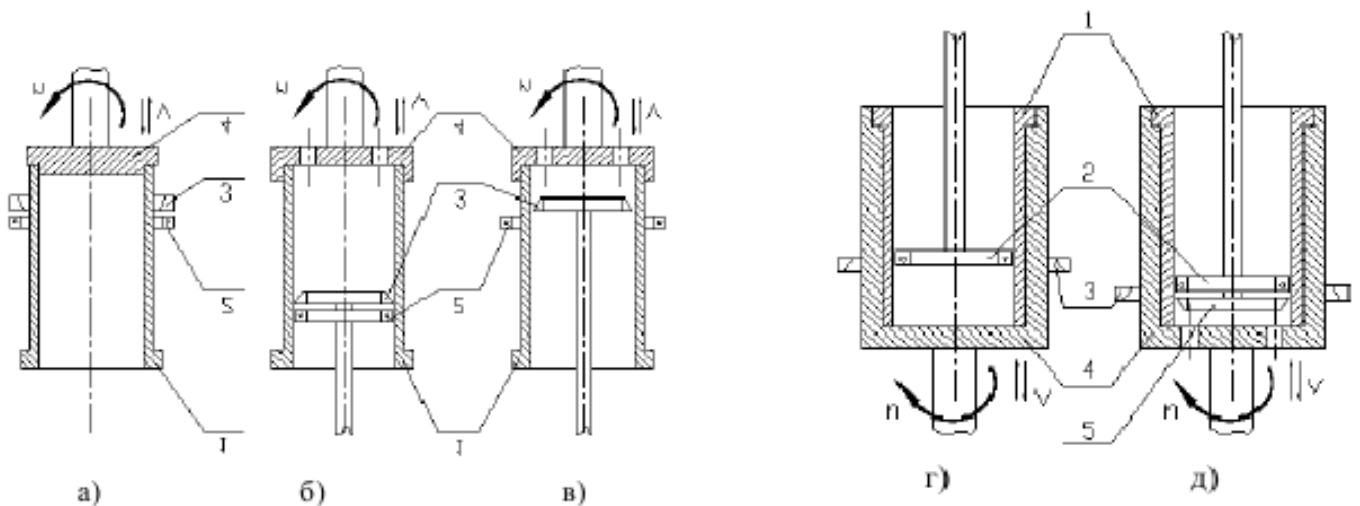


Рисунок 3.12. Схеми способів відновлення внутрішньої циліндричної поверхні гільз циліндрів термопластичним деформуванням (ТПД).

Без матриці, а) - індуктор і спреєр розташовані зовні гільзи, б) - індуктор і спреєр розташовані всередині гільзи, в) - індуктор розташований зовні, а спреєр всередині гільзи: 1 - гільза циліндра, 2 - індуктор, 3 - спреєр, 4 - центруюча оправка.

У охолоджуваній матриці, г) - незагартованих гільз з легованого чавуну д) - гартованих гільз: 1 - гільза циліндра, 2 - індуктор, 3 - спреєр охолоджуючий, 4 - матриця, 5 - спреєр гартівний.

Для відновлення легованих гільз циліндрів запропонований спосіб здійснювався за схемою, представленою на рисунку 3.12.г). Гільза при нагріванні вільно розширюється до контакту з матрицею, при подальшому нагріванні матриця перешкоджає вільному розширенню матеріалу гільзи, що призводить до її пластичної деформації, тобто перерозподілу металу всередину, по товщині стінки. Після процесу ТПД величина залишкової деформації гільзи компенсує їх знос, що виникає, викривлення гільзи і припуск на механічну обробку.

Предметом дослідження є числові значення напружено-деформованого стану, кількісні показники фізико-механічних і експлуатаційних властивостей відновлюваних гільз циліндрів в процесі впливу на них змінного градієнта температури як по радіусу, так і вздовж осі, а також впливу жорсткої охолоджувальної матриці.

Дослідження величин і характеру зносів робочих поверхонь проводились шляхом мікрометрування з подальшою статистичною обробкою даних мікрометражу. Зношені гільзи циліндрів вимірювалися на ремонтних підприємствах, в подальшому ці дані використовувалися для визначення меж застосовності розробляемого способу відновлення.

Дослідження процесу ТПД проводили із застосуванням установки СВЧ марки ВЧИ-1-60/0,066, призначеної для термопластичної деформації гільз циліндрів. Величина усадки гільзи визначалася мікрометражем внутрішнього діаметра до і після термопластичного обтиску в двох площинах і 4-х перетинах. За середню величину усадки  $U_r$  приймалося середнє арифметичне значення отриманих результатів за всіма чотирма перетинах.

$$U_r = \sum \Delta d_i / n \quad (3.5.1.)$$

де:  $\Delta d$  - середнє значення усадки в перерізі гільзи, мм;  $n = 8$  - число вимірювань усадки.

Дослідження по оптимізації всіх параметрів, що впливають на процес ТПД, визначені експериментально і уточнені за допомогою теорії планування

багатофакторного експерименту. зміна температури нагрівання здійснювалося варіюванням швидкості переміщення гільзи щодо індуктора. Швидкість нагріву регулювалася зміною потужності, що підводиться установки  $Q = 0,3 \dots 4,0 \times 10 \text{ Вт/м}^2$ ; швидкість охолодження регулювалася шляхом зміни витрати води через спреєра в одиницю часу. Частота обертання і швидкість переміщення гільзи визначалися розрахунковим шляхом. Вимірювання твердості внутрішньої поверхні гільз циліндрів проводилося на приладі 2018TP.

Дослідження температурного поля гільзи під час ТПД виконували з допомогою хромель-алюмелевих термопар, що встановлюються в гільзі. Сигнал від термопар реєструвався за допомогою світлопроменевого осцилографа Н-117/1. Для дослідження залишкових напружень в гільзі, відновленої ТПД, вирізалися кільцеві зразки. залишкові напруги першого роду на кільцевих зразках визначалися методом послідовного видалення шарів. відносні деформації визначалися за допомогою тензорезисторів. Мікроструктура гільзи, відновленої ТПД, досліджувалася на мікроскопі МІМ-8 при збільшенні в 100 і 500 разів.

Прискорені випробування двигунів проведені на стенді КП- 5274 з штучним введенням в нього елементоорганічної присадки АЛП-4Д (ТУ38.101369-73) до палива з концентрацією 2% (по вазі).

Зносостійкість гільз в процесі експлуатації оцінювалася ставленням зміни лінійних розмірів (до і після випробувань) внутрішньої поверхні гільз відновлених до нових.

Сутність ТПД полягає в тому, що при швидкому індукційного нагрівання деталей типу «порожнистий циліндр» створюється градієнт температури (ГТ), який, деформує деталь, викликає її залишкову деформацію (усадку), достатню для компенсації зносу поверхні і подальшої механічної обробки. При цьому, в одному технологічному циклі, в різній послідовності, виконуються операції нагріву, деформації і охолодження деталі. Крім того, на пластичну деформацію надають вплив зовнішні сили

(охлажденная жесткая матрица) і внутрішні (холодні шари металу навколо локально нагрітого кільця частини гільзи) обмежувачі. Тому, щоб отримати необхідну усадку гільзи без матриці, на практиці застосовують багаторазове повторення циклів. Використання високих градієнтів температур при відновленні деталей способом ТПД створює передумови виникнення і розвитку тріщин.

Застосування зовнішніх механічних обмежувачів (матриці) сприяє їх «заліковуванню».

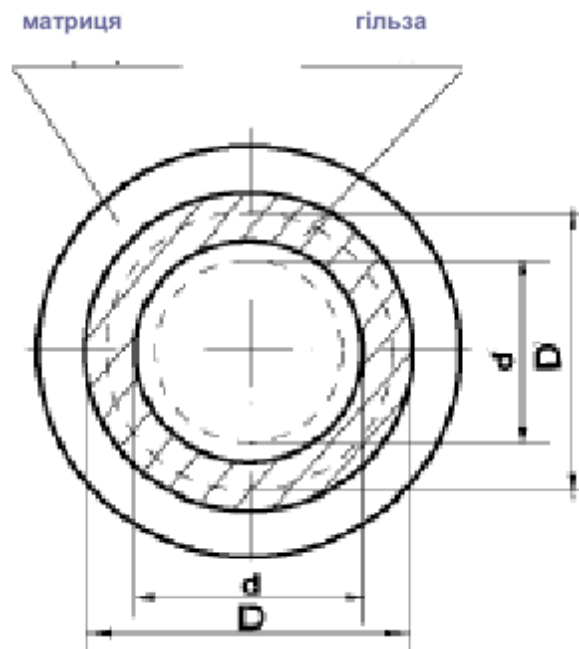


Рисунок 3.13. Схема зміни лінійних розмірів перетину зразка гільзи при ТПД в матриці: -  $D$ ,  $d$  і  $d'$  -  $D'$  відповідно зовнішній і внутрішній діаметр гільзи до і після ТПД;

Виходячи з рівності об'ємів до і після ТПД

$$\Delta_g^m p d l = \Delta_z^m p D l' \quad (3.5.2)$$

де  $\Delta_g^m = d - d'$  і  $\Delta_z^m = D - D'$  теоретична усадка внутрішнього і зовнішнього діаметрів після ТПД,  $l = l'$  - довжина деталі прийнята нами за припущенням незмінною.

Величина можливої деформації гільзи при ТПД становить:

$$D' = D / (1 + \alpha \cdot \Delta T) - S \quad (3.5.4)$$

За оціночний параметр усадки гільзи після ТПД приймаємо відносну зміну внутрішнього діаметра гільзи

$$\delta = (d - d') / d \quad (3.6.5)$$

Перетворюючи формулу (5), отримуємо:

$$\delta = \Delta T \cdot D / d^2 = D^2 [1 - 1 / (1 + \alpha \cdot \Delta T)] / [D(1 - \beta)]^2 = [1 - 1 / (1 + \alpha \cdot \Delta T)] / (1 - \beta)^2 \quad (6)$$

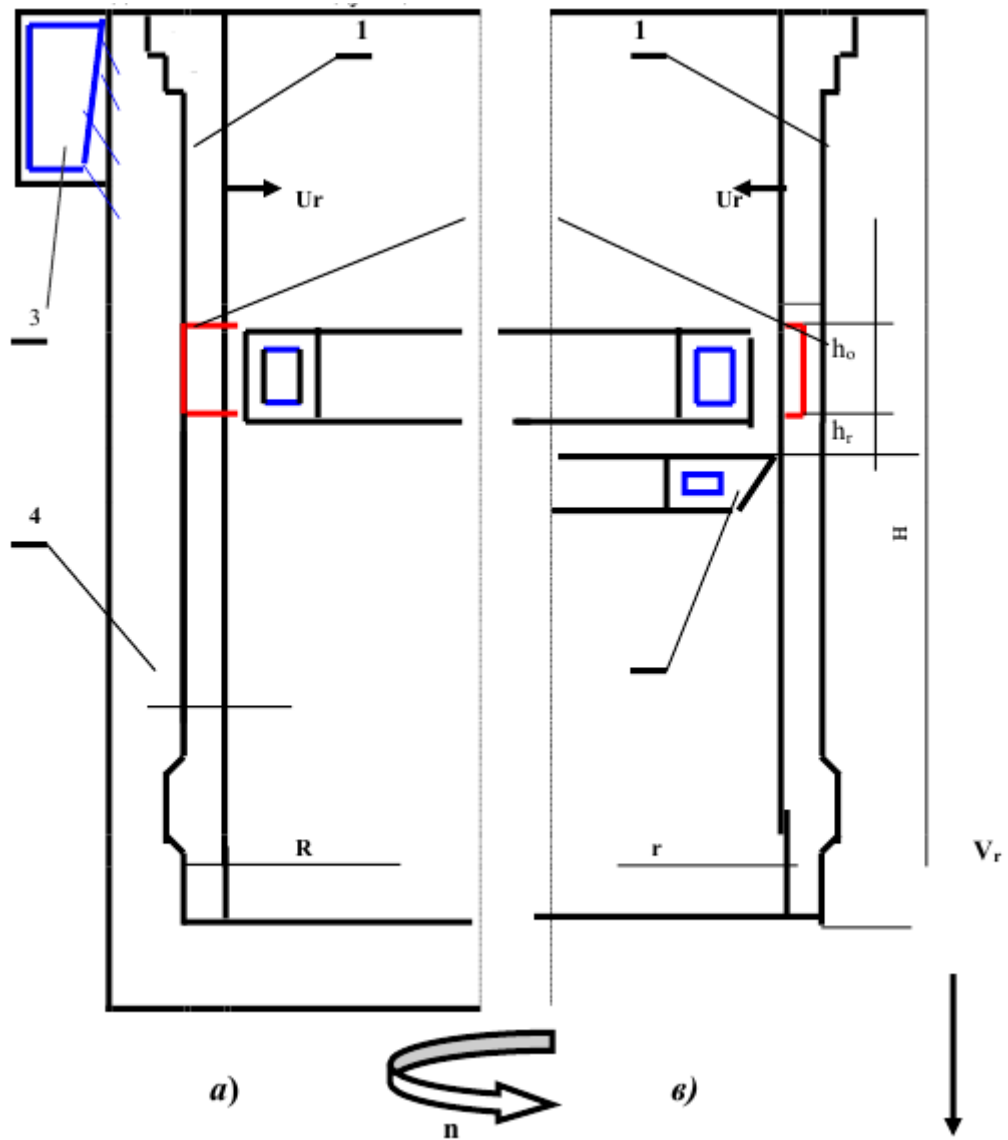
$\alpha$  - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу деталі;  
 $\Delta T$  - різниця температур нагрітої та охолодженої деталі;

$$\delta = \alpha \cdot \Delta T (1 - \beta)^2 k - S \quad (7)$$

$k$  - коефіцієнт залишкової деформації, що враховує стримування процесу деформації холодними частинами гільзи.

$S$  - зазор між матрицею і гільзою.

Вплив матриці на процес ТПД наведено на рисунку 4.4. На половині меридиального перетину гільзи схематично показані два способи відновлення гільзи і наведено їх технологічні параметри.



Малюнок 3.15. Перетин гільзи при ТПД.

а) в жорсткій охолодженій матриці; б) без матриці, шляхом створення рухомого градієнта температури: 1 - гільза циліндрів; 2 - індуктор; 3 - спреєр; 4 - матриця;  $\Delta r_0$ ;  $h_0$  - глибина і висота нагріву;  $V_r$  - швидкість переміщення гільзи;  $\theta$  - потужність джерела теплоти;  $h_r$  - відстань між індуктором і спреєром;  $H$ ,  $R$ ,  $r$  - геометричні параметри гільзи;  $U_r$  - радіальна усадка гільзи;  $n$  - частота обертання гільзи.

## РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ГРАНИЧНИХ ТА ДОПУСТИМИХ ПРИ РЕМОНТІ РОЗМІРІВ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ ДВИГУНІВ ЯМЗ-238

Граничні та припустимі при ремонті спрацювання деталей та їх спряжень можуть бути визначені експериментальним, а також аналітичним способами. Розрахунках зробимо аналітичним способом. Він ґрунтується на використанні кореляційних залежностей між величиною спрацювань і такими їх конструктивними характеристиками як розмір, вид посадки, точність та ін.

Дано з'єднання гільзи циліндрів та поршня двигунів ЯМЗ- 238 КМ. Діаметр гільзи циліндра складає  $D=130^{+0,02}_0$ , а зовнішній діаметр поршня складає  $d=130^{-0,18}_{-0,20}$ . Потрібно визначити їх граничні та допустимі при ремонті спрацювання (розміри).

Цю задачу вирішуємо в наступній послідовності.

1. Визначаємо номінальні зазори в з'єднанні:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 130,02 - 129,80 = 0,22 \text{ мм},$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 130 - 129,82 = 0,18 \text{ мм},$$

де  $D_{\min}$ ,  $D_{\max}$  – мін. та макс. розміри внутрішнього діаметра гільзи, мм;

$d_{\min}$ ,  $d_{\max}$  – мін. та макс. розміри поршня, мм.

2. Визначаємо поля допуску на розміри гільзи ( $T_D$ ) та поршня ( $T_d$ ):

$$T_D = E_S - E_I = 0,02 - 0 = 0,02 \text{ мм}$$

$$T_d = e_s - e_i = -0,18 + 0,20 = 0,02 \text{ мм}$$

де  $E_S$ ,  $E_I$  – верхнє та нижнє відхилення гільзи;

$e_s$ ,  $e_i$  – верхнє та нижнє відхилення поршня, мм.

3. Визначаємо допуск посадки ( $T_{SK}$ ):

$$T_{SK} = T_D + T_d = 0,04 \text{ мм}.$$

4. Для перехідної посадки визначаємо граничні ( $I_{Spr}$ ) і допустимі ( $I_{Sдоп}$ ) при ремонті спрацювання спряжених поверхонь деталей

$$\begin{aligned} I_{Spr} &= 2,5D + 6,8T_{SK} - 0,6S_{\min} - 20 = 2,5 \cdot 130 + 6,8 \cdot 40 - 0,6 \cdot 180 - 20 = 419 \text{ мкм} = \\ &= 0,42 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$I_{S_{\text{доп}}} = 110 + 0,2S_{\text{мин}} - 0,7D + 0,5T_{SK} = 110 + 0,2 * 180 - 0,7 * 108 + 0,5 * 40 = 71 \text{ мкм} = 0,07 \text{ мм},$$

- де розмірність мінімальний зазор в з'єднанні та допуск посадки береться в мікрометрах.

5. Визначаємо граничні та допустимі спрацювання гільзи ( $I_{D_{\text{пр}}}$  та  $I_{D_{\text{доп}}}$ ):

$$I_{D_{\text{пр}}} = (T_D / T_{SK}) * I_{S_{\text{пр}}} = (0,02 / 0,04) * 0,42 = 0,21 \text{ мм}$$

$$I_{D_{\text{доп}}} = (T_D / T_{SK}) * I_{S_{\text{доп}}} = (0,02 / 0,04) * 0,07 = 0,035 \text{ мм}$$

6. Визначаємо граничні та допустимі спрацювання поршня ( $I_{d_{\text{пр}}}$  та  $I_{d_{\text{доп}}}$ ):

$$I_{d_{\text{пр}}} = (T_d / T_{SK}) * I_{S_{\text{пр}}} = (0,02 / 0,04) * 0,42 = 0,21 \text{ мм}$$

$$I_{d_{\text{доп}}} = (T_d / T_{SK}) * I_{S_{\text{доп}}} = (0,02 / 0,04) * 0,07 = 0,035 \text{ мм}$$

7. Визначаємо граничні та допустимі при ремонті зазори в з'єднанні деталей ( $S_{\text{пр}}$  та  $S_{\text{доп}}$ ):

$$S_{\text{пр}} = I_{D_{\text{пр}}} + I_{d_{\text{пр}}} + S_{\text{max}} = 0,64 \text{ мм}$$

$$S_{\text{доп}} = I_{D_{\text{доп}}} + I_{d_{\text{доп}}} + S_{\text{max}} = 0,29 \text{ мм}.$$

Таблиця 4.1 - Граничні та допустимі при ремонті зноси та розміри деталей циліндро-поршневої групи  
двигунів ЯМЗ- 238

Номер позиції	Спряжені деталі		Розмір за креслен-ням, мм	Натяг (-), зазор (+), мм		
	Назва	Позначеня		За крес- ленням	До- пустимий	Гранич- ний
1	2	3	4	5	6	7
1	Гільза циліндра	236-1002021-А	$\varnothing 130^{+0,02}$	+0,18	+0,29	+0,64
	Поршень двигуна	238-1004015-Б	$\varnothing 130^{-0,18}_{-0,2}$	+0,22		
2	поршень (ширина канавки)	238-1004015-Б	$3^{+0,065}_{+0,045}$	+0,045	+0,15	+0,32
	перше поршневе кільце (товщина)	236-1004002-А4	$3_{-0,015}$	+0,080		
3	поршень (ширина канавки)	238-1004015-Б	$2^{+0,060}_{+0,040}$	+0,040		
	друге поршневе кільце (товщина)	236-1004002-А4	$2_{-0,015}$	+0,075	+0,11	+0,20

## Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
4	поршень (ширина канавки) та маслоз'ємне поршневе кільце (товщина).	238-1004015-Б 236-1004002-А4	3,5 <sup>+0,055</sup> <sub>+0,035</sub> 3,5 <sub>-0,015</sub>	+0,035 +0,070	+0,12	+0,24
5	поршень та палець поршневий	238-1004015-Б 236-1004020	50 <sup>-0,006</sup> <sub>-0,012</sub> 50 <sub>-0,003</sub>	-0,003 -0,012	+0,003	+0,074
6	втулка шатуна палець поршневий	236-1004045-Б 236-1004020	50 <sup>+0,018</sup> <sub>+0,012</sub> 50 <sub>-0,003</sub>	+0,012 +0,021	+0,032	+0,163

## РОЗДІЛ 5. СКЛАДАННЯ ТА ОБКАТУВАННЯ ДВИГУНА

### 5.1. Вимоги до відремонтованих деталей і складальних одиниць.

#### Блок-картер.

1. Зварні шви повинні бути щільними, без підрізів, тріщин, пористості.

2. До складані не допускаються блоки циліндрів, що мають кавітаційне руйнування нижніх посадочних поясів під гільзи. При усуненні цього дефекту установкою ремонтного кільця з натягом  $0,090 \pm 0,035$  мм забезпечити шерохватість поверхні кільця після обробки не нижче  $Ra = 2,5$  мкм.

3. Допускається установка блоків циліндрів після видалення шару металу з площин роз'єму кришок коріних опор з подальшою розточенням опори зі зміщенням осі у напрямку до опор розподільного вала на  $0,12 \pm 0,02$  мм. При цьому відстань від поверхні роз'єму до осі коріних опор має бути не менше 434,75 мм. Розмір контролювати пристосуванням для контролю розміру від площини роз'єму блоку циліндрів до осі коріних опор 70-8511-3401. Після обробки відхилення від соосності отворів під коріні підшипники повинно бути не більше 0,025 мм, овальність і копусообразность отворів не більше 0,010 мм.

4. Глибина виточки під бурт гільзи повина бути не більше 12,05 мм, при більшому розмірі допускається проточування майданчиків у всіх кільцевих виточками блоку з установкою ремонтних кілець. При цьому забезпечити різницю глибин виточок під одну головку не більше 0,05 мм і відхилення від площинності торця кільцевої виточки на ширині 2,5 мм не більше 0,01 мм. Глибину виточки контролюють пристосуванням 70-8701 -1062/001.

5. При заміні втулок під шийки розподільного вала діаметри отворів втулок повинні відповідати вимогам.

### 5.2. Технологія складання та обкатування двигуна

1. Складання блоків циліндрів проводити в наступуючій послідовності:

проконтролювати виступання бурту гільзи над привалочною площиною блоку, яке повинно складати  $0,07 \dots 0,17$  мм; різниця виступання гільз для кожного ряду

циліндрів не більше 0,08 мм;  
встановити ущільнювальні кільця на гільзи циліндрів;  
встановити гільзи циліндрів в блок; перевірити герметичність  
ущільнювальних кілець і зварних швів, водяної сорочки блоку; течі не  
допускається;  
встановити шпильки кріплення головки циліндрів,

2. Ущільнювальні кільця перед установкою на гільзу змастити моторним маслом. Гільзи встановити в блок таким чином, щоб мітка, вибита на верхньому торці гільзи, була звернена до зовнішньої частини дизеля. Перед установкою гільз західні фаски в блоці змастити моторним маслом.

3. Випробування на герметичність проводити під тиском пробного середовища (води)  $0,3 \pm 0,1$  МПа ( $3 \pm 1$  кгс/см<sup>2</sup>) протягом 2 хв. Течі та підтікання не допускається.

4. Затягувати шпильки кріплення головки циліндрів слід крутним моментом  $88,2 \pm 9,8$  Н-м ( $9 \pm 1$  кгс-м).

5. При складанні шатуна з поршнем поршневий палець встановлювати у попередньо нагрітий до  $90 \pm 10$  °С поршень. Палець встановлювати вручну, запресовування і установка пальця в холодний поршень не допускаються. Стопорні кільця повині надійно фіксувати палець в поршні від осьового переміщення. Зсув камери в поршні повино бути направлено у бік довгого болта шатуна.

6. Підібрані по гільзах (або калібром діаметром  $130 + 0,020$  мм) поршневі кільця повині мати тепловий зазор в замку  $0,55 \pm 0,10$  мм. Пружність поршневого кільця при стисканні його гнучкою стрічкою до зазору в замку  $0,55 \pm 0,10$  мм повина бути 25,5... 34,3 Н (2,6...3,5 кгс) для верхнього компресійного кільця, 18,6...25,5 Н (1,9...2,6 кгс) -для другого і третього кілець, 2,9...9,8 Н (0,3...1,0 кгс)-для маслоземного кільця 236-1004035-B2, 58,8...78,4 Н (6...8 кгс) - для маслоземного кільця з розширювачем в зборі 236-1004034 і 4,9...11,5 Н (0,5...1,2 кгс) - для маслоземного кільця 236 - 1004035В без розширювача.

## Обкатка і випробовування.

Всі дизелі при завершенні процесу капітального рсмонта піддаються технологічній обкатці і прийомоздаточним випробуванням і крім того, проходять вибіркові періодичні короткочасні випробування. Обкатка і випробування дизелів проводяться відповідно до РТМ 70,0001.078-82.

Технологічна

обкатка

Технологічна обкатка включає в себе холодну і гарячу протягом 20 і 110 хв.

Режими і етапи холодної та гарячої обкаток представлені в табл.6.1 і 6.2.

Таблиця 5.1 - Режими холодної обкатки

Номер етапа	Частота обертання колінчастого вала, хв-1	Час обкатки, хв
1	800	5
2	1200	10
3	1400	5

Закінчивши холодну обкатку змінити масло та фільтр грубої очистки

Таблиця 5.2 - Режими гарячої обкатки

Номер етапа	Частота обертання колінчастого вала, хв-1	Крутний момент. Н-м (кгс-м)	Час обкатки, хв
1	1500	0	15
2	1700	0	15
3	При положенні органів керування регулятором частоти обертання, що відповідає повній подачі палива	294 (30)	20
4		353 (36)	20
5		598 (61)	20
6		735 (75)	20

## РОЗДІЛ 6. ЗАХОДИ ПО ОХОРОНІ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

На сучасних ремонтних підприємствах всі підйомно-транспортні роботи здійснюються переважно механізованими засобами.

Особливо широке застосування знайшли мостові електричні однобалочні крани вантажопідйомністю до 3 т, крани однобалочні ручні, крани консольно-поворотні, електричні талі, конвеєри різних систем, рольганги, електро- та автонавантажувачі, спеціалізовані візки з підйомними платформами та ін. До управління вантажно-транспортними механізмами, а також кранами, керованими з кабіни, допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання і мають документ на право управління ними.

Крани, конвеєри та інші підйомно-транспортні пристрої, встановлені на потокових технологічних лініях ремонту, а також на окремих робочих місцях, керуються самими робітниками. Тому вони, крім інструктажу з техніки безпеки за основною професією, повинні періодично проходити навчання та інструктаж за правилами роботи з підйомно-транспортними механізмами та пристроями, а також зачалування та транспортування вантажів.

Основною умовою безпечної роботи з підйомно-транспортними механізмами є їхня технічна справність. У зв'язку з цим суворо дотримуватись термінів перевірки технічного стану кранів. Вантажопідйомні машини, що знаходяться в роботі, піддаються періодичному технічному огляду не рідше ніж через 12 місяців; рідко використовувані крани через кожні 3 роки.

Вантажозахоплювальні пристрої та тару також піддають періодичному огляду: траверси - через кожні 6 місяців; кліщі та інші захоплення - через місяць; стропи - кожні 10 днів. Траверси та захоплення перевіряють фахівці, відповідальні за експлуатацію цього підйомного механізму.

Результати оглядів заносять у спеціальний журнал обліку; крім того, на кожному вантажопідйомному механізмі ставлять дату його огляду,

вантажопідйомність крана та прізвище відповідального за експлуатацію підйомного механізму.

Недотримання зазначених вище вимог служить нерідко джерелом травматизму та аварій.

Перед тим як застосувати кран або інший підйомний механізм слід підібрати необхідний захватний пристрій (траверс, кліщі, стропи, струбцину тощо) і перевірити зовнішнім оглядом його технічний стан. При виявленні будь-якого дефекту в захватних пристосування їх замінюють справними.

У практиці нерідко замість стандартних чалкових пристроїв використовують неперевірені канати, ланцюги і навіть вибраковані гумові ремені, що є грубим порушенням заходів безпеки. Кожен працюючий повинен знати, що вантажі можна піднімати лише стандартними та перевіреними захоплюючими пристроями. Не менш небезпечним є неправильне зачалування вантажів.

На підприємстві розробляють способи обв'язування деталей і вузлів машини, що піднімаються кранами під час їх монтажу, демонтажу та ремонту, із зазначенням застосовуваних при цьому пристроїв. Підйом вантажу без розробленої схеми стропування проводять у присутності та під керівництвом особи, відповідальної за небезпечне виконання робіт. До того, як зачалити вантаж, переконуються, що вага вантажу не перевищує граничну вантажопідйомність крана. При накладанні ланцюга або каната на вантаж, що піднімається, слідкують, щоб вони не перекручувалися і на них не утворювалися ВУЗЛИ-ланцюги і канати укладають рівномірно. Щоб ланцюги і канати не перетиралися на гострих ребрах вантажу, в місця перегину каната підкладають спеціальні прокладки.

Неприпустиме підтягування вантажу при похилому положенні вантажних канатів, оскільки це викликає розгойдування вантажу під час його підйому та перекидання крана. Похилого натягу канатів та строп не буде, якщо гак вантажного каната встановлений по лінії вертикальної осі, що проходить

через центр ваги вантажу. Центр тяжкості визначається «на око», а потім коригується при першому пробному підйомі вантажу.

Метал різного профілю піднімають спеціальними сутичками кліщами, струбцинами і т. п. Цим попереджають можливе зміщення та випадання вантажу при стропуванні його звичайними чалочними стропами. Велику небезпеку становить самоуравновешивание вантажу, що піднімається, а також підтримка руками зісковзують з підвішеного вантажу канатів, ланцюгів та інших пристосувань. У цих випадках необхідно негайно опустити вантаж і знову зачалити його.

Забороняється використовувати стропи та ланцюги, зрощені болтами, а також з'єднувати стропи після зачалування вантажу за допомогою шпильок, болтів, ломиків тощо. та людям, які перебувають на інших робочих місцях.

Щоб уникнути електротравми, перш ніж взятися за коробку кнопочного управління вантажопідйомним механізмом, необхідно витерти руки і коробку від залишків мастильних матеріалів і переконатися, що корпус коробки не має тріщин або інших ушкоджень. При виявленні механічних дефектів або дефектів кнопок Увімкнення користуватися цим підйомним механізмом не дозволяється.

Якщо кнопочове керування справне, натисканням на відповідні кнопки перевіряють роботу крана у всіх напрямках.

Потім кран підводять до вантажу, що піднімається, перевіряють правильність стропування вантажу і тільки після цього приєднують вантаж до гака підйомного механізму. Для перевірки гальмівного пристрою піднімають вантаж спочатку на невелику висоту. Якщо вантаж мимоволі опускається, користуватися цим підйомним механізмом не можна.

Вантаж слід піднімати без ривків, оскільки інакше можливий розрив строп та падіння вантажу. При переміщенні вантажу на шляху пересування робітника не повинно бути жодних предметів, а на підлозі залишків мастильних матеріалів. Необхідно також стежити, щоб не зачепити вантажем поруч працюючих.

Якщо перебування людей на шляху переміщення вантажу викликане технологічним процесом, цих робітників треба попередити, щоб вони вийшли із зони пересування вантажу. Перебувати під вантажем, що переміщається, забороняється. Вантаж слід переміщати на висоті на 0,5 м вище предметів, що зустрічаються на шляху. Забороняється раптово змінювати напрям руху підйомного механізму.

Опускати вантаж (вузол трактора або іншої машини при її збиранні) необхідно плавно на підготовлене місце. Встановлювати вантаж у місцях, при цьому не призначених, не дозволяється.

Укладання та розбирання вантажу потрібно проводити рівномірно, без порушення встановлених для складування вантажу габаритів та захарачення проходів. Укладати вантаж (зняті з трактора двигуни тощо) на платформи автомобілів таким чином, щоб не порушити його рівновагу та забезпечити зручне та безпечне стропування при розвантаженні. Для цього застосовують прокладки, багатооборотні стропи і т. п.

Перебувати на платформі кузова та в кабіні автомобіля при опусканні та підйомі вантажу не дозволяється. Нерідко при встановленні на стенди або машини окремих вузлів зайняті двоє робітників. У цьому випадку робітник, який керує краном, повинен стежити за сигналами, що подаються, і виконувати їх.

Після остаточної установки вантажу коробку управління краном не можна випускати з рук при косому напрямку струмопідвідного дроту, оскільки розгойдуючись, він може завдати травми робочим, що знаходяться поблизу.

Звільняти вантаж від строп, ланцюгів, струбцин, сутичок дозволяється тільки після надійної установки вантажу на місце. Зняті захватні пристрої необхідно укладати на спеціально відведене місце.

Не можна залишати захватні пристрої, зачалені на вантажі та приєднані до гака підйомного пристрою. Забороняється також залишати вантаж на вазі.

Довгомірні вантажі (труби, деталі рам тракторів тощо) можна переносити тільки вдвох, використовуючи спеціальні захоплення.

Переносити одночасно кілька деталей на перекладинах забороняється.

Гранична норма перенесення тяжкості на одну людину по рівній і горизонтальній поверхні для підлітків жіночої статі до 18 років не повинна перевищувати 10 кг, для підлітків чоловічої статі до 18 років - 16 кг, для жінок старше 18 років - 20 кг, чоловіків старше 18 років - 50 кг.

Якщо маса вантажу перевищує 50 кг, піднімати та переміщати його можна лише за допомогою підйомно-транспортних засобів. По горизонтальному шляху вантажі на ношах можна переносити на відстань не більше 50 м. Перекидати і опускати ноші слід за командою робітника, що йде ззаду. Переносити вантажі на ношах сходами забороняється. Велика кількість вантажу на ремонтних підприємствах перевозять автомобільними та електричними навантажувачами, електроконвеєрами. Найбільшу небезпеку з них становлять навантажувачі та електрокари.

До самостійного управління електричними навантажувачами та електрокарами допускаються особи не молодші 18 років, які мають посвідчення на право керування ними. Управління автотранспортом довіряється лише особам, які мають права водія автомашини, незалежно від того, чи автотранспортом працює на території майстерень або за її межами.

Рух електрокарного транспорту заборонено у місцях, де через несправність підлог або захаращення проїздів створюється загроза безпеці руху. При керуванні електрокаром потрібно дотримання правил руху. Необхідно керуватися встановленими на території підприємства попереджувальними знаками, що регламентують рух. Швидкість руху електрокара в цехах, на поворотах, при виїзді з-за кутів будівель та вузьких місць не повинна перевищувати 3 км/год; де це потрібно, подається попереджувальний звуковий сигнал.

Необхідно враховувати, що підлоги в ремонтних майстернях нерідко бувають слизькими, а проїзди недостатньо широкими, тому перевищення зазначеної швидкості може призвести до перекидання або наїзду на людей та обладнання. Недбалість при керуванні машинами неприпустима. Не можна

також відкривати ворота, натискаючи на них платформою електрокара або за допомогою вилкового захоплення авто- або електронавантажувача, а також вантажем, що перевозиться.

Для кращого огляду шляху електрокар повинен рухатися платформою вперед. Вантаж, що укладається на платформу, не повинен погіршувати оглядовість, торкатися поверхні шляху руху, виступати за бічні краї платформи.

Не слід залишати ключ в електричному замку електрокара навантажувача, так як ним можуть скористатися особи, які не мають права на керування транспортним засобом.

При піднятті та перевезенні вантажів необхідно дотримуватись правил, що забезпечують нормальну стійкість навантажувача. Слід уникати роботи на спущених шинах, оскільки це призводить до втрати поздовжньої та поперечної стійкості. Не можна піднімати вантаж ривком і нахилити раму з вантажем уперед. Забороняється піднімати і перевозити вантаж, центр ваги якого розташований на більшій, ніж це рекомендовано заводською інструкцією, відстані від передніх стінок вил, а також вантаж, що перевищує за вагою номінальну вантажопідйомність навантажувача.

Не можна також піднімати вантаж одночасно з рухом навантажувача, різко гальмувати у звичайних умовах експлуатації, залишати навантажувач з піднятим вантажем. При перевезенні вантажів вила навантажувача потрібно розташовувати на висоті 200-300 мм від підлоги, а рама підйомника повинна бути нахилена «на себе» вщент.

При використанні навантажувачів з безблочною стрілою як рухомий кран міри безпеки ті ж, що і при роботі на автокранах.

Якщо на електронавантажувачі встановлена стріла, для забезпечення його надійної стійкості необхідно враховувати виліт стріли та вагу вантажу, що підвішується.

При вильоті вантажного гака на 525 мм допускається підвішування вантажу масою трохи більше 650 кг, при вильоті на 860 мм — 450 кг, при

вильоті на 1195 мм — 350 кг. Збільшувати навантаження на вантажний гак вище вказаного забороняється, оскільки це може призвести до перекидання навантажувача. Електронавантажувачам, електрокарам доводиться працювати в атмосфері, насиченій вибухонебезпечними парами (відділення розбирання двигунів, випробування їх, ремонту паливної апаратури та ін), тому тут неприпустимі умови іскроутворення, тобто не можна залишати на батареях інструмент або металеві деталі, допускати ослаблення контактів у батареї тощо. При короткому замиканні необхідно негайно вимкнути акумуляторну батарею. Електронавантажувач із знятим щитом панелі електродвигуна та зі знятою кришкою акумуляторної батареї до роботи не допускається.

Наявність несправностей в електрокарах, навантажувачах (особливо в гальмах чи рульовому управлінні) може призвести до аварії, тому водій відповідає за роботу на несправних машинах.

Водій не має права усувати несправності в електрокарах і електронавантажувачах (виняток становлять заміна запобіжника, що перегорів, і підтяжка болтових з'єднань). Усі дефекти усуваються тільки фахівцем з ремонту електронавантажувачів в електрокар. Навантажувачі (електричні, автомобільні) повинні не менше одного разу на рік випробовуватися підйомом вантажу, що перевищує номінальну вантажопідйомність на 20-25%.

У практиці ремонтних підприємств кранове обладнання найчастіше використовується на невідповідних їх призначенню роботах, а саме: малярних, обслуговуванні світильників з галереї крана тощо.

Таке використання крана може бути допущено за умови безпечного виконання цих робіт, вжиття заходів щодо запобігання падіння людей з крана, ураження їх електрострумом, виходу на кранові шляхи, а також встановлення порядку переміщення крана. Проведення таких операцій під час роботи крана з переміщення вантажу не дозволяється. Присутність відповідальної особи від адміністрації під час подібних робіт є обов'язковою.

Трагічно закінчуються випадки ремонту кранів при невиконанні елементарних норм техніки безпеки. Правилами встановлено, що допуск до роботи на підкранових балках у цехах з діючими кранами здійснюється після огороження відповідної ділянки шляхом встановлення лінійок для кінцевих вимикачів, упорів та сигналів, а також інструктажу робітників та кранівників та видачі наряду допуску, погодженого з керівником з експлуатації кранів. При цьому тролєї мають бути відключені або закриті.

Робота на підкранових балках провадиться під керівництвом спеціально виділеного адміністрацією працівника.

Для безпечного пересування підкрановими балками (за відсутності огорож) слід натягувати трос для прикріплення до нього запобіжних поясів.

**Організація миття машин, вузлів та деталей на ремонтних підприємствах.** У кожному технологічному процесі ремонту тракторів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин передбачається комплекс мийних робіт, що виконуються у певній послідовності та на спеціальному обладнанні. У цей комплекс входять зовнішнє миття машин, миття агрегатів і вузлів перед їх розбиранням, миття розібраних деталей, розконсервація нових деталей.

Використання комплексу мийних установок забезпечує високу якість ремонту сільськогосподарських машин. Зовнішнє миття сільськогосподарських машин проводиться як на відкритих (обладнаних та необладнаних) майданчиках, так і спеціальними мийними машинами в будівлі майстерні.

Для очищення великогабаритних сільськогосподарських машин від бруду використовуються пересувні насосні установки. Миття ведеться холодною водою.

Зовнішнє миття тракторів, агрегатів і вузлів сільськогосподарських машин перед розбиранням їх на деталі проводиться у спеціальних мийних машинах та установках. Миючою рідиною тут є гарячий розчин кальцинованої соди, рідкого скла та поверхнево-активної речовини АС-РАС.

Вузли та деталі розібраних машин зазвичай мийуть у камерних машинах. При великому обсязі ремонтних робіт тракторів та комбайнів для миття деталей використовують конвеєрні мийні машини.

Деталі з відкладеннями смолистих речовин і коксу перед миттям в машинах виварюють у спеціалізованих виварювальних установках в розчині каустичної соди великої концентрації.

Мийні машини, що випускаються, і установки рекомендується застосовувати з урахуванням типу і марки сільськогосподарських машин. Наприклад, у спеціалізованих майстернях з ремонту гусеничних тракторів середньої потужності слід використовувати установку для зовнішнього миття тракторів, камерну мийну машину, конвеєрну мийну машину, установку для миття головок блоку циліндрів і масляних картерів, установку з комплектом пристроїв для промивання масляних каналів у блоках, колінчастих валах і шатунах, установку для виварювання деталей.

Мийне обладнання в ремонтному підприємстві встановлюється в мийному відділенні і на лінії розбирання та збирання машин у такій послідовності, щоб деталі, вузли та агрегати, що надходять від однієї машини до іншої, не поверталися, а рухалися в одному напрямку.

**Умови праці у мийних відділеннях.** Санітарно-гігієнічна обстановка в мийних відділеннях характеризується значними виділеннями пари миючих розчинів, бруду, шкідливих газів, протягами, великими перепадами температури по висоті приміщення. Особливо небезпечна для організму людини в процесі миття вузлів та деталей машин каустична сода, тетраетилсвинець. Створення здорових та безпечних умов праці в мийних відділеннях залежить від багатьох факторів.

Найголовніші з них - планування та розміри цеху; вентиляція та освітлення; розміщення обладнання (мийних машин, установок, виварювальних ванн та ін); ступінь механізації підйомно-транспортних та передавальних операцій; технологічний процес миття; засоби та матеріали,

що застосовуються при цьому; конструкція та типи машин, установок та ванн, а також елементи їх герметизації.

Мийне відділення в будівлі ремонтного підприємства слід розташовувати в торцевій частині. Загальні розміри приміщення розраховують залежно від кількості мийних машин, установок, ванн для виварювання та їх габаритів.

Під основним прольотом необхідно обладнати просторі тунелі для паропроводів, водопровідних трубопроводів, установок, а також трубопроводи для транспортування забруднених миючих рідин і води, що видаляються з ванн.

Місця, де встановлені виварювальні ванни (як особливо шкідливі), потрібно розташовувати в спеціальних ізольованих приміщеннях.

У приміщеннях мийних відділень має бути встановлена надійна загальна припливно-витяжна вентиляція. Крім того, мийні машини, установки, виварювальні ванни слід обладнати індивідуальною витяжною вентиляцією.

Деякі миючі препарати, що застосовуються в мийних відділеннях, вибухонебезпечні, тому все електрообладнання установок має бути у вибухозахищеному виконанні.

У мийному відділенні найбільше травм (опіки) викликається зіткненням з отруйними речовинами, що роз'їдають шкіру людини при обслуговуванні мийних установок, завантаженні та вивантаженні деталей. Нерідкі також удари і поранення в процесі миття.

Основні напрями у боротьбі з травматизмом у мийних відділеннях ремонтних підприємств — це подальша раціоналізація основних процесів миття та впровадження досконалішого обладнання; обов'язкове застосування запобіжних пристроїв та огорож у небезпечних частин механізмів мийних установок; використання індивідуальних захисних засобів (мазей, паст, спецодягу); вдосконалення навчання робітників безпечним прийомам роботи.

**Захисні заходи, огороження небезпечних ділянок, пристосування, що полегшують експлуатацію мийних машин та установок.** Установку для зовнішнього миття тракторів монтують у торцевій частині будівлі ремонтного

підприємства. Мийна камера установки - прямокутної форми з двома протилежно розташованими дверима. Через одні двері трактор із двору завантажують в установку, через інші вимитий трактор надходить до розбирального відділення. Стіни камери роблять із залізобетонних панелей або цегли і покривають стіни і стелю вологонепроникним облицюванням, якщо камеру розташовують у спеціальній прибудові. При установці камери у мийному відділенні майстерні стіни роблять металевими. Для зменшення віддачі тепла в довкілля доцільно мати теплоізоляцію, яка поглинала б одночасно шум, що виник від ударів струменів мийної рідини об стіни камери.

Під рамою душевого пристрою мийної камери риють котлован для збору рідини, що стікає з трактора. Стіни і дно котловану облицюють бетоном. Після миття кожного трактора на дні котловану осаджується велика кількість бруду. Щоб її видалення не витрачати багато праці та часу, на дно котловану слід встановлювати піддон з 3—4 окремих секцій. Піддон з брудом, що накопичився в ньому, виймають з котловану краном і вивозять у спеціально відведене місце. Двері камери повинні щільно закриватися і не пропускати через щілини мийну рідину.

Після закінчення миття перед викочуванням візка з трактором з камери на 5-8 хв включають витяжну вентиляцію. Виправна витяжна вентиляція виключає надходження парів мийної рідини в приміщення ремонтної майстерні.

Для миття агрегатів і вузлів перед розбиранням, а також для миття окремих деталей на ремонтних підприємствах застосовують камерні мийні машини, що складаються з ряду складних вузлів (підігрівувальні пристрої, насосні установки, привід поворотного столу, витяжні пристрої). Тому тільки суворе дотримання рекомендацій щодо експлуатації цих машин робить роботу мийників безпечною. Мийна рідина установок має температуру 80-83 °. Залежно від можливостей виробництва її нагрівають або парою котелень

або спалюванням в топці установки твердого (рідкого) палива. Найбільш зручним та безпечним є паровий підігрів.

Мийні машини обладнані електродвигунами, тому необхідно надійно заземлювати їх.

Відпрацьований миючий розчин не можна зливати в загальну каналізацію, оскільки він сильно забруднює каналізаційні труби. На деяких ремонтних підприємствах використаний мийний розчин зливають у збірну яму (бункер) площею до 20 м<sup>2</sup>. Таку яму накривають металевими листами, що служать підлогою цеху. Пари, що випаровуються з великої поверхні мийної рідини, через щілини підлоги проходять в приміщення і отруюють легкі мийники. Під час забору рідини з ями автомашиною приміщення забруднюється (бризки миючого розчину, загазованість повітря). Щоб цього не було, слід герметизувати зливні ями, а забірний люк винести зі стін цеху. Для полегшення завантаження і вивантаження візка з миючими агрегатами і вузлами в камерні машини рейковій дорозі треба надати такий ухил, при якому візок з вантажем переміщався без будь-яких зусиль робітника. Для зупинки візка її обладнують спеціальними гальмами.

Перед зовнішньою миттям двигуна в камерних машинах роблять часткове його розбирання. При цьому звертають увагу на злив олії з очищувача повітря і корпусу масляного фільтра — олія повинна зливатися по закритому жолобі у відстійник самопливом, не забруднюючи одягу робітника.

Для промивання масляних каналів у блоках, колінчастих валах, у шатунах двигунів мийні машини комплектуються спеціальними пристроями.

Більш досконалішими мийними установками для миття деталей та вузлів тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин є конвеєрні машини. Ці машини мають дві мийні камери: одна — для миття рідиною для миття, інша — для миття гарячою водою. Вузли та деталі тут завантажуються в машини автоматично за допомогою транспортера. Вхідний та вихідний отвори закриваються гумовими шторами, які затримують вихід парів миючої

рідини з машин. Прониклі через штори пари відсмоктуються спеціальним витяжним пристроєм.

Щоб при експлуатації машини конвеєр не перевантажувався, на валу ланцюгової передачі від редуктора до транспортера встановлено запобіжний храповий механізм. Храповики механізму прослизують при навантаженні на транспортері більше 3 т або при заклинюванні стрічки транспортера.

Для безпеки обслуговування установки дрібні деталі для миття рекомендується укладати в спеціальні кошики, великі (блоки, картери муфти зчеплення і маховика, головки блоків та інші корпусні деталі) - безпосередньо на стрічку транспортера. Від мийних установок вимиті вузли та деталі за допомогою підйомно-транспортних засобів надходять у цех розбирання та дефектації.

До недоліків мийних установок, що використовуються на ремонтних підприємствах відноситься відсутність приладу, що контролює концентрацію мийного розчину. Особливо це дається взнаки при застосуванні каустичної соди. При великій концентрації мийного розчину після миття в камерних машинах на деталях залишається наліт каустичної соди. Цей наліт надає шкідливу дію на шкіру рук і легені робітників, зайнятих на мийних роботах, розбирання агрегатів і вузлів, дефектування деталей. кращого ополіскування від каустичної соди на ремонтних підприємствах з великим об'ємом ремонтних робіт у мийному відділенні встановлюють послідовно камерну і конвеєрну мийні машини. ополіскуються гарячою водою. Вимиті за такою технологією вузли та деталі не є небезпечними для людини.

**Підготовка до миття.** Перед початком робіт мийник перевіряє стан мийної установки (машини), переконується у справності душового пристрою, вентиляції, надійності кріплення трубопроводів, сальників, підігрівальних пристроїв, підбемно-транспортних засобів.

Потім надягає прогумований фартух, гумові рукавички і наносить на шкіру рук цистеаратну мазь №1 та №2 при роботі з водними розчинами кислот, лугів, солей або пасту ХІВТ-6 (ІЕР-1) при роботі з гасом, дизельним паливом

та іншими нафтопродуктами. Приступати до роботи можна лише після перевірки справності захисних огорож, пристосувань, що додаються до мийної машини, та надійності заземлювальних пристроїв.

Перед рубкою каустичної соди мийник повинен надіти гумову маску із захисними окулярами. Для нейтралізації луку, що потрапила на шкіру, в аптечці мийного відділення завжди має бути розчин сірчанокислового амонію. Для підтримки в чистоті робочого місця мийник на початку зміни посипає тирсою підлогу мийного відділення, а в кінці зміни ретельно прибирає його.

**Мийні розчини.** При ремонті сільськогосподарської техніки для очищення деталей, вузлів, механізмів від різних забруднень (мінеральні та нафтові олії та продукти їх розкладання, абразивні речовини, металевий пил та ін.), а також під час розконсервації нових деталей у мийних установках застосовуються найбільш різноманітні речовини: лужні розчини, розчини миючих нейтральних речовин, кислотні розчини, органічні розчинники, емульсії.

Ці речовини вимагають особливої обережності, оскільки мають високу токсичність. Органічні та емульгуючі розчинники горючі та вибухонебезпечні. Вони мають низьку температуру спалаху і займання (загоряння відбуваються навіть при нормальній температурі в приміщенні).

При роботі на мийних установках необхідно постійно слідкувати за чистотою спецодягу робітників, оскільки просочений пожаронебезпечними рідинами спецодяг часто призводить до нещасних випадків.

В даний час розроблені та випускаються промисловістю нові миючі препарати, які безпечні при обслуговуванні мийних машин та установок. Вони не токсичні, не горючі, вибухобезпечні. Найбільш придатні для мийних установок на ремонтних підприємствах такі препарати:

синтетичний миючий препарат МЛ-51 призначений для струминного очищення тракторів, автомобілів, комбайнів та їх двигунів від забруднення пально-мастильними матеріалами та продуктами їх окислення та термічного

розкладання, а також для розконсервації різного промислового обладнання. З застосовуваних нині миючих розчинів він замінює каустичну соду.

Препарат являє собою порошок білого або світло-жовтого кольору зі слабким запахом мила, що складається з суміші синтетичної поверхнево-активної речовини та електролітів (кальцинована сода, триполіфосфат і рідке скло).

Препарат не токсичний, не горючий, вибухобезпечний, добре розчиняється у воді і дозволяє обробляти деталі, виготовлені з чорних та кольорових металів, а також їх сплавів в одному потоці без спеціального ополіскування. Розчини препарату концентрацією 10-25 г/л мають помірне піноутворення, що дає можливість використовувати їх у будь-яких струминних мийних машинах, що застосовуються в ремонтному виробництві. Витрата препарату на очищення тонни деталей становить 1,5-3,5 кг;

синтетичний миючий препарат МЛ-52 призначений для очищення деталей, виготовлених з чорних і кольорових металів, а також їх сплавів, від залишків пально-мастильних матеріалів, смолистих відкладень методами занурення або циркуляції миючого розчину.

Препарат - порошок світло-жовтого кольору зі слабким запахом мила, не токсичний, пожежонебезпечний вибухобезпеч. Застосовується як водних розчинів концентрації 20—30 г/л при температурі 80— 100°. Розчини препарату не викликають корозії металів. Механізми, вузли та деталі, що підлягають нетривалому зберіганню, як правило, не вимагають після миття розчином МЛ-52 додаткової антикорозійної обробки. Розчини препарату МЛ-52 раціонально застосовувати у виварювальних ваннах;

синтетичний миючий препарат «Тракторин» призначений для струминного очищення тракторів, автомобілів, комбайнів та їх двигунів від забруднення пально-мастильними матеріалами та продуктами їх окислення та термічного розкладання.

Препарат – порошок світло-жовтого кольору, складається із суміші синтетичної поверхнево-активної речовини та електролітів (кальцинована

сода, тринатрійфосфат та метасилікат натрію). Він не токсичний, не горючий, вибухобезпечний. Водні розчини препарат концентрацією 10-40 г/л дозволяють обробляти машини та деталі, виготовлені з чорних та кольорових металів, а також їх сплавів в одному потоці без спеціального ополіскування.

«Тракторин» можна використовувати у будь-яких струминних машинах, що застосовуються у ремонтному виробництві. На відміну від препарату МЛ-51 розчини «Тракторин» мають підвищене піноутворення. Для зниження піноутворення необхідно вводити піногасні добавки (дизельне паливо, гас, уайт-спірит) в кількості 0,2-0,3% від об'єму розчину. Препаратом Тракторин можна замінювати розчини каустичної соди.

**Робота на мийних машинах та установках.** Подавати трактор своїм ходом на естакаду для встановлення його на візок мийної машини дозволяється тільки особам, які мають спеціальність тракториста-машиніста. При установці в мийну камеру трактора та при подальшому його русі за допомогою лебідки підходити до нього та тросу лебідки ближче ніж на 1 м забороняється. Рейкові шляхи установки повинні бути у чистоті.

Під час роботи мийної машини забороняється перебувати всередині мийної камери або переходити водозбірну яму мийної камери рейками. Не можна включати привід переміщення душевого пристрою під час промивання картерів. Розбирати трактор у мийній камері забороняється. Забороняється завантажувати камерні або конвеєрні мийні машини деталями масою понад 20 кг без застосування підйомних механізмів. Заборонено також піднімати вантажі та одночасно переміщувати їх у горизонтальній площині. Не дозволяється стояти під піднятими агрегатами або на шляху їхнього переміщення.

При підйомі двигунів у зборі та інших важких агрегатів, вузлів та деталей необхідно застосовувати лише справні сутички. Важкі агрегати та деталі слід встановлювати на підставки, що забезпечують їхнє стійке положення.

Укладати деталі, вузли та агрегати в кошики або на конвеєр мийної машини потрібно так, щоб у поглибленнях і площинах деталей не залишалася

миюча рідина, а при обертанні столу деталі з кошика не випадали. У корпусних деталях, що промиваються, пробки для зливу масла, води і палива повинні бути вивернуті. Тяжкі деталі потрібно укласти в нижню частину кошика.

Кошики з деталями треба укласти так, щоб вони не виходили за межі габаритів візка та конвеєра. Забороняється встановлювати кошики з деталями одна на одну.

Мийник повинен періодично перевіряти стан запорів дверей камерних мийних машин та надійність їхньої дії. Гумові-захисні фартухи конвеєрних мийних машин не повинні мати пошкоджень.

Необхідно стежити, щоб верхня стінка топки в камері була постійно покрита миючою рідиною.

Забороняється перевантажувати мийні машини понад встановлені норми: для камерних машин — понад 1,5 т, для конвеєрних понад 0,5 т на погонний метр конвеєрного полотна.

Електродвигун приводу насоса слід включати тільки після закриття дверей машини, а перемикач для обертання поворотного столу у зворотний бік в камерній мийній машині після повної його зупинки.

Працювати на камерній установці зі знятим столом не дозволяється. Внутрішнє миття двигуна у зборі потрібно виконувати на нерухомому поворотному столі. Закочувати візок з деталями в мийну камерну машину можна тільки після поєднання напрямних поворотного столу машини із зовнішнім рейковим шляхом. Поміщений у камеру візок повинен бути надійно застопорений на напрямних поворотної рами.

Відчиняти двері мийної машини дозволяється після роботи вентилятора протягом 5 хв, вимикання електродвигунів приводу насоса та редуктора поворотного столу, повної зупинки столу та припинення подачі розчину. Якщо всередині мийної машини під час ремонту знаходяться люди, двері її повинні бути відчинені, а вентилятор — працювати, забезпечуючи відсмоктування пари.

При очищенні душового пристрою мийної машини або при виконанні інших робіт усередині мийної камери необхідно в першу чергу відключити електродвигуни відцентрового насоса та редуктора приводу поворотного столу від мережі та на їх пускових пристроях вивісити табличку з написом «Не включати». Потім закрити підлогу, що відокремлює ванну підігріву від мийної камери. Злити забруднений розчин із баків та відстійників мийних машин можна лише після охолодження його до 40°.

**Миття деталей у ваннах.** Кришки ванни слід відкривати лише під час промивання деталей. Розконсервація деталей у гасі, дизельному паливі або в струмені пари дозволяється лише у спеціальних закритих ваннах. Застосовувати відкритий вогонь забороняється. Рівень миючих розчинів у ванні повинен бути на 100-200 мм нижче за краї ванни.

При митті деталей двигунів, що працюють на етильованому бензині (пускові тракторні двигуни, автомобільні двигуни), треба бути обережними і суворо виконувати вимоги, необхідні при застосуванні цього виду палива.

Суть цих вимог ось у чому. Мити деталі можна тільки в робочому одязі з наруківниками, використовуючи прогумований фартух і гумові рукавички. Перед прийомом їжі та в кінці зміни робочий одяг і фартух потрібно прибрати в спеціальну шафу, вимити руки гасом і теплою водою з милом. Деталі двигунів перед миттям їх у мийних машинах помістити на 10-20 хв у ванну з гасом. Гас у цій ванні необхідно міняти після обробки деталей десяти двигунів. При отруєнні етилованим бензином або продуктами його згоряння негайно звернутися до лікаря.

## РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Основними показниками економічної ефективності оцінки ремонтної майстерні є сума додаткових капіталовкладень, собівартість ремонту, річний економічний ефект, строк окупності додаткових капіталовкладень.

### 7.1. Визначення капіталовкладень в основні фонди.

Вартість основних фондів ЦРМ :

$$C_o = C_b + C_{ob} + C_i, \text{ де}$$

$C_b$  - вартість будівлі майстерні;

$C_{ob}$  - вартість обладнання, грн;

$C_i$  - вартість інструменту, грн.

(штучна вартість якого перевищує 100 грн)

Вартість виробничої будівлі:

$$C_b = C_b' \cdot S, \text{ де}$$

$C_b'$  - середня вартість будівельно-монтажних робіт, грн/м<sup>2</sup>. Для ремонтних піприємств:  $C_b' = 9000$  грн/м<sup>2</sup>.

$S$  - виробнича площа

$$C_b = 9000 \cdot 90 = 810000 \text{ грн.}$$

Вартість установленого обладнання становить 40% від вартості будівлі.

$$C_{ob} = 0,4 \cdot 810000 = 324000 \text{ грн.}$$

Вартість приладів, пристосувань, інструменту становить 40 % від вартості обладнання

$$C_i = 0,5 \cdot 324000 = 162000 \text{ грн;}$$

Вартість основних фондів дорівнює:

$$C_o = 810000 + 324000 + 162000 = 1296000 \text{ грн.}$$

Вартість основних фондів дільниці ремонту корпусних деталей та рам до реконструкції становить 164600 грн.

Додаткові капіталовкладення :

$$K = C_o - C_o' = 1296000 - 864000 = 432000 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.1 - Розрахунок фонду оплати праці

Показники	Значення
Затрати праці на ремонт одного двигуна ЯМЗ- 238, люд.-год.	120
Річна програма ремонту двигунів ЯМЗ- 238, шт	80
Годині ставки, грн/год	65,00
Річні затрати праці, люд.-год	9600
Основна оплата, грн	624000
Додаткова оплата, грн	249600
Всього, грн	873600

## 7.2. Визначення потреби в ремонтних матеріалах і запасних частинах

Потребу в основних матеріалах і запасних частинах визначаємо в грошовому виразі. При розрахунку виходимо із нормативного відношення між сумами прямих витрат, виражених в процентах.

Знаючи, що для КР двигунів на оплату праці приходиться 45% від вартості прямих затрат, знаходимо скільки становить 1%. Тоді по нормативах визначаємо, що затрати на запчастини складають 15%, а матеріали 30%, інші витрати – 10%. Результати заносимо в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 - Розрахунки прямих затрат, грн.

Витрати	Капітальний ремонт	
	%	грн
Оплата праці	45	873600
Запасні частини	15	291200
Ремонтні матеріали	30	582400
Інші затрати	10	194133
Всього	100	1941330

### 7.3. Розрахунок цехових витрат

Цехові витрати включають відрахування на амортизацію, поточний ремонт будівлі і технологічного обладнання, оплату ІТР і обслуговуючого персоналу майстерні, а також вартість електроенергії, пару, стисненого повітря, спецодягу та взуття.

Відрахування на амортизацію та поточний ремонт будівлі і обладнання зведено в таблицю 7.3.

Таблиця 7.3 - Відрахування на амортизацію і поточний ремонт будівлі і обладнання

Назва	Балансова вартість, грн.	Амортизація		Поточний ремонт	
		%	грн.	%	грн.
Будівля	810000	2,7	21870	3,0	24300
Обладнання	324000	8,0	25920	4,0	12960
Разом	1134000	--	47790	--	37260
Всього		85050			

#### 7.4. Розрахунок собівартості ремонту.

В собівартість ремонту входять витрати на оплату праці, запасні частини, ремонтні матеріали.

Розрахунок фонду заробітної плати.

При виконанні поточного ремонту робітникам іде оплата за виконану нормозміну по 4 розряду тарифної сітки.

Затрати на оплату праці при виконанні поточного ремонту :

$$З_{пр} = П_{пр} \cdot О_{ус.р} = 9600 \cdot 65,00 = 624000 \text{ грн. ;}$$

Допоміжна оплата складає 40%, від основної.

Усі дані розрахунків заносимо в таблицю 7.1.

Визначаємо фонд оплати праці ІТР та допоміжного персоналу.

Таблиця 8.4

Фонд оплати праці , грн.

Посада	Кількість чоловік	Місячний оклад, грн.	Основна оплата, грн.	Додаткова оплата, грн.	Всього, грн.
Завідуючий майстернею	10000	120000	48000	168000	10000
Техробітник	6000	72000	28800	100800	6000
Всього:	-	192000	76800	268800	-

Вартість електроенергії, затрати на додаткові матеріали, спецодяг входить в інші затрати і становить 5% від основних фондів.

$$З_{ів} = 0,07 \cdot C_0 = 0,05 \cdot 1296000 = 103680 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати :

$$C = 1941330 + 85050 + 268800 + 103680 = 2398860 \text{ грн.}$$

Собівартість ремонту двигунів:

$$C_p = \frac{C}{P_r};$$

де :  $P_r$  - програма ремонтів

$$C_p = \frac{2398860}{80} = 29986 \text{ грн./шт.};$$

### 7.5. Техніко - економічні показники

Вартість ремонту відновленого двигуна ЯМЗ- 238 для споживачів складає 33620 грн.

Ефективність використання праці у ЦРМ встановлюється розрахунком продуктивності праці, яка визначається за формулою :

$$P_{п} = \frac{P_r}{P_c};$$

де :  $P_c$  - середньорічна кількість працюючих, чол.

$$P_{п} = \frac{80}{5} = 16 \text{ шт./люд.}$$

Фондовіддача буде рівна:

$$\Phi = \frac{P_r \cdot 1000}{C_o} = \frac{80 \cdot 1000}{1296000} = 0,061 \text{ шт./тис.грн.}$$

де :  $C_o$  - вартість основних фондів, тис.грн.

Вартість валової продукції становить

$$ВВП = Цв\text{ідн} * N,$$

де,  $N$  – програма ремонту двигунів ЯМЗ- 238, шт.

Отже,

$$ВВП = 33620 * 80 = 2689600 \text{ грн.}$$

Прибуток становить :

$$\Pi = (Цв\text{ідн} - C_v) * N = (33620 - 29986) * 80 = 290720 \text{ грн.}$$

Рентабельність виробництва становить :

$$P = ((C_{\text{відн}} - C_{\text{в}}) / C_{\text{в}}) * 100;$$

$$P = ((33620 - 29986) / 29986) * 100 = 12,2 \%$$

Термін окупності капіталовкладень в дільницю ремонту двигунів ЯМЗ- 238

визначимо за формулою :

$$\text{Ток} = K / П ;$$

де К – капіталовкладення, грн.

$$\text{Ток} = 432000 / 290720 = 1,5 \text{ року}$$

Економічні показники зводимо до таблиці 7.5.

Таблиця 7 .5.

Економічні показники

ПОКАЗНИКИ	Значення
Річна виробнича програма ремонту двигунів, шт	80
Додаткові капіталовкладення, грн	432000
Випуск продукції на 100 м <sup>2</sup> виробничої площі, шт	0,44
Фондовіддача, шт/тис. грн	0,061
Продуктивність праці, шт/чол	20
Собівартість ремонту двигуна ЯМЗ- 238, грн	29986
Відпускна вартість ремонту одного двигуна ЯМЗ- 238, грн	33620
Прибуток , грн	290720
Рентабельність, %	12,2
Строк окупності додаткових капіталовкладень, років	1,5

## ВИСНОВКИ

На основі даних комплексного аналізу конструктивно-технологічних параметрів підвищення надійності та технології ремонту двигунів ЯМЗ-238 вирішено цілий ряд задач відновлення їх роботоздатності .

В магістерській роботі були конкретизовані і вирішені наступні задачі:

1. Дано аналіз існуючих конструктивно-технологічних параметрів підвищення надійності та технологій ремонту двигунів ЯМЗ- 238 ;
2. Проаналізовано види пошкоджень деталей ЯМЗ- 238, що виникають в процесі експлуатації тракторів;
3. Розроблено конструктивно-технологічні параметри підвищення надійності двигунів ЯМЗ- 238 ;
3. Розроблено технологічний процес відновлення гільз циліндрів термопластичним деформуванням (ТПД);
4. Досліджено ремонтний фонд поршнів двигуна ЯМЗ-238;
5. Розраховано граничні та допустимі при ремонті спрацювання та розміри деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів ЯМЗ- 238 ;
6. Досліджено пошкодження деталей кривошипно-шатунного механізму двигунів ЯМЗ-238КМ, розроблено технологічний процес їх відновлення.
7. Розроблено міроприємства, які б задовольняли вимогам охорони праці при ремонтних роботах;
8. Визначено економічну ефективність відновлення працездатності двигуна ЯМЗ-238. Додаткові капіталовкладення складають 432 тисячі грн. Собівартість ремонту одного двигуна ЯМЗ-238 29986 грн. Відпускна вартість ремонту одного двигуна ЯМЗ-238 33620 грн. Прибуток 290720 грн. Строк окупності додаткових капіталовкладень 1,5 роки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творення машин/ [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. – Харків : Вид Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с. : 52 іл.
2. Братішко В. В. Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2014. Вип. 27. С. 187-191.
3. Бойко А.І. Оцінка надійності складних систем методом дерева відмов // А.І. Бойко, А.В. Новицький, З.В. Ружило, С.С. Карабиньош, В.А. Сиволапов, А.А.Засулько / К., Видавничий центр НУБіПУ, 2012. – 8 с.
4. Войналович О. В., Марчишина Є. І. Білько Т. О. Охорона праці у сільському господарстві: підручник. К. Центр учбової літератури. 2017. 691с
5. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. та ін. Охорона праці. К.: Урожай, 1994.- 272 с.
6. Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін. Довідник сільського інженера.–2-е вид.; перероб. і доп. - К.: Урожай, 1991. – 400 с.
7. Денисенко М. І. Формування точкових зносостійких покриттів на деталях робочих органів ґрунтообробної техніки та кормоприготувального обладнання. Матеріали науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики. Тернопіль 29-30 вересня 2022. С. 118-120.
8. Дзюба Л. Основи надійності машин / Л. Дзюба, Ю. Зима, Ю. Лютий // Львів, «Логос», 2003. – 201 с.
9. Канарчук В.Є. Надійність машин: Підручник. / В.Є. Канарчук, С.К.Полянський, М.М. Дмитрієв. – К.: Либідь, 2003. – 424 с.

10. Лехман С.Д. Довідник з охорони праці в сільськогосподарських підприємствах.– К.: Урожай, 1990, –218 с.
11. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи „Відновлення зношених деталей хонінгуванням”. С.С. Карабиньош, А.В. Новицький, З.В. Ружило. Видавничий центр НУБіПУ Київ-2016.
12. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи „Відновлення циліндрів (гільз) автотракторних двигунів розточуванням під ремонтний розмір” . С. Карабиньош, А.В. Новицький, З.В. Ружило. Видавничий центр НУБіПУ Київ-2016 .
13. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи "Відновлення зношених деталей хромуванням". П.С. Попик, А.В. Новицький, З.В. Ружило, В.А. Сиволапов, А.А. Троц. Видавничий центр НУБіПУ Київ-2019
14. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи „Відновлення колінчастих валів шліфуванням корінних і шатунних шийок під ремонтний розмір" А.В. Новицький, З.В. Ружило, В.А. Сиволапов, О.О. Банний. Видавничий центр НУБіПУ Київ-2016
15. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичної роботи "Розробка ремонтних креслень”. Карабиньош С.С., Новицький А.В., Ружило З.В. Видавничий центр НУБіПУ Київ-2016
16. Молодик М.В. та ін. Відновлення деталей машин. – К.: Урожай, 1995, – 542 с.
17. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004-95.- К.: Держстандарт України, 1995.– 51 с.
18. Надикто В. Т., Кюрчев В. М. Математичне моделювання функціонування машинно-тракторних агрегатів. Збірник наукових праць ТДАТУ. 2010. Вип. 10, т. 7. С. 3–9.
19. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З. В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 221 с.