

НУБІП України

НУБІП України

Магістерська кваліфікаційна робота

01.12.МКР.463 с 28.03.23.004 ПЗ

ЛИТВИНЧУК БОГДАН ВОЛОДИМИРОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну
НУБІП України
УДК 62-213:621.6.052

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідуюча кафедри
надійності техніки
НУБІП України
А.В.Новицький
“ ” _____ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
**Дослідження технічного стану
та розробка ТП відновлення корпусів
вакуумних насосів**
НУБІП України

Спеціальність: 133 – галузеве машинобудування
Магістерська програма – технічний сервіс машин та обладнання
сільськогосподарського виробництва
Програма підготовки - освітньо-професійна
НУБІП України

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи
К.Т.Н., доц. Ружи́ло З.В.
НУБІП України

Виконав: Литвинчук Б.В.
НУБІП України

НУБІП України

Київ-2023
ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ _____ 4

ЗМІСТ _____ 5

ВСТУП _____ 7

1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОРПУСА

ВАКУУМНОГО НАСОСА _____ 9

1.1 Функціональне призначення, конструкція, технологія виготовлення та технічні вимоги до робочих поверхонь корпусу насоса _____ 9

1.2 Аналіз умов експлуатації та види пошкоджень робочих поверхонь деталей, які надходять у ремонт _____ 11

1.3. Технологія та організація ремонту корпусів вакуумних насосів _____ 16

1.4. Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу корпусу _____ 18

1.5. Задачі магістерської роботи _____ 19

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ, ЯКІ НАДХОДЯТЬ

У РЕМОНТ _____ 20

2.1. Стан питання та задачі дослідження _____ 20

2.2. Методика досліджень _____ 21

2.3. Результати досліджень _____ 22

2.3.1. Дослідження залежності продуктивності вакуумного насоса від зміни діаметра циліндра _____ 22

2.3.2. Дослідження пошкоджень корпусів насосів, які надходять у ремонт 24

2.3.2.1. Загальна схема виникнення пошкоджень в спряженнях основних деталей вакуумних насосів

25

2.3.2.2. Результати дослідження пошкоджень корпусів вакуумних насосів

26

2.3.3. Вивчення фізичної суті пошкоджень робочих поверхонь

27

2.3.3.1. Пошкодження корпусів вакуумних насосів, що надходять у ремонт

27

2.3.3.2. Мікроструктурний аналіз поверхонь корпусів вакуумних насосів

29

2.3.4. Дослідження статистики параметрів зносу робочої поверхні корпуса

30

2.3.5. Кількісні показники пошкоджень деталей пластинчатого-роторних вакуумних насосів

42

3. ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ КОРПУСА ВАКУУМНОГО НАСОСА

51

3.1. Конструкторська ремонтна підготовка

51

3.1.1. Ремонтне креслення корпусу	51
3.2. Технологічна підготовка ремонтного виробництва	53

3.2.1. Технологічний процес ремонту деталі	53
3.3. Організаційна підготовка виробництва	56
3.3.1. Проект дільниці по ремонту корпусів вакуумних насосів	56

4. АНАЛІЗ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ДІЛЬНИЦІ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСІВ	68
--	----

4.1. Загальні відомості про шкідливі та небезпечні виробничі фактори	68
4.2. Розрахунки засобів охорони праці на дільниці по ремонту корпусів вакуумних насосів	69
4.3. Умови безпеки праці на дільниці	73

4.4. Удосконалення охорони праці	75
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ	77

ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	84

ДОДАТОК	88
---------	----

Вступ

Основною деталлю вакуумного насоса типу УВБ є корпус. Основною робочою поверхнею корпуса є циліндр. При взаємодії циліндра корпуса, ротора та його лопаток у насосі утворюється вакуум.

Технічний стан корпуса визначає ресурс насоса.

Основними видами пошкоджень корпусу є:

- знос робочої поверхні циліндра, овальність і конусність більше

$0,05\text{мм}$;

- знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні більше $0,03\text{мм}$;

- пошкодження різьби ;

- обломи бобишок отворів і кромки площин кріплення кришок.

Названі пошкодження виникають внаслідок дії різних видів енергії:

- енергії зовнішнього середовища ;

- енергії робочого процесу ;

- потенціальної енергії, що накопичується в деталях при виготовленні

та ремонті.

Корпус насоса є базовою деталлю, тому якості його геометричних параметрів та фізико-механічних властивостей робочих поверхонь

приділяється особлива увага.

Згідно прийнятої технології робочі циліндри корпусів відновлюються під ремонтні розміри. Після розточування циліндр корпуса піддається хонінгуванню.

Досвід експлуатації насосів свідчить про те, що прийняті регламентовані ремонтні розміри циліндрів обумовлюють їх передчасну вибраковку, так як при цьому видаляється значний шар незношеного матеріалу. Наступне

хонінгування також не забезпечує в повній мірі зміцнення робочої поверхні циліндра.

Метою магістерської роботи передбачається визначити граничні та допустимі ремонтні розміри та дослідити вплив поверхневого зміцнення корпусу насоса та розробити технологічний процес ремонту циліндрів корпусів, який би забезпечував відновлення його ресурсу не нижче ресурсу нових деталей.

1. Конструктивно-технологічна характеристика корпусу вакуумного насоса

1.1. Функціональне призначення, конструкція, технологія виготовлення та технічні вимоги до робочих поверхонь

деталі.

Корпус УВА 12.101 є базовою деталлю насоса. В корпусі за допомогою кришок встановлюється ротор з чотирьома лопатками. При обертанні ротора лопатки, взаємодіючи з циліндричною поверхнею корпусу, створюють перепад тиску.

Корпус являє собою чавунну деталь, в якій виготовляються циліндрична робоча поверхня, всмоктувальне та вихлопне вікна. Для покращення тепловіддачі зовнішня поверхня корпусу виконується ребристою. Габаритні розміри корпусу $215 \times 225 \times 225$ мм, маса 16,2 кг, ціна корпусів, які надходять у ремонтне виробництво в якості запасних частин, становить 48,92 грн.

Характеристика наводиться в таблиці 1.1.

Виготовлення корпусу насоса здійснюється по такій схемі: відливається чавунна заготовка (СЧ – 21). Спочатку фрезеруються торцові поверхні корпусу.

Після фрезерування розточуванням виготовляється його циліндрична
робоча поверхня. Розточування здійснюється на верстаті типу 2Н78П. В

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 1.1.

НУБІП України

Конструктивно-технологічна характеристика корпусу вакуумного насоса

№ п/п	Показник	Деталь			
		Відновлювальна	Спряжена з відновлювальною		
1	Назва деталі та її призначення	Корпус вак. насоса УВА12.101	Кришка вак. насоса УВБ02.101	Ротор вак. насоса УВБ01.010	Лопатка вак. насоса УВБ01.001
2	Габаритні розміри, мм	215×225×225	190×240×44	355×123×123	215×52×6
3	Кількість деталей в машині	1	2	1	4
4	Маса деталі, кг	16,2	4,6	17,6	
5	Коефіцієнт відновлювальності деталі	0,40 ... 0,81	0,4 ... 1,0	0,66 ... 0,81	0,4
6	Матеріал деталі	СЧ-21 ; СЧ-20	СЧ-20	Сталь-45	Текстоліт ПТК

якості ріжучого інструменту використовуються різці ВК6, ВК8. Розточування здійснюється в два етапи: начорно і начисто. Після розточування циліндр піддається хонінгуванню карборундовими або алмазними брусками. В якості охолоджуючої рідини використовують гас із мастилом (у співвідношенні 2:1).

До робочої поверхні корпусу пред'являють високі вимоги. Корпус з лопаткою утворює перехідну посадку. Номінальний розмір циліндра корпусу $146^{+0,08}$ мм. Циліндр виготовляють по 6 – 8 квалітету точності (лопатка 10 – 11).

Твердість робочої поверхні повинна становити HB 170 – 240, а її шорсткість Ra < 0,63. Неперпендикулярність робочої поверхні циліндра та торцевих поверхонь не повинна перевищувати 0,03 мм.

В процесі експлуатації циліндр корпусу зношується нерівномірно.

Згідно технічної документації на ремонт [2], допустимий знос циліндра не повинен перевищувати 146,23 мм (0,15 мм). Передбачається ремонтувати корпус під ремонтний розмір до 149,23 мм.

1.2. Аналіз умов експлуатації та види пошкоджень робочих поверхонь деталей, які надходять у ремонт

Вакуумний насос встановлюють на фундаментну плиту в машинному відділенні. Одноразовий час роботи насоса в більшості випадків складає 1,5 ... 2,2 год. Максимально час безперервної роботи вакуумного насосу складає 4,5 ... 6,0 год.

Вакуумні насоси працюють в широкому діапазоні температур. Згідно технічних вимог температура нагріву насоса під час роботи не повинна перевищувати температуру оточуючого середовища більш ніж на 65°C. Зимом у неопалюваному машинному відділенні температура повітря не

повинна опускатися нижче -20°C , так як в насосі загусає масло і його пуск утруднюється або навіть унеможливується без попереднього підігріву.

В насосі застосована система мащення, що забезпечує стабільність і надійність його роботи завдяки постійній циркуляції масла, доброму мащенню і охолодженню усіх поверхонь тертя.

Подача масла до поверхонь відбувається із масляного балону через отвір в боковій кришці насосу внаслідок різниці атмосферного тиску в балоні і вакууму, що виникає при роботі насосу. Циркуляційне змащування зменшує зношування поверхонь тертя і витрати енергії на подолання сил тертя в пазах ротора і в зоні контакту лопаток із зеркалом циліндра.

В роботі вакуумний насос чутливий до мащення. Для його ефективної роботи потрібно через кожні 8 годин роботи доливати масло в кількості 150г.

Надійність роботи вакуумного насосу в значній мірі визначається ресурсом його корпусу. В процесі експлуатації корпуси піддаються дії різних видів енергії:

- енергії робочих процесів;
- енергії оточуючого середовища;
- енергії накопиченій в деталях при виготовленні та ремонті.

Внаслідок цього несучі поверхні корпусів піддаються зношуванню.

Дефекти корпусів вакуумних насосів, що надходять у ремонт, і пропонувані способи їх усунення наведено в таблиці 1.2 [1].

Тріщини, що не виходять на робочу поверхню, виникають, в основному, внаслідок внутрішніх напружень, що накопичуються при виготовленні та ремонті корпусу.

Ободи бобишок отворів і кромки площин кріплення кришок виникають внаслідок порушення технічних вимог на транспортування, встановлення, збирання і розбирання насосів.

Таблиця 1.2.

Дефекти корпусів вакуумних насосів, що надходять у ремонт

№ п/п	Найменування дефекту	Коефіцієнт повторюваності дефекту		Основний спосіб усунення дефекту	Допустимі способи усунення дефекту
		Від загальної кількості деталей, що поступають на ремонт	Від загальної кількості деталей, що підлягають ремонту		
1	2	3	4	5	6
	Тріщини, що не виходять на робочу поверхню	0,09	0,10	Заварити дротом ОПАНЧ-11 ТУ 48-21- 593-85	1. Заварити електродом МНЧ-2 2. Заварити електродом ЦЧ-4 3. Заварити електродом ОЗЧ-2 4. Заварити газовим зварювальним прутком 10ПЧ-2

Продовження табл. 1.2.

1	2	3	4	5	6
2	Обломи бобишок отворів і кромки площин кришок, що захоплюють робочу поверхню	0,14	0,06	Наплавити дротом ПАНЧ-11 ТУ-48-21-593-85	1. Наплавити електродом МНЧ-2 2. Наплавити електродом ЦЧ-2 3. Наплавити електродом ОЗЧ-2 4. Наплавити газовим зварювальним прутком 10ПЧ-2
3	Знос поверхні, конусність 0,05 мм	0,40	0,81	1. Постановка змінної втулки 2. Розточити до видалення зносу, овальності, конусності 3. Хонінгувати	Хонінгувати жорстким хоном
4	Пошкодження різьби М10-7Н	0,05	0,12	Калібрувати різьбу	Заплавити дротом ПАНЧ-11, нарізати різьбу М10-7Н

НУБІП України

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
5	Пошкодження різьби G1 1/2 -В	0,03	0,06	Калібрувати різьбу	Встановити вставки різьбові
6	Знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні більше 0,04 мм	0,38	0,78	Шліфувати	

НУБІП України

НУБІП України

Знос робочої поверхні циліндра корпусу відбувається внаслідок тертя лопаток по поверхні. При спрацюванні посадочних місць ротора під підшипники спостерігається знос внаслідок тертя ротора по робочій поверхні корпусу.

Величина такого зносу, як правило, перевищує величину зносу внаслідок тертя лопаток в декілька разів.

Пошкодження різьб М10-7Н і G1^{1/2}-В відбувається головним чином через порушення технічних вимог на збирання-розбирання насосів.

1.3. Технологія та організація ремонту пошкоджених корпусів вакуумних насосів.

На ремонтних підприємствах ремонт насосів здійснюється згідно технології ВНІТІМТ [2].

Зовнішнє очищення насосів від забруднення відбувається шляхом завантаження їх в контейнери, а потім мийки в мийній машині типу ОМ-4610. В якості миючого засобу застосовується розчин "Лабомід 101".

Температура миючого розчину становить 80-90⁰С, тривалість миття 10...15

хв.
Після зовнішнього миття вакуумні насоси піддаються розборці на вузли і деталі. При цьому застосовується наступне технологічне обладнання:

електротельфер, стенд для розбирання насосів 8731 ГОСНИТИ, пневматичний гайковерт ГПМ-16, рейковий прес ГАРО-274, набір слюсарних інструментів, головок до гайковерта.

Після розбирання деталі укладають в контейнери і очищають в мийній машині ОМ-4610. Потім деталі доставляють на ділянку дефектації.

При дефектації корпусу застосовують наступні способи:

- візуальний - для визначення явних дефектів;
- мікрометраж - для визначення характерних зносів.

При мікрометражі використовуються мікрометри та індикатори-нутромери.

Після дефектації пошкоджені деталі підлягають відновленню.

Найчастіше зустрічається такий дефект корпусів вакуумних насосів, як знос внутрішньої циліндричної поверхні. Спосіб відновлення цього дефекту такий:

корпус насосу при зносі більше 0,15 мм розточують на алмазно-розточному верстаті 2A78 при допомозі пристосування ПТ-1379-01 під найближчий ремонтний розмір з наступним хонінгуванням на верстаті 3Г 833.

Таблиця 1.3

Конструктивно-технологічні характеристики робочих поверхонь корпусу.

№ п/п	Показник	Деталь	
		відновлювальна	Спряжена
1	Назва деталі та її призначення	Корпус вак. насоса	Лопатка
2	Найменування типлових з'єднань	УВА12.101	УВБ 01.001
3	Вид посадки	Перехідна	
4	Номінальні розміри, мм	146 ^{+0,08}	52 ₋₁
5	Поле допуску, мм	0,08	1
6	Квалітет точності номінального розміру	H6-8	H10-11
7	Твердість поверхні	HB170-241	
8	Шорсткість поверхні	Ra = 0,63	Rz = 20
9	Точність взаємного розміщення робочих у базових поверхонь	0,03	0,03
10	Характер зносу поверхонь	нерівномірний	
11	Допустимий при ремонті розмір	146,23	50

При розточці корпусу до розміру 149 мм і при поступанні його на черговий ремонт корпус вибраковується, так як подальше розточування недоцільне.

В корпусах вакуумних насосів також виникають тріщини, зриви різьби, обломи бобишок отворів кромek площин кріплення кришок, неперпендикулярність торцових поверхонь відносно осі робочої поверхні.

Тріщини заварюють дротом ТІАНЧ-11 методом накладання відналюючих валиків. Цими ж електродами приварюють відламані частини корпусу.

Зношену чи зірвану різьбу відновлюють постановкою різьбових вставок чи нарізанням різьби ремонтного розміру. Неперпендикулярність торцових поверхонь відносно осі робочої поверхні усувають шліфуванням на плескошліфувальному верстаті ЗБ722.

Слід визначити, що ремонт циліндра згідно існуючої технології здійснюється розточуванням під шість ремонтних розмірів, що значно зменшує ресурс корпусу (так як сточується значний шар металу без всякої при цьому потреби). Хонінгування доводить робочу поверхню циліндра до заданої шорсткості, але не зміцнює її. Цей недолік може бути усунений розкатуванням поверхні циліндра. Після цього проводиться вібронакатування. Існуюча технологія не передбачає ремонт циліндричної поверхні після досягнення нею граничного розміру 149,23 мм.

1.4. Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу корпусу вакуумного насосу

На основі аналізу технології виготовлення та ремонту корпусів вакуумних насосів можна визначити основні шляхи підвищення його ресурсу:

1. При проведенні ремонту бажано забезпечити відновлення його розмірів (довжини) у відповідності з вимогами робочих креслень.

2. Відмовитись від фіксованих ремонтних розмірів діаметра циліндра. Ремонт слід здійснювати індивідуально (до виведення слідів зносу).
3. В якості фінішної операції застосовувати вібронакатування.
4. Ремонт корпусів, що вийшли за межі граничного розміру, слід проводити методом постановки нової частини деталі (втулки).

1.5. Задачі магістерської роботи.

На основі критичного аналізу технології і організації ремонту вакуумних насосів і вивчення новітніх досягнень сформовані задачі, що потребують вирішення у магістерській роботі.

Задачами магістерської роботи передбачається:

1. Виконати комплекс досліджень присвячених:

- 1.1. Встановленню залежності продуктивності насосу від діаметра робочого циліндра корпусу

- 1.2. Вивченню пошкоджень ремфонду корпусів насосів, що надходять у ремонт.

- 1.3. Розкриттю фізичної суті пошкоджень корпусів насосів.

- 1.4. Вивченню статистик зносу робочого циліндру корпусу.

2. Розробити прогресивний технологічний процес ремонту корпусів з впровадженням вібронакатування.

3. Спроекувати робочу дільницю для ремонту корпусів насосів.

4. Спроекувати комплект технологічної оснастки для обробки корпусів вібронакатуванням.

5. Розробити заходи, які забезпечували б безпечну роботу робітників.

6. Обґрунтувати економічну доцільність ремонту корпусів вакуумних насосів.

2. Дослідження пошкоджень деталей, які надходять у ремонт.

2.1. Стан питання та задачі досліджень

Аналіз літератури, присвяченої дослідженню пошкоджень роторів насосів УВБ, які надходять у ремонт, показує, що значна кількість даних про них утримується в технічній документації. Розроблені ремонтні креслення основних деталей насосів (в тому числі і корпусів) [1]. В ремонтних кресленнях наводяться такі пошкодження корпусів:

- тріщини, що не виходять на робочу поверхню;
- обломи бобишок отворів та кромek площин кріплення кришок, що не захоплюють робочу поверхню;
- знос робочої поверхні, овальність і конусність більше 0,05 мм;
- пошкодження різьб M10x7H1 G1 $\frac{1}{2}$ -B;
- знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні більше 0,04 мм.

Фізична суть даних пошкоджень не розглядається.

Дані про пошкодження корпусів наводяться також в технологічному процесі ремонту насосів [2]. В ТУ на ремонт корпусів наводяться припустимі розміри при ремонті їх торцевих і циліндричних поверхонь.

Результати по їх обґрунтуванню не наводяться.

В періодичній літературі відсутні також статистичні дані про знос циліндричної поверхні корпусу.

Згідно прийнятої технології діаметр циліндра корпусів при ремонті збільшується в межах 146 – 149 мм. Дані про вплив діаметра циліндра на продуктивність насосу не розглядаються.

Внаслідок цього виникає необхідність у проведенні спеціальної серії досліджень, присвячених:

- встановленню залежності продуктивності насосу від зміни діаметра циліндра корпусу;
- вивченню фізичної суті пошкоджень робочих поверхонь корпусів;
- вивченню статистичних параметрів зносу робочої поверхні корпусів, які надходять у ремонт.

2.2. Методика досліджень.

2.2.1 Вплив зміни діаметра циліндра корпусу на продуктивність насоса $Q(D)$ досліджується за допомогою теоретичної залежності [3].

Дослідження ведуться згідно принципу єдиної логічної різності (змінюється лише діаметр циліндра). Діаметр циліндра змінюється від 146 до 149 мм з кроком 0,5 мм, що відповідає шести ремонтним розмірам.

2.2.2 Дослідження пошкоджень корпусів насосів, які надходять у ремонт, ведуться згідно методики кафедри НІРМ НАУ [4]. При ньому визначається коефіцієнт повторюваності дефектів деталей, які надійшли у ремонт, та придатних до ремонту.

2.2.3 Фізична суть пошкоджень поверхонь корпусів пояснюється (встановлюється) згідно ГОСТ 23002-78 та методичних вказівок кафедри НІРМ НАУ [5].

2.2.4 При визначенні статистичних параметрів зносу циліндричної робочої поверхні корпусів насосів, що надходять у ремонт, застосовується методика, яка розроблена кафедрою НІРМ НАУ [6]. Як вихідні дані використовуються зноси 50 корпусів.

2.3. Результати досліджень.

2.3.1. Визначення допустимих та граничних розмірів та порівняння з ремонтною технологічною документацією.

В якості вихідних даних для визначення граничних та припустимих розмірів використовуємо ремонтний кресленик деталей вакуумного насоса, а розрахунки проводимо за методикою кафедри надійності і ремонту машин

УСГА.

Номинальний діаметр корпусу за ремонтним кресленням

$$D = 146^{+0,08} \text{ мм.}$$

Граничний розмір 146,23 мм.

Номинальний діаметр ротора за ремонтним кресленням

$$d = 146^{-0,12}_{-0,02} \text{ мм.}$$

Визначаємо номінальні зазори і натяги

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad (2.1)$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \quad (2.2.)$$

$$S_{\max} = 146,08 - 145,88 = 0,20 \text{ мм}$$

$$S_{\min} = 146,00 - 145,98 = 0,02 \text{ мм}$$

Поле допуску на розмір корпуса та ротора

$$T_D = E_s - (-E_i) \quad (2.3.)$$

$$T_d = e_s - (-e_i) \quad (2.4.)$$

$$T_D = 0,08 - 0 = 0,08 \text{ мм}$$

$$T_d = 0,12 - 0,02 = 0,10 \text{ мм}$$

Поле допуску посадки

$$T_{sk} = T_D + T_d \quad (2.5.)$$

$$T_{sk} = 0,08 + 0,10 = 0,18 \text{ мм}$$

У відповідності до кореляційних залежностей виберемо формули для визначення допустимих та граничних зносів. Для посадки з зазором деталей з однорідних матеріалів формула буде мати вигляд:

$$I_{S_{\bar{a}\bar{o}}} = 60 + 0,1D + 2,4T_{sk} \quad (2.6.)$$

$$I_{S_{\bar{a}\bar{o}}} = 60 + 0,1 \cdot 146 + 2,4 \cdot 0,18 = 0,75 \text{ мм}$$

$$I_{S_{\bar{a}\bar{i}}} = 10 + 0,1D + 1,5T_{sk} \quad (2.7.)$$

$$I_{S_{\bar{a}\bar{i}}} = 10 + 0,1 \cdot 146 + 1,5 \cdot 0,18 = 0,25 \text{ мм}$$

Враховуючи, що знос корпуса проходить по причині тертя по дзеркалу текстолітових пластин, то величину граничного та допустимого зносів зменшуємо в 1,3 рази.

Визначаємо граничні та допустимі зноси корпуса насоса

$$I_{D_{\bar{a}\bar{o}}} = \frac{T_D}{T_{sk}} I_{S_{\bar{a}\bar{o}}} \quad (2.8.)$$

$$I_{D_{\bar{a}\bar{o}}} = \frac{0,08}{0,18} \cdot 0,56 = 0,26 \text{ мм}$$

$$I_{D_{\bar{a}\bar{i}}} = \frac{T_D}{T_{sk}} I_{S_{\bar{a}\bar{i}}} \quad (2.9.)$$

$$I_{D_{\bar{a}\bar{i}}} = \frac{0,08}{0,18} \cdot 0,19 = 0,8 \text{ мм}$$

Тоді граничний розмір для корпусу вакуумного насоса будемо визначати з виразу:

$$S_{\text{до}} = L_{\text{сва}} - S_{\text{мін}} \quad (2.10.)$$

$$S_{\text{до}} = 0,26 - 0,02 = 0,24 \text{ мм.}$$

За технічними даними граничний діаметр 146,23 мм, а за розрахунками 146,24 мм, що підтверджує обґрунтованість технічних вимог.

2.3.2. Дослідження залежності продуктивності вакуумного насоса від зміни діаметра циліндра корпусу.

Будь-яку доїльну установку можна розглядати як вакуумну систему, яка працює при стаціонарній течії газу. Керуючись загальними положеннями

вакуумної техніки, можна визначити тиск P_c в системі, необхідний для

забезпечення нормальної роботи доїльних апаратів. Це здійснюється,

виходячи з умов рівності повітряних потоків системи Q_c і Q_n . P_c є заданою

величиною і по умовам роботи не змінюється. Виходячи з цього нормальна

робота установки можлива тільки у випадку, коли $Q_c = Q_n$. Випадок, коли Q_c

$< Q_n$ не виводить систему з рівноваги, оскільки присутність вакуум-регулятора

не дає власти тиску нижче заданого рівня.

Умова нормальної роботи доїльної установки:

$$Q_n > Q_c$$

Величина Q_c не являється сталою і залежить від багатьох факторів:

кількості пульсаторів, їх типу, типу колекторів, витікання повітря через

нешільності трубопровода, невмілого користування апаратурою з боку доярок,

спадання стаканів, нещільного закриття кранів. Слід врахувати, що із

збільшенням відстані розміщення доїльного апарата вакуум зменшується.

Ці умови ставлять додаткові вимоги до продуктивності насосів.

Необхідно, щоб продуктивність відремонтованих насосів була не меншою, ніж нових.

На даному етапі розвитку науки існує декілька методик визначення продуктивності насоса.

Геометрична продуктивність:

$$V_r = 10 \cdot m \cdot n \cdot L \cdot [12 \cdot (\pi \cdot D - \delta \cdot z) \cdot \pi^3 / z^2 \cdot (D + 4m)], \quad [7]$$

де n - частота обертання ротора насоса;

m - ексцентриситет ротора;

L - довжина робочої частини ротора;

δ, z - товщина і кількість пластин відповідно;

D - діаметр циліндра корпусу.

Формула Старка:

$$V_r = 120 \cdot m \cdot n \cdot L \cdot (\pi \cdot D - \delta \cdot z),$$

[7]

Формула Шерстюка:

$$V_r = 120 \cdot \lambda_m \cdot m \cdot L \cdot u$$

де λ_m - теоретичний коефіцієнт подачі.

$$\lambda_m = 1 - \delta \cdot z / \pi \cdot D$$

u - середня кутова швидкість пластин

$$u = \pi \cdot D \cdot n / 60$$

Найчастіше продуктивність насоса визначають згідно залежності:

$$Q = 3528 \cdot e \cdot D \cdot L \cdot \omega \cdot \phi_n \cdot \eta_m, \quad [3]$$

де e - ексцентриситет;

ω - кутова швидкість;

ϕ_n - ступінь заповнення вомоктувальної камери;

η_m - манометричний коефіцієнт.

У всіх наведених залежностях продуктивність насоса прямопропорційна діаметру циліндра.

В процесі експлуатації циліндрична поверхня корпусу піддається зносу по дзеркалу циліндра. Згідно прийнятої технології ремонту, корпуси відновлюють шляхом розточування під один із шести ремонтних розмірів. В результаті цього діаметр циліндра змінюється від 146 до 149 мм. У відповідності із довжиною ротора узгоджуються розміри спряженого з ним корпусу. Для цього торцеві поверхні корпусу піддають шліфуванню до одного із чотирьох ремонтних розмірів. Внаслідок цього довжина циліндра корпусу зменшується, що негативно впливає на продуктивність насосу.

На основі теоретичних досліджень проаналізуємо вплив діаметра циліндра корпусу на продуктивність вакуумного насоса (табл. 2.1, лист 1).

Як свідчать дослідження, при ремонті корпусу методом розточування під ремонтний розмір (збільшений), продуктивність насосу зростає з 60,45 м³/год до 62,95 м³/год (діаметри 146 і 149 мм відповідно). При розточуванні циліндра корпусу до діаметра 149,5 мм, спостерігається різке зниження продуктивності насосу. Це пояснюється різким зменшенням значення манометричного коефіцієнта ($\eta_n = 0,05 \dots 0,1$). Це зменшення обумовлюється тим, що збільшення діаметра циліндра корпусу при незмінних діаметрі ротора і розмірах лопатки призводить до надмірного висування лопатки із пазів ротора. Внаслідок цього відбувається розгерметизація спряження лопатка-паз ротора і як наслідок, втрата вакууму. При цьому різко падає продуктивність насоса.

Таблиця 2.1.

Залежність продуктивності насоса від зміни діаметра робочого циліндра.

Діаметр циліндра, мм	Продуктивність насоса (Q), м ³ /год
146,0	60,45
146,5	60,87
147,0	61,28
147,5	61,70
148,0	62,12
148,5	62,54
149,0	62,95
149,5	63,37

На основі проведених досліджень можна вважати допустимим здійснювати ремонт циліндра корпусу вакуумного насоса під ремонтний розмір методом розгонки в межах від 146 до 149 мм. В подальшому ремонт циліндра бажано здійснювати методом постановки нової деталі (втулки з гарантованим натягом або пластинування).

2.3.3. Дослідження пошкоджень корпусів вакуумних насосів, які надходять у ремонт.

2.3.3.1. Загальна схема виникнення пошкоджень в спряженнях основних деталей вакуумних насосів.

Найбільш поширеним видом пошкодження деталей пластинчато-роторних вакуумних насосів є зношування. Названий вид пошкодження призводить до порушення геометричних розмірів деталей і як наслідок - до зміни технологічних зазорів та посадок в спряженнях. Виникаючі при цьому відкази можна кваліфікувати як поступові, а розвиток пошкоджень проходить

за певними імовірнісними залежностями, що дозволяє передбачити момент втрати об'єктом працездатного стану.

Фізико-механічні властивості поверхонь та розміри деталей різноманітні в межах поля допуску. Діючі навантаження на певній робочій фазі відмінні одне від одного і змінюються в широкому діапазоні. Різнманітні

теплові режими та агресивне навколишнє середовище обумовлюють неоднакову швидкість зношування. В зв'язку з цим розвиток пошкоджень носить імовірнісний характер.

На основі вище сказаного схема розвитку пошкоджень в спряженнях основних деталей вакуумних насосів на проміжку міжремонтного періоду (t_{mp}) (рис. 2.1) буде мати вигляд:

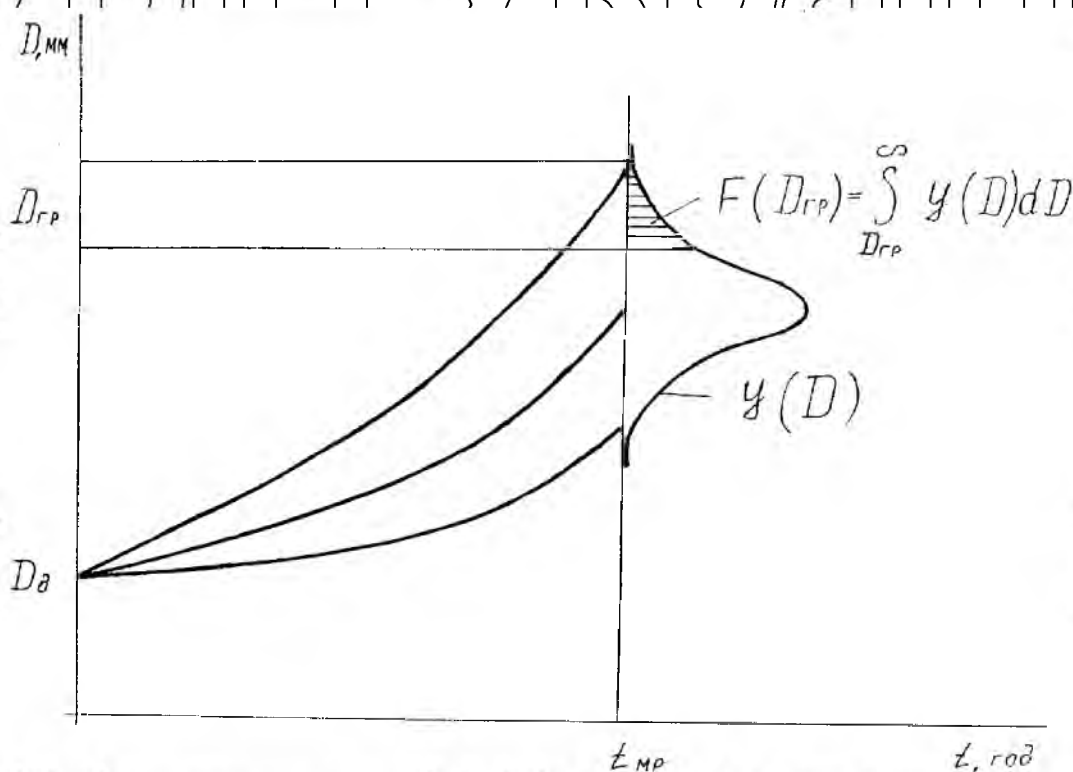


Рис. 2.1. Загальна схема розвитку пошкоджень і формування відмов основних спряжень вакуумних насосів.

розмір деталі (D) в спряженні змінюється в процесі роботи від допустимої величини (D_d) до граничної (D_{gp}). Ця зміна буде являтися функцією наробітку:

$$D=f(t) \quad (2.11.)$$

де, t - наробіток насоса.

В зв'язку з тим, що вигляд зношування носить ймовірнісний характер, то розмір деталі чи посадка спряження в кінці міжремонтного періоду буде характеризуватися функцією розподілу $\varphi(D)$. Ймовірність відмови (P_v) після ремонту буде описуватися залежністю:

$$P_v = \int \varphi(D) dD \quad (2.12.)$$

Кожне спрацювання, що характеризує працездатність насоса, буде характеризуватися своїм механізмом розвитку пошкодження. Відмова будь-якого з них буде викликати необхідність вилучення агрегату з експлуатації, незалежно від технічного стану решти спряжень.

В зв'язку з цим можна вважати спряження деталей вакуумних насосів незалежними елементами і проводити аналіз спрацювань кожного спряження окремо.

2.3.3.2. Результати дослідження пошкоджень корпусів вакуумних насосів.

Дані про пошкодження корпусів, які надходять у ремонт, наведені в табл. 2.2 та графічно зображені на листі 2.

Таблиця 2.2.
Пошкодження корпусів, які надходять у ремонт

№ п/п	Пошкодження корпусів вакуумних насосів	Коефіцієнт повторювальності дефекту від загальної кількості деталей, що поступили у ремонт
----------	--	--

1	Тріщини, що не виходять на робочу поверхню	0,15
2	Обломи бобишок отворів і кромek площин кріплення кришок, що не захоплюють робочу поверхню	0,15
3	Знос робочої поверхні, овальність і конусність більше 0,05 мм	0,95
4	Пошкодження різьби M10-7H	0,11
5	Пошкодження різьби G1 1/2-B	0,09
6	Знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні більше 0,04 мм	0,60

Встановлено, що корпуси, які надходять у ремонт, мають 6 видів пошкоджень. До пошкоджень корпусів відносяться.

- тріщини, що не виходять на робочу поверхню (коефіцієнт повторювальності дефекту $K_{\text{п}} = 0,15$);

- обломи бобишок отворів і кромek площин кріплення кришок, що не захоплюють робочу поверхню ($K_{\text{п}} = 0,15$);

- знос робочої поверхні, овальність і конусність більше 0,05 мм ($K_{\text{п}} = 0,95$);
пошкодження різьби M10-7H ($K_{\text{п}} = 0,11$);

- пошкодження різьби G1 1/2-B ($K_{\text{п}} = 0,09$);

- знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні більше 0,04 мм ($K_{\text{п}} = 0,60$).

Дані досліджень в значній мірі відрізняються від даних, що знаходяться в ремонтному кресленні [1]. Ці дані було зібрано в умовах Білорусі.

Результати досліджень пропонується використовувати в ремонтному виробництві.

2.3.4. Вивчення фізичної суті пошкоджень робочих поверхонь корпусів.

2.3.4.1. Пошкодження корпусів вакуумних насосів, що надходять у ремонт.

Пошкодження корпусів насосів, що надходять у ремонт, наводяться в табл. 2.3. Вони встановленні в результаті паспортизації корпусів вакуумних насосів (див. паспорт).

Види пошкоджень, пов'язані з порушенням цілісності корпусів та їх конструктивних елементів, пояснюються головним чином порушенням технології збирання насосів при ремонті та ТО.

Робоча поверхня корпусу піддається корозійно-механічному зносу, який обумовлюється окисленням робочої поверхні циліндра та циклічним руйнуванням окислювальних плівок.

Неперпендикулярність торцових і робочої поверхонь корпусу обумовлюється окислювальним зносом циліндра. Крім того, в багатьох випадках неперпендикулярність цих поверхонь обумовлюється

недотриманням технічних вимог на ремонт корпусів розточуванням під ремонтний розмір.

НУБІП України

КОРПУС ВАКУУМНОГО НАСОСА.

1. Характеристика деталі.

Корпус є однією з основних складових деталей вакуумного насоса.

Призначений корпус для створення циліндричної поверхні для обертального руху пластин та розміщення на його основі решти деталей насоса.

Виготовляється деталь литвом, з подальшим механічним обробітком.

Зовнішня поверхня має ребристу форму для покращення підтримання оптимального температурного режиму.

Загальний вигляд корпусу вакуумного насоса наведено на рис. 1.2.

Тип заготовки		Виливання
Вид обробітку		Розточування
Заключна операція обробітку	Механічна	Хонінгування
	Термічна	
Спосіб відновлення первинного розміру		Ремонтний розмір
Вид обробітку		Розточування
Заключна операція обробітку	Механічна	Хонінгування
	Термічна	

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Значення
Вага	кг	16,2
Марка матеріалу		СЧ-20
Ціна	грн	
Кількість деталей на 1 об'єкті	шт.	1
Хімічний склад в місцях утворення дефекту	C Si Mn P S C ₂ Ni	
- після виготовлення	- - - - - - -	
- після експлуатації	- - - - - - -	
- після ремонту	- - - - - - -	
Здатність протидіяти кородуванню		
Максимальні залишкові напруження	Розтяг Н/мм ² Стискування Н/мм ²	
Твердість в місцях утворення дефектів		
Мікротвердість	рис.	
Теплопровідність		
Коефіцієнт лінійного розширення		
Питома вага	Г/см ³	
Макро	рис.	
Мікро	рис.	4.11.
Зазор (натяг) в спряженій парі	мм	контакт
Граничні відхилення розміру	мм	D11
Фотографія поверхні у місцях утворення дефектів	рис.	4.5, 4.6.

2. Характеристика умов роботи деталі.

Назва характеристик	Одиниці вимірювання	Значення
Місце встановлення		Вакуумний насос
Оберти	об/хв	-
Швидкість відносного переміщення	м/с	-
Робочі навантаження	Н	До 20
Питомий тиск у місцях спряження	Н/мм ²	-
Марка мастила		00
Спосіб підводу мастила		Крапельне мащення
Тиск мастила	МПа	Атмосферний
Температура мастила	°С	До 70
Коротка характеристика робочого середовища	Зовнішня поверхня корпусу експлуатується у навколишньому середовищі з підвищеним вмістом агресивних елементів. Умовами роботи робочої поверхні корпусу є атмосферне повітря з підвищеним тиском.	
Види тертя за характером:	руху мащення	Тертя ковзання з мастильним матеріалом
Середній наробіток машини за рік		год 2100
Прийнятий міжремонтний ресурс	КР	год 10... 12 тис.
ресурс	ПР	год

Таблиця 2.3.

Дослідження фізичної суті пошкоджень корпусів насосів, що надходять у ремонт.

Найменування пошкодження	Вид пошкодження	Причина пошкодження	Механізм пошкодження	Характер прояву
1	2	3	4	5
1.Тріщини, що не виходять на робочу поверхню	Порушення цілісності	Для остатніх напружень та напружень, що утворюються при нагріванні насосу	Напруження зростають до величин, які перевищують межу міцності деталі	Утворення тріщин
2.Обломи бобишок отворів і кромов площин кріплення кришок, що не закріплюють робочу поверхню	Порушення цілісності бобишок	Недотримання вимог технології збирання розбирання насосів та ТО	Руйнування бобишок за рахунок перевищення величини їх міцності	Обломи бобишок

Продовження табл. 2.3.

1	2	3	4	5
3. Знос робочої поверхні циліндра	Корозійно-механічний знос (окислювальний)	Утворення на робочій поверхні циліндра окисних плівок	Циклічне руйнування окисних плівок	Спотворення геометричних параметрів циліндра
4. Пошкодження різьби М10-7Н	Зрив різьби	Недотримання вимог технології збирання та ТО	Руйнування ниток різьби	Зрив різьби
5. Пошкодження різьби G1 1/2-B	Зрив різьби	Вібрація насосу в процесі експлуатації	Втомлююче руйнування різьби	Зрив різьби
6. Знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні	Порушення взаємного положення робочих поверхонь	Знос робочої поверхні, недотримання вимог технології відновлення корпусу	Циклічне руйнування окисних плівок	Неперпендикулярність торцевої і робочої поверхні

НУБІП України

2.3.4.2. Мікроструктурний аналіз поверхонь корпусів вакуумних насосів.

В результаті проведення мікроструктурного аналізу було підтверджено ряд теоретичних передбачень що до характеру спрацювання лімітуючих поверхонь деталей пластинчато-роторних вакуумних насосів.

Так порівняльний аналіз спрацьованої робочої поверхні корпуса насоса (рис. 2.2., 2.3.) та поверхні, що не була в експлуатації (рис. 2.4), виявив ряд відмінностей. На спрацьованій поверхні чітко видно характерні ознаки

механічного абразивного зносу, що проявляються у вигляді подряпин, рисок

чи задирів вздовж напрямку обертального руху пластин. Незначні відмінності у величині прояву та характері ознак механічного абразивного зносу спостерігаються в залежності від зони дослідження робочої поверхні корпуса.

На дільницях всмоктування та нагнітання характер рисок, задирів чи подряпин

більш рівномірний, спостерігається чіткіше їх проявлення порівняно з рештою

дільниць. Це пояснюється більшою лінійною швидкістю руху робочої поверхні пластини по корпусу на названих дільницях та різницею у силі притискування пластини до корпуса в залежності від кутового положення

пластини.

НУБІП України



Рис. 2.2. Загальний вигляд знощеної поверхні корпусу насоса.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУ



НИ

НУ

НИ

НУБІП України

НУ



НИ

НУ

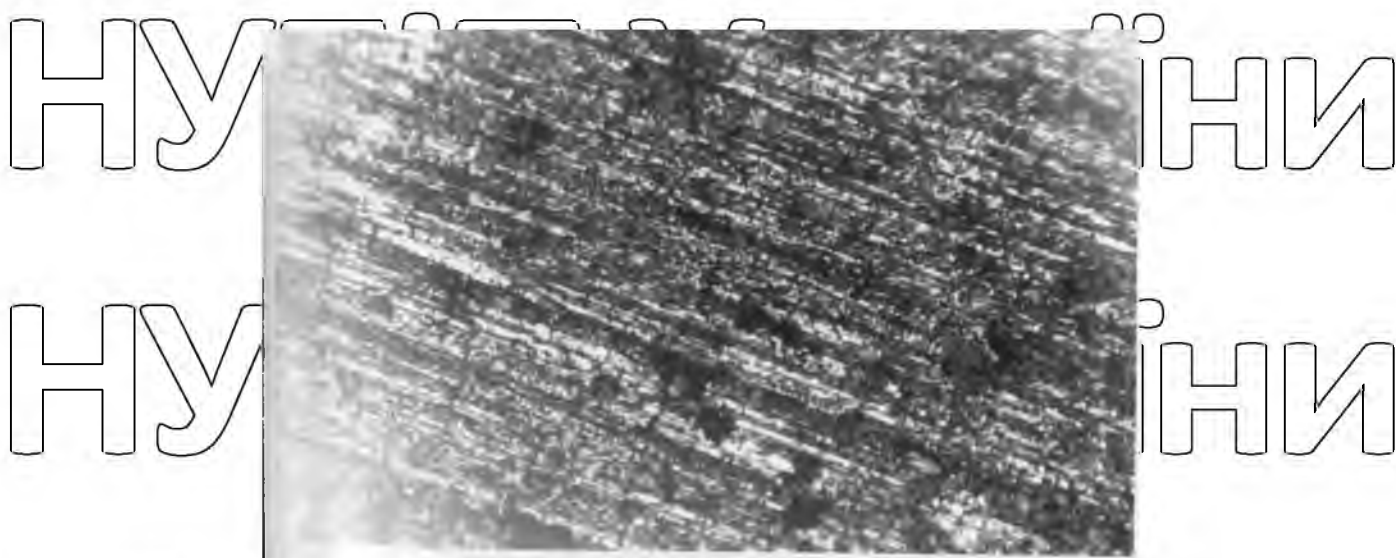
НИ

НУБІП України

Рис. 2.3. Мікрофотографія зношеної поверхні корпусу наоса:
а) зона мінимального зусилля притискування пластини;
б) зона максимального зусилля притискування пластини.

НУБІП України

НУБІП України



НУБІП України

Рис. 2.4. Мікрофотографія незношеної поверхні корпусу вакуумного насоса.



НУБІП України

НУБІП України

Рис. 2.5. Мікроструктурний аналіз срацьованих поверхонь деталей вакуумного насоса.

Двістікратне збільшення.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Аналіз мікроструктури поверхонь (рис. 2.4.) показав, що в процесі зносу перетворення на структурному рівні металу не проходять. Можна спостерігати характерні ознаки мікроструктури чавуну. Це свідчить про нормальний температурний режим роботи насоса, достатність мащення робочих поверхонь.

2.3.5. Дослідження статистичних параметрів зносу робочої поверхні корпусу.

Дані про знос робочої поверхні циліндра корпусу наводяться в табл. 2.4.

Встановлено, що величина зносу робочої поверхні корпусів, що надходять у ремонт, змінюється в межах 0,22 ... 0,42 мм. При цьому середня величина зносу становить 0,32 мм. Середнє квадратичне відхилення складає 0,04 мм, а коефіцієнт варіації - 0,127.

Знос робочої поверхні корпусу підпорядковується закону нормального розподілу (ЗНР).

Результати досліджень рекомендуються для використання при розробці технологічних процесів відновлення робочих поверхонь корпусів.

2.3.6. Кількісні показники пошкодження деталей пластинчато-роторних вакуумних насосів.

За результатами проведеного мікрометражу на основі методів математичної статистики зроблено кількісну оцінку пошкодження поверхонь корпусів пластинчато-роторних вакуумних насосів. З цією метою було побудовано статистичний ряд інформації про спрацювання поверхонь корпусів, гістограму та полігон розподілу зносів, визначено частоту m_i попадання зносу в певний інтервал та визначено числові коефіцієнти K_1, K_2 .

Л₁, Л₂ для знаходження допоміжних коефіцієнтів М₁ та М₂. Дані розрахунків зведено в таблиці 2.5.

Визначили розмах коливань, середнє значення зносу, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації.

Для підвищення точності значень спрацювань дослідну інформацію було вирівняно шляхом заміни її теоретичним законом розподілу. Вибір теоретичного закону розподілу проводили по коефіцієнту варіації випадкових величин. Отримані значення зведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5.
Статистичний ряд інформації про спрацювання робочої поверхні корпусу вакуумного насоса.

№ інтервалу	Інтервал	Середина інтервалу	Частота	K ₁ =18.5	K ₂ =6.5
1.	0.21...0.24	0.225	1	1	1
2.	0.24...0.27	0.255	3.5	4.5	5.5
3.	0.27...0.30	0.285	8.5	13	-
4.	0.30...0.33	0.315	17	-	-
5.	0.33...0.36	0.345	10	20	-
6.	0.36...0.39	0.375	7	10	13
7.	0.39...0.42	0.405	3	3	3

Л₁=33

Л₂=16

Розмах коливань:

$R = 0.22 \dots 0.42$ мм
Величина інтервалу:
 $A = 0.03$ мм
Допоміжні коефіцієнти:

$$M_1 = -14.5 \quad M_2 = 96.5$$

Середнє значення зносу:
 $\bar{z} = 0.324$ мм
Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = 0.041$$
 мм

Коефіцієнт варіації:
 $V = 0.127$

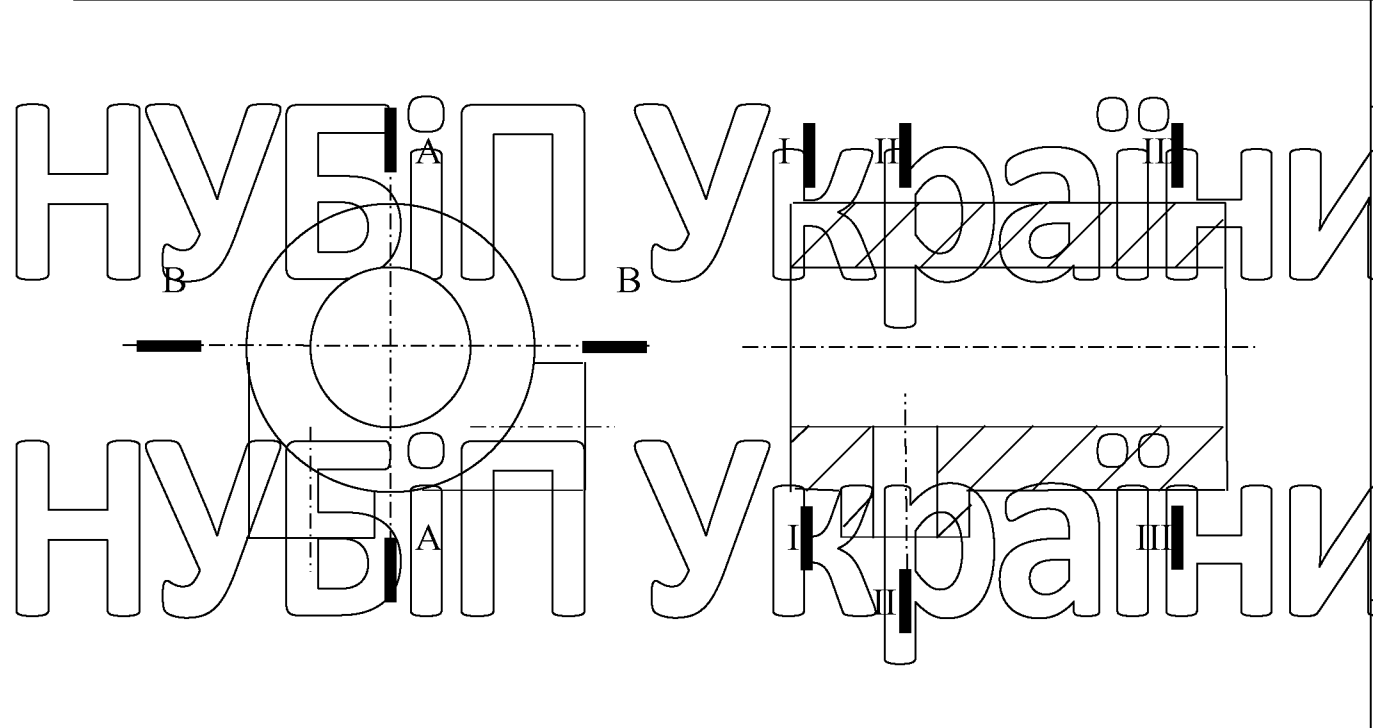
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 2.4.

<p>НАУ Кафедра ремонту машин</p> 	<p>Карта мікрометра Корпус вакуумного насоса</p>
<p>Розмір по кресленню</p>	<p>146^{+0,08}</p>

Продовження табл. 2.4.

№ дет.	Площина виміру						Величина найбільшого зносу, мм	При- мітки
	А-А			В-В				
	I-I	II-II	III-III	I-I	II-II	III-III		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	146.22	146.22	146.21	146.21	146.22	146.22	0.22	
2	146.20	146.21	146.25	146.20	146.22	146.25	0.25	
3	146.25	146.25	146.26	146.26	146.26	146.25	0.26	
4	146.26	146.24	146.23	146.25	146.25	146.23	0.26	
5	146.26	146.25	146.26	146.26	146.26	146.27	0.27	
6	146.21	146.25	146.28	146.23	146.26	146.27	0.28	
7	146.28	146.26	146.26	146.28	146.27	146.26	0.28	
8	146.28	146.29	146.29	146.28	146.28	146.29	0.29	
9	146.29	146.28	146.29	146.29	146.27	146.28	0.29	
10	146.27	146.28	146.28	146.28	146.29	146.28	0.29	
11	146.28	146.29	146.29	146.28	146.29	146.29	0.29	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

12	146.29	146.30	146.30	146.28	146.30	146.29	0.30	
13	146.30	146.29	146.28	146.29	146.29	146.28	0.30	
14	146.29	146.30	146.30	146.29	146.29	146.30	0.30	
15	146.30	146.30	146.29	146.30	146.29	146.29	0.30	
16	146.30	146.30	146.31	146.29	146.30	146.30	0.31	
17	146.30	146.31	146.30	146.30	146.30	146.31	0.31	
18	146.31	146.30	146.29	146.31	146.29	146.29	0.31	
19	146.30	146.31	146.31	146.30	146.30	146.31	0.31	
20	146.31	146.31	146.30	146.31	146.31	146.31	0.31	
21	146.30	146.29	146.30	146.30	146.30	146.31	0.31	
22	146.31	146.31	146.30	146.31	146.30	146.29	0.31	
23	146.30	146.30	146.31	146.30	146.31	146.32	0.32	
24	146.32	146.31	146.31	146.31	146.32	146.30	0.32	
25	146.29	146.30	146.32	146.30	146.31	146.32	0.32	
26	146.31	146.31	146.32	146.31	146.31	146.32	0.32	
27	146.32	146.30	146.29	146.31	146.30	146.30	0.32	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

НУБІП УКРАЇНИ

28	146.32	146.30	146.29	146.32	146.31	146.30	0.32	
29	146.32	146.30	146.31	146.33	146.31	146.32	0.33	
30	146.33	146.32	146.32	146.33	146.33	146.31	0.33	
31	146.31	146.31	146.32	146.30	146.32	146.33	0.33	
32	146.32	146.33	146.32	146.29	146.32	146.32	0.33	
33	146.34	146.33	146.32	146.33	146.33	146.32	0.34	
34	146.33	146.34	146.34	146.33	146.33	146.34	0.34	
35	146.32	146.31	146.30	146.34	146.32	146.31	0.34	
36	146.29	146.31	146.33	146.30	146.32	146.34	0.34	
37	146.33	146.34	146.35	146.34	146.35	146.35	0.35	
38	146.35	146.34	146.35	146.34	146.34	146.35	0.35	
39	146.35	146.34	146.33	146.35	146.34	146.34	0.35	
40	146.33	146.35	146.36	146.34	146.35	146.35	0.36	
41	146.36	146.35	146.35	146.36	146.36	146.34	0.36	
42	146.35	146.34	146.36	146.33	146.35	146.37	0.37	
43	146.37	146.36	146.37	146.37	146.36	146.36	0.37	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

НУБІП УКРАЇНИ

44	146.37	146.38	146.37	146.36	146.37	146.38	0.38	
45	146.38	146.38	146.36	146.38	146.36	146.35	0.38	
46	146.35	146.36	146.38	146.37	146.36	146.38	0.38	
47	146.37	146.38	146.38	146.37	146.37	146.38	0.38	
48	146.38	146.39	146.40	146.39	146.40	146.40	0.40	
49	146.39	146.40	146.39	146.38	146.39	146.38	0.40	
50	146.42	146.41	146.41	146.42	146.42	146.40	0.42	

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Висновки

НУБІП України

1. Встановлено, що при ремонті циліндрів корпусів вакуумних насосів під ремонтний розмір (146 ... 149 мм), продуктивність насоса зростає з 60,45 м³ / год до 62,95 м³ / год. Тому цей спосіб ремонту робочих поверхонь слід вважати доцільним.

НУБІП України

2. В процесі досліджень уточнені види та коефіцієнти повторюваності пошкоджень корпусів, які надходять у ремонт (табл. 2.2.).

3. Робочі поверхні корпусів в процесі експлуатації піддаються корозійно-механічному зносу (окислювальному).

НУБІП України

4. Середня величина зносу робочої поверхні корпусів становить 0,32 мм. Середнє квадратичне відхилення складає 0,04 мм. Знос циліндра підпорядковується закону нормального розподілу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3. Проектування перспективного технологічного процесу ремонту корпусів.

3.1. Конструкторська ремонтна підготовка.

3.1.1. Ремонтний креслення корпусу.

Ремонтний креслення корпусу насоса УВБ наведено на слайді.

Встановлено, що корпуси насосів, які надходять у ремонт, мають наступні пошкодження:

1. тріщини корпусу;
2. обломи бобишок отворів і кромки площин кріплення кришок;
3. знос робочої поверхні, овальність і конусність більше 0,05 мм

4. пошкодження різьби метричної;

5. пошкодження різьби $\square 1 \frac{1}{2}-B$;

6. знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні більше 0,04 мм.

В таблиці 3.1 встановлені коефіцієнти їх повторності (в чисельнику - для умов Білорусі; в знаменнику - для умов України). Коефіцієнти визначені при дослідженні ремонтного фонду корпусів, які надходили в Кагарлицьке РТП Київської області та Чуднівське ВАТ "Райагропромтехніка" Житомирської області

Таблиця 3.1.

Основні дефекти корпусу та коефіцієнти їх повторюваності

№ п/п	Найменування дефекту	Коефіцієнт повторюваності дефекту
1	Тріщини, що не виходять на робочу поверхню	0,09 0,15
2	Обломи бобишок отворів і кромek площин кріплення кришок, що не захоплюють робочу поверхню	0,14 0,15
3	Знос робочої поверхні, овальність і конусність більше 0,05 мм	0,40 0,95
4	Пошкодження різьби М10-7Н	0,05 0,11
5	Пошкодження різьби □ 1 1/2-В	0,03 0,09
6	Знос чи неперпендикулярність торцевих поверхонь відносно осі робочої поверхні більше 0,04 мм	0,38 0,60

Примітка:

- в чисельнику наведені дані, які були зібрані в умовах Білорусі □ 1 □;
- в знаменнику наведені дані, які були зібрані в умовах України.

Обґрунтовані вимоги, при яких корпус не приймається в ремонт. Критерієм вибраковки корпусів є наявність тріщин на робочій поверхні. Крім того, ремонту не підлягають корпуси, довжина яких є меншою 213 мм.

В таких випадках, коли діаметр циліндра корпусу перевищує 149,23 мм передбачається його ремонт постановкою додаткової частини деталі (ремонтної втулки) з наступним її розточуванням під номінальний розмір.

Ремонтну втулку передбачається виготовляти із вибраканої гідзи циліндрів двигунів - 108 і - 130.

В технологічному маршруті замість хонінгування циліндра корпусу передбачається його алмазне виглажування.

Базою при ремонті корпусу приймається його торцева поверхня.

3.2. Технологічна підготовка ремонтного виробництва

3.2.1. Технологічний процес ремонту деталі

У дипломному проєкті розроблено технологічний процес ремонту корпусу вакуумного насосу УВБ.

Технологічний процес розроблено згідно ГОСТ 14.301-73.

В технологічний процес включені наступні документи:

1. Карта ескізів (ремонтне креслення корпусу - лист 4);
2. Маршрутна карта;
3. Операційна карта механічної обробки корпусу.

Вибір заготовок. Заготовками є пошкоджені корпуси насосів УВБ, які надходять у ремонт.

Вибір технологічних баз. В якості технологічних баз при ремонті корпусів вибирається торцева поверхня корпусу.

Визначення послідовності і змісту технологічних операцій. Дане питання вирішується згідно технологічного маршруту, встановленому в ремонтному кресленні. Приймається наступний технологічний маршрут:

1. Розробити тріщину (деф. 1 і 2);
2. Заварити тріщину, приварити підігнані частини корпусу (деф. 1 і 2);

3. Зачистити (деф. 1 і 2);

4. Свердлити (деф. 4);

5. Калібрувати (деф. 5);

6. Шліфувати (деф. 6);

7. Розточити (деф. 3);

8. Зміцнити (деф. 3);

9. Контролювати.

Вибір засобів технологічного оснащення.

Для розробки тріщини (деф. 1 і 2) застосовується машина електросвердильна ІЕ-1022А і машина електрошліфувальна ІЕ-2007. Для зварювання тріщин і приварювання підігнаних частин корпусу використовується перетворювач зварювальний ПСО-500. Для зачистки

зварних швів (деф. 1 і 2) використовується машина електрошліфувальна ІЕ-2007. Розсвердлювання пошкоджених отворів (деф. 4) здійснюється на вертикально-свердильному верстаті 2К135. Шліфування (деф. 3) здійснюється на алмазно-розточному верстаті 2Е78П. Контроль якості обробки відбувається за допомогою лупи ЛАЗ-10* ГОСТ 7594-75,

притискування для визначення перпендикулярності торцевих поверхонь і робочої осі, нутроміра НИ-100-160 ГОСТ 868-82, пробок, зразків шорсткості ГОСТ 9378-75, мікрометра МК-200-250 ГОСТ 6507-78.

Визначення режимів обробки та нормування процесів здійснюється згідно виконаних розрахунків (див. таблицю нормування технологічного процесу).

Оформлення робочої документації здійснюється згідно методики ДержНДТІ.

Маршрутна карта на ремонт корпусу вакуумного насоса наводиться у поясювальній записці і листі 5 графічної частини.

Маршрутний процес ремонту корпусу включає в себе такі операції:
мийна, дефектувально-сортувальна, слюсарна, зварювальна, слюсарна,
свердлильна, слюсарна, шліфувальна, розточна, зміщююча, контрольна.

Мийна операція виконується слюсарем II розряду, загальна
трудомісткість становить $T_n = 5,7$ хв.

Дефектування виконується слюсарем I розряду, загальна
трудомісткість становить $T_n = 3,19$ хв.

Слюсарна операція (деф. 1 і 2) виконується слюсарем III розряду,
загальна трудомісткість становить $T_n = 7,04$ хв.

Зварювання (деф. 1 і 2) виконується зварювальником III розряду,
загальна трудомісткість становить $T_n = 8,5$ хв.

Слюсарна операція (деф. 1 і 2) виконується слюсарем II розряду,
загальна трудомісткість становить $T_n = 2,09$ хв.

Свердлильна операція (деф. 4) виконується слюсарем II розряду,
загальна трудомісткість становить $T_n = 7,1$ хв.

Слюсарна операція (деф. 5) виконується слюсарем II розряду, загальна
трудомісткість становить $T_n = 3,2$ хв.

Шліфування (деф. 6) виконується шліфувальником I розряду, загальна
трудомісткість становить $T_n = 3,2$ хв.

Розточування (деф. 3) виконується токарем I розряду, загальна
трудомісткість становить $T_n = 20,64$ хв.

Алмазне виглажування (деф. 3) виконується токарем I розряду,
загальна трудомісткість становить $T_n = 8,4$ хв.

Контрольна операція виконується слюсарем I розряду, загальна
трудомісткість становить $T_n = 3,19$ хв.

Загальна трудомісткість ремонту становить $T_n = 72,25$ хв, в тому числі
 $T_{пз} = 21,51$ хв, $T_{шт} = 50,74$ хв.

В проекті особлива увага приділяється розробці операційної карти механічної обробки робочої поверхні корпусу (зміцнення). Обробка здійснюється токарем I розряду на алмазно-розточному верстаті 2В78П.

В результаті обробки отримуємо поверхню із шорсткістю не нижче $R_a = 0,04 \dots 0,08$ мкм, підвищується твердість на 25 ... 30 %, стійкість проти зношування на 40 ... 60 % і втомлену міцність на 30 ... 60 %.

Загальна трудомісткість становить $T_n = 8,4$ хв, в тому числі $T_{пз} = 2,4$ хв, $T_{шт} = 6,0$ хв.

Операційну карту викладено на листі 6 ГЧ.

3.3. Організаційна підготовка ремонтного виробництва.

3.3.1. Проектування дільниці для ремонту деталі.

3.3.1.1. Загальна методика проектування спеціалізованої дільниці для ремонту корпусів.

Розробка дільниці для ремонту корпусів ведеться в наступній послідовності:

1. Визначається річна виробнича програма ремонту корпусів.
2. Обґрунтовуються основні положення по організації виробничого процесу ремонту корпусів.
3. Розраховується кількість працюючих, потрібна кількість ремонтно-технологічного обладнання та виробнича площа дільниці.

Виробнича програма ремонту насосів визначається по методиці професора Крамарова В.С. [11]. За оптимальну приймається така програма ремонту насосів, при якій ремонтно-технологічне обладнання завантажується на $\eta = 0,7 \dots 0,75$.

Річна програма визначається у натуральному обчисленні (штук) та річній трудомісткості (людино-годин).

При обґрунтуванні основних положень по організації виробничого процесу ремонту корпусів визначаються фонди часу дільниці, робітників та обладнання, встановлюється кількість робочих змін.

Розрахунок чисельності працюючих, потрібна кількість ремонтно-технологічного обладнання та виробнича площа дільниці визначається за загальновідомими методиками [10].

3.3.1.2. Річна програма та тип виробництва.

Згідно проведених досліджень оптимальна програма ремонту насосів і корпусів становить 5 тис.шт. на рік [12].

Відповідно програми тип виробництва - дрібносерійний.

3.3.1.3. Трудомісткість ремонтних операцій.

Дані про трудомісткість ремонту корпусів наведено в таблиці 3.2.

Встановлено, що сумарна трудомісткість ремонту корпусів у розрахунку на річну програму становить 6015 людино-годин, в тому числі:

- мийних - 475 люд / год;
- дефектувальних - 265 люд / год;
- слюсарних - 1025 люд / год;
- зварювальних (деф. 1 і 2) - 710 люд / год;

НУБІП України

- свердлильних (деф. 4) - 590 люд / год;

- шліфувальних (деф. 6) - 265 люд / год;

- розточних (деф. 3) - 1720 люд / год;

- зміцнюючих (деф. 3) - 700 люд / год;

- контрольних - 265 люд / год.

НУБІП України

3.3.1.4. Організаційний режим роботи дільниці.

Дільниця працює в одну зміну. Номінальний річний фонд часу дільниці

становить $F_n = 2070$ год [9] стор.126, табл 25.

НУБІП України

Номінальний фонд часу робітника буде становити $F_n = 2070$ год, а
дійсний - $F_d = 1840$ год [9].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.2.

Операція	Трудомісткість, люд.год.		Професія робітника	Розряд	Фонд робочого часу, люд.год.		Кількість робітників, чел	
	На 1 корпус	На 500 корпусів			Ф _н	Ф _д	N _{сп}	N _{яв}
	1	2			3	4	5	6
Мийна	0,095	475	Слюсар	II	2070	1840	0,23	0,26
Дефектувальна	0,053	265	Слюсар	IV	2070	1840	0.13	0.14
Слюсарна (деф. 1 і 2)	0,117	585	Слюсар	III	2070	1840	0.28	0.32
Зварювальна (деф. 1 і 2)	0,142	710	Зварювальник	II	2070	1840	0.34	0.39
Слюсарна (деф. 1 і 2)	0,035	175	Слюсар	II	2070	1840	0.08	0.10

НУБІП України

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Свердлильна (деф. 4)	0,118	590	Слюсар	II	2070	1840	0.29	0.32
Слюсарна (деф. 5)	0,053	265	Слюсар	II	2070	1840	0.13	0.14
Шліфувальна (деф. 6)	0,053	265	Токар	IV	2070	1840	0.13	0.15
Розточна (деф. 3)	0,344	1720	Токар	IV	2070	1840	0.83	0.95
Зміцнююча (деф. 3)	0,14	700	Токар	IV	2070	1840	0.34	0.39
Контрольна	0,053	265	Слюсар	IV	2070	1840	0.13	0.14
Разом	1,203	6015						

НУБІП України

Такт виробництва буде становити:

$$\tau = \Phi_n / P = 2070 / 5000 = 0,41 \text{ год} \approx 25 \text{ хв},$$

де P – річна програма дільниці, шт.

Протяжність ремонтного циклу, згідно маршрутної карти, становить $\square_{\text{ц}}$

$$= 72,25 \text{ хв} \approx 1 \text{ год } 12 \text{ хв}.$$

Фонд робіт становить:

$$\square = \square_{\text{ц}} / \tau = 72,25 / 25 = 2,89.$$

Розмір виробничої партії для даних умов буде становити 20 корпусів.

3.3.1.5. Розрахунок потрібної кількості працюючих, визначення потрібної кількості обладнання та виробничих площ.

Кількість працюючих на дільниці ремонту корпусів визначається за наступними формулами:

- явочна кількість робітників:

$$\square_{\text{я}} = T_p / \Phi_{\text{д}};$$

- списочна кількість робітників:

$$\square_{\text{сп}} = T_p / \Phi_{\text{н}},$$

де T_p – річний обсяг робіт в розрізі операцій;

$\Phi_{\text{н}}$ і $\Phi_{\text{д}}$ – номінальний і дійсний фонди робочого часу \square_{90} .

Результати розрахунків наводяться в табл.3.2. Вважається доцільним сумістити операції миття, дефектації та контролю якості відновлення, поклавши цей обов'язок на слюсаря I розряду, а також слюсарні операції по розробці тріщин, зачистці зварних швів, калібруванні трубної різьби і свердлильну операції, призначивши для цього на слюсаря II розряду.

Зварювальник і шліфувальник будуть використовуватись також і для відновлення кришок корпусу насоса.

Остаточна кількість робітників із зазначенням їх розряду наведена в штатній відомості (табл. 3.3).

НУБІП України

Таблиця 3.3.

Штатна відомість виробничих робітників по спеціальностях і розрядах.

Спеціальність робітника	Число Робітників	Число робітників по розрядах		
		II	III	I
Слюсарі	2	1		
Зварювальник	1		1	
Токарі	2			2
Разом	5			

Кількість одиниць обладнання на виробничій дільниці ремонту корпусів

визначається за формулою:

$$n_{\text{обл}} = T_p / \Phi_{\text{обл}}$$

де $\Phi_{\text{обл}}$ - річний фонд часу роботи обладнання.

Дані по розрахунку необхідної кількості обладнання наводиться в табл.

3.4.

Згідно розрахунку, приймаємо такі види та кількість обладнання для ремонту корпусів вакуумних насосів:

- мийна машина ОМ-4610 ГОСНИТИ - 1 шт;
- перетворювач зварювальний ПСО-500 - 1 шт;
- верстат вертикально-свердлильний одношпіндельний 2Н135 - 1 шт;
- верстат плоско-шліфувальний 3Е722 - 1 шт;
- верстат алмазно-розточний 2Е78П - 2 шт.

НУБІП України

Таблиця 3.4.

Обладнання, необхідне для дільниці ремонту корпусів

Операція	Назва одиниці обладнання	Гр. №	Ф. до. №	Кількість одиниць обладнання	
				розрах.	Прийнята
Мийна	Мийна машина ОМ-4610	475	2010	0,24	1
Зварювальна	Перетворювач зварювальний ПСО-500	710	1970	0,36	1
Свердлильна	Верстат вертикально-свердлильний	590	2030	0,3	1
	Одношпіндельний 2Н135				
Шліфувальна	Верстат плоско-шліфувальний 3Е722	265	2030	0,13	1
	Верстат алмазно-розточний 2Е78П	1720	2030	0,86	1
Змінююча	Верстат алмазно-розточний 2Е78П	700	2030	0,35	1

Технічна характеристика і розміри технологічного обладнання наведені в табл. 3/5.

Виробничі площі на ділянці ремонту корпусів можна розрахувати за такими показниками:

- кількістю працюючих;
- кількістю умовних ремонтів;
- площею, яку займає технологічне обладнання

В проекті розрахунок виробничих площ здійснюється по площі ремонтно-технологічного обладнання згідно залежності:

$$F_{д} = \sum F_{о} \cdot \sigma$$

де $F_{д}$ – площа дільниці, m^2 ;

F_0 - площа, яку займає обладнання, m^2 ;

σ - перехідний коефіцієнт.

Результати розрахунків наводяться в табл. 3.6.

Перехідні коефіцієнти та значення площ відповідного технологічного обладнання наведені в технічній літературі [13] стор. 93, табл. 14 та [14] стор. 60.

Розрахунок свідчить, що загальна площа дільниці буде становити $98m^2$.

3.3.1.6. Технологічне планування дільниці.

Технологічна планіровка дільниці наводиться на рисунку 3.1.

Планування дільниці по ремонту корпусів вакуумних насосів розроблено з урахуванням забезпечення поточності виробництва.

Технологічний процес починається з миття корпусів, що здійснюється на робочому місці 1, дефектування - на робочому місці 2, елюсарні роботи - на робочому місці 3, зварювання - на робочому місці 4, свердління - на робочому місці 5, шліфування - на робочому місці 6, розточування - на робочому місці 7, зміцнення - на робочому місці 8, контроль - на робочому місці 2.

Таблиця 3.5.

Технічна характеристика обладнання.

Назва обладнання	Тип та марка	Габаритні розміри	Кіл. на дільн.	Площа під обладн.		Перехідний коефіцієнт	Споживана потужність, кВт
Мийна машина	OM-4610		1	4,2	4,2	4	2,2
Перетворювач зварювальний	ПСО-500	510×590	1	0,3	0,3	4	-
Верстак вертикально-свердлильний одношпindelний	2Н135	1030×825	1	0,85	0,85	4	4,0
Верстак плоскошліфувальний	3Е722	3800×2215	1	8,4	8,4	4	11,5
Верстак алмазно-розточний	2Е78П	3600×1500	1	5,4	10,8	4	10,8
Верстак слюсарний	ОРГ-1468-01-060А	1200×800	1	0,96	1,92	4	-
Стіл	ОКС-1549А	1100×750	1	0,83	0,83	4	-

Таблиця 3.6.

Розрахунок виробничих площ дільниці.

Операція	Обладнання	Кількість	Площа обладнання, м ²	Перехідний коефіцієнт	Загальна площа, м ²
Мийна	ОМ-4610	1	4,2	3,5	14,7
Дефектувальна, контрольна, слюсарна	ОРГ-1468-01-060А	2	1,92	4	7,68
Свердлильна	2Н135	1	0,85	3,5	3,0
Шліфувальна	2Е78П	1	8,4	3,5	29,4
Розточна, зміцнювальна	2Е78П	2	10,8	3,5	37,8
Зварювальна	ПСО-500	1	0,3	4,0	1,2
	ОКС-1549А	1	0,83	4,0	3,32
Разом					97,1

Технологічний процес починається з миття корпусів, що здійснюється на робочому місці 1, дефектування - на робочому місці 2, слюсарні роботи - на робочому місці 3, зварювання - на робочому місці 4, свердління - на робочому місці 5, шліфування - на робочому місці 6, розточування - на робочому місці 7, зміцнення на робочому місці 8, контроль - на робочому місці 2.

НУБІП України

Рис.3.1. Технологічне планування дільниці по ремонту корпусів.

НУБІП України
2 – ОРГ-1468-01-060А;
4 – ПСО-500;
5 – 2Н135;
4 – ОКС-1549А;

НУБІП України
6 – 3Е722;
7 – 2Е78П.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4. Аналіз заходів з охорони праці на дільниці відновлення корпусів

4.1. Загальні відомості про шкідливі та небезпечні виробничі фактори

Заходи з охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії на дільниці по відновленню корпусів пластинчато-роторних вакуумних насосів, що передбачені в дипломному проекті, базуються на основі чинних законів та державних стандартів. У відповідності до загальних вимог щодо виробничих об'єктів на дільниці повинні виконуватись такі правила по охороні праці:

- робота на дільниці по ремонту корпусів відповідає четвертому розряду зорової роботи (середня точність), що потребує достатньої освітленості робочих місць. Тому у виробничому приміщенні рекомендовано мати загальне та місцеве освітлення. Загальне освітлення має бути 200 лк [20];

- наявність шліфувальних робіт збільшує вміст у повітрі шкідливих газів, продуктів згорання. Враховуючи це на дільниці необхідно встановити припливно-витяжну вентиляційну систему очищення повітря від пилу та шкідливих газів;

- припливно-витяжна вентиляційна система повинна крім очищення повітря забезпечувати на дільниці також постійну температуру повітря та підтримувати необхідну вологість;

- верстати та обладнання дільниці повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.003-99 та ДСТУ 12.2.009-99;

- при виконанні окремих операцій, зокрема миття деталей, працівник повинен мати індивідуальні засоби захисту (гумові чоботи, брезентовий фартух, рукавиці, захисні окуляри, тощо).

До роботи повинні допускатись лише особи, які пройшли навчання та інструктаж з техніки безпеки та оволоділи практичними навиками безпечного виконання робіт.

НУБІП України

4.2. Розрахунки засобів охорони праці на дільниці по ремонту корпусів вакуумних насосів

4.2.1. Повітрообмін

НУБІП України

Дільниця по ремонту корпусів вакуумних насосів займає виробничу площу, що складає 98 м². Висота приміщення майстерні 6 м. Загальний об'єм дільниці визначаємо за формулою:

НУБІП України

$$V = S \cdot h \quad (4.1)$$

де, V – загальний об'єм дільниці, м³.

НУБІП України

$$V = 98 \cdot 6 = 588 \text{ м}^3.$$

На одного працівника припадає об'єм повітря, що розраховується за формулою:

НУБІП України

$$V_{\text{пр}} = V / N \quad (4.2)$$

де, N – кількість працівників на дільниці, чол.

НУБІП України

$$V_{\text{пр}} = 588 / 5 = 117,6 \text{ м}^3 / \text{чол.}$$

що цілком відповідає існуючим нормативам.

НУБІП України

На дільниці використовується шліфувальна та проводиться обдирювання. Тому на дільниці необхідне спорудження місцевої вентиляційної системи.

Площа робочого місця S_r 10 м². Об'єм повітря відповідно буде 58,8 м³.

Кількість повітря, яке необхідно для видалення з робочого місця пилю, розраховуємо за формулою [21]:

$$L_p = 10^3 A D \quad (4.3.)$$

де, L_p – кількість повітря, що необхідна для видалення пилю з робочого місця, $\text{м}^3 / \text{год}$;
 A – коефіцієнт пропорційності, $A = 2$;

D – діаметр шліфувального круга, $d = 0,2 \text{ м}$.

Підставляючи значення складових у рівняння (5.3.), отримаємо:

$$L_p = 10^3 \cdot 2 \cdot 0,2 = 400 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Знаючи кількість повітря, необхідну для видалення з робочого місця пилю, визначаємо потужність електродвигуна приводу вентилятора:

$$N = \frac{k L_p}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_n} \quad (4.4.)$$

де, L – подача вентилятора ($L = L_p$);

p – тиск, що створюється вентилятором, ($p \in 4800 \text{ Па}$);

k – коефіцієнт запасу ($k = 1,05 \dots 1,5$);

η_v – коефіцієнт корисної дії вентилятора, ($\eta_v = 0,5 \dots 0,55$);

η_n – коефіцієнт корисної дії приводу вентилятора ($\eta_n = 0,9 \dots 1,0$).

$$N = \frac{1,5 \cdot 400 \cdot 4800}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,5 \cdot 0,9} \cong 2 \text{ кВт}.$$

4.2.2. Освітлення

Розрахунок штучного освітлення проводимо за формулою:

НУБІП УКРАЇНИ

$$D = \frac{k \cdot E \cdot S}{\eta \cdot z} \quad (4.5)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де, D – сумарний світловий потік, що необхідний для досягнення нормативної освітленості по всій площі дільниці, Лк;

k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при запиленні і старінні світильника. Для газорозрядних ламп

$$k = 1,5 \dots 2 \text{ [22];}$$

S – площа приміщення, $S = 98 \text{ м}^2$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку ламп, $\eta = 0,4 \dots 0,6$;

E – нормативне освітлення, $E = 200 \text{ Лк}$;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $z = 0,8 \dots 0,9$.

НУБІП УКРАЇНИ

$$D = \frac{2 \cdot 200 \cdot 98}{0,6 \cdot 0,9} = 72593 \text{ Лк.}$$

НУБІП УКРАЇНИ

Необхідну кількість освітлювальних ламп визначимо з нормативного світлового потоку однієї лампи:

$$n = D / f \quad (4.6)$$

НУБІП УКРАЇНИ

де, n – кількість ламп, шт;

f – світловий потік для однієї лампи, Лк.

Для ламп ОД $f = 3050 \text{ Лк}$.

НУБІП УКРАЇНИ

$$n = 72593 / 3050 = 24 \text{ шт.}$$

Природне освітлення дільниці розраховуємо за формулою:

$$F = \frac{e \cdot S \cdot j \cdot k}{100 \cdot T \cdot \eta}$$

(4.7.)

де, e – коефіцієнт природного освітлення, $e = 1,2$;

S – площа підлоги, $S = 98 \text{ м}^2$;

j – коефіцієнт, що враховує світлову характеристику приміщення,

$$j = 7;$$

k – коефіцієнт, що враховує затемнення сусідніми будівлями,

$$k = 1,0;$$

T – коефіцієнт світлопропускання вікон, $T = 0,5$;

η – коефіцієнт підсилення освітлення від відбиття його від інших

будівель, $\eta = 1,0$.

$$F = \frac{1,2 \cdot 98 \cdot 7 \cdot 1}{100 \cdot 0,5 \cdot 1} = 16,46 \text{ м}^2$$

Кількість вікон визначаємо:

$$n = F / f$$

(4.8.)

де, f – площа одного вікна, $f = 2,4 \text{ м}^2$.

$$n = 16,46 / 2,4 = 7 \text{ шт.}$$

4.3. Умови безпеки праці на дільниці по ремонту корпусів вакуумних насосів при роботі на металообробних верстатах, гідравлічних пресах та при проведенні зварювальних робіт

1. При роботі на верстатах слід керуватись ДСТУ 12.3.025 – 95 та Правилами техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів.

2. Перед початком роботи слід перевірити наявність та справність

інструменту, захисних щитків. Працювати необхідно в спеціальному одязі, а при необхідності, і в захисних окулярах.

3. Робоче місце повинно бути добре освітлене, на асфальтову чи бетонну підлогу біля кожного верстата необхідно покласти дерев'яну підніжну решітку.

4. Висота штабелів заготовок і виробів не повинна перевищувати 1,5 м, а ширина між штабелями повинна бути не менше як 0,8 м.

5. Робоче місце щоденно необхідно очищати від стружки та інших виробничих відходів.

Стружку видаляти треба спеціальним гачком і щіткою, після обов'язкової зупинки верстата.

6. Категорично забороняється:

- допускати до верстата сторонніх осіб і залишати верстат без нагляду;
- перевіряти чистоту обробленої поверхні виробів на дотик при працюючому верстаті;

- знімати різальний інструмент, деталі і пристрої під час роботи верстата;
- мити руки рідинами, що використовуються для мащення і охолодження оброблюваних деталей і різців;

- працювати на верстатах у рукавицях;

залишати на верстаті вимірвальні інструменти та прилади.

- залишати на верстаті вимірвальні інструменти та прилади.

7. При роботі на свердлильних верстатах необхідно надійно закріплювати деталь на плиті в лещатах або в спеціальних пристроях.

8. Під час роботи забороняється:

- перевіряти рукою вихід свердла з деталі;
- користуватись свердлами, в яких пошкоджені різальні кромки і спрацьовані конуси;
- пригальмовувати рукою патрон або шпindel, що обертається.

9. При свердлінні крихких металів, коли стружка може відлітати, необхідно користуватись захисними окулярами.

10. Перед початком роботи електрозварювальник повинен одягнути

спецодяг, спецвзуття з глухим верхом, рукавиці, фартух з нагрудником і головний убір, а при зварюванні кольорових металів і сплавів – універсальний респіратор. Електрозварювальні роботи необхідно виконувати у відповідності до ГОСТ 12.3.003 – 86 та Правил техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах.

11. Електрозварювальник повинен користуватись захисними щитками або масками з склом, що не пропускає ультрафіолетових променів.

12. Для захисту сторонніх осіб від дії ультрафіолетових променів місце зварювальника необхідно огородити ширмами з вогнетривкого матеріалу.

13. Перед ремонтом і технічним обслуговуванням електрозварювальних установок їх потрібно від'єднати від електромережі.

14. До електрозварювальних робіт допускають осіб не молодших 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання та перевірку знань з техніки безпеки, мають кваліфікаційну групу не нижче другої і відповідне посвідчення.

15. До виконання слюсарних робіт допускаються особи, що пройшли навчання, оволоділи навиками практичної роботи, отримали інструктаж з техніки безпеки на робочому місці.

16. Перед початком роботи необхідно надіти спецодяг, спецвзуття, головний убір, при необхідності – використовувати інші засоби індивідуального захисту. Перевіряти справність обладнання, інструменту, кріплення і наявність захисних щитків, заземлення, витяжних пристроїв.

4.4. Удосконалення охорони праці в ремонтній майстерні

Аналізуючи виробничі небезпеки на дільниці ремонтної майстерні, які виявлено в процесі дипломного проектування можна зробити висновок, що їх основний наслідок – травма робітника. Основними причинами травматизму є:

- несправність технологічного обладнання;

- порушення норм і правил техніки безпеки;

- правил техніки безпеки при виконанні ремонтних робіт;

- порушення трудової дисципліни.

В зв'язку з цим кожне робоче місце повинно мати достатні розміри, забезпечене справним обладнанням і технічним оснащенням, мати достатню освітленість. Робочі місця повинні бути забезпечені дерев'яними настилами які є гарною теплоізоляцією, також в певній мірі електроізоляцією. Інструменти та дрібні пристосування потрібно зберігати в шафах або на спеціальних стелажах.

Освітлювальні прилади повинні бути зручно розташовані, щоб освітлюваність зони робочого місця давала змогу працювати без напруження зору. Проходи до силових щитів, пускових пристроїв обладнання повинні бути вільними. Також кожне робоче місце повинно бути укомплектоване інструкцією з техніки безпеки.

Особливу увагу з точки зору охорони праці і техніки безпеки слід приділяти підйомним і транспортним засобам, що використовуються на дільницях майстерні, а також вентиляцією робочих місць.

Всі вантажопідйомні засоби повинні проходити не рідше одного разу на рік випробування службою технагляду. Для зберігання і транспортування виробів повинні використовуватися спеціальні підставки, стелажі, тара, контейнери.

У відповідності із нормами техніки безпеки, необхідно кожний день контролювати забезпеченість і використання засобів індивідуального захисту - спец рукавиць, захисних щитків та окулярів.

В процесі дипломного проектування проаналізовано стан охорони праці на дільниці та з метою запобігання травматизму проведено аналіз потенційних небезпек при проведенні заточувальних робіт. Результати представлено в таблиці пояснювальної записки та на листі графічної частини.

5. Техніко-економічна частина проекту.

Економічна доцільність впровадження у виробництво технологічних процесів характеризується абсолютним та питомим показниками. До абсолютних показників відносяться: річна програма, собівартість продукції, загальна площа майстерні та вартість основних фондів. До питомих техніко-економічних показників (ТЕП) відносяться: наробіток на одного працюючого, випуск продукції на 1 м². Крім того визначаються такі ТЕП: очікуваний річний економічний ефект та окупність капіталовкладень.

Розрахунок ТЕП ведеться згідно загальновідомих методів [16].

5.1. Річна програма.

Річна програма визначається в натуральному та грошовому обчисленні.

Згідно вказаних розрахунків, річна програма ($N_{шт}$) ремонту насосів становить 5000 штук (корпусів – 5000 штук).

В оптових цінах ($C_{опт}$) це буде становити:

$$C_{опт} = c_{опт} \cdot N_{шт} = 431,8 \cdot 5000 = 2159000 \text{ грн.},$$

де $c_{опт}$ – оптова ціна одного відремонтованого корпусу,

$$c_{опт} = 431,8 \text{ грн.}$$

5.2. Повна собівартість продукції.

Собівартість ремонту корпусів визначається згідно формули:

$$C_{п} = (C_3 + C_M + C_n) \cdot N_{шт}, \text{ грн.},$$

де C_3 – заробітна плата робітників, грн;

C_M – вартість матеріалів, грн;

C_n – накладні витрати, грн.

Структура заробітної плати має вигляд:

$$C_3 = C_{озп} + C_{дзп} + C_{всп}, \text{ грн.},$$

де $C_{озп}$ – основна заробітна плата, грн;

$C_{дзп}$ – додаткова заробітна плата, грн;

$C_{всп}$ – відрахування на соціальні потреби, грн.

Основна заробітна плата розраховується по формулі:

$$C_{озп} = \frac{C_{год}}{100 \cdot T_n} = \frac{5,2}{100 \cdot 1,725} = 8,97 \text{ грн}$$

де $C_{год}$ – середня прийнята на даний час тарифна ставка, $C_{год} = 5,2$ грн;

T_n – норма часу на ремонт одного корпусу,

$$T_n = 1,725 \text{ люд/год (див. маршрутну карту).}$$

Додаткова заробітна плата буде становити

$$C_{дзп} = (0,05 \dots 0,08) \cdot C_{озп} = 0,08 \cdot 8,97 = 0,72 \text{ грн.}$$

Нарахування на соціальні потреби складають:

$$C_{всп} = 0,044 \cdot (C_{озп} + C_{дзп}) = 0,044 \cdot (8,97 + 0,72) = 0,43 \text{ грн.}$$

Отже зарплата становить:

$$C_з = 8,97 + 0,72 + 0,43 = 10,12 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалів визначаєм за формулою:

$$C_m = 0,3 \cdot C_n = 0,3 \cdot 1079,5 = 323,85 \text{ грн,}$$

де C_n – вартість нового корпусу, грн; $C_n = 1079,5$ грн.

Прямі витрати на ремонт корпусу будуть становити:

$$C_{пр} = C_з + C_m = 10,12 + 323,85 = 333,97 \text{ грн.}$$

Накладні витрати складають:

$$C_n = (0,7 \dots 1,0) \cdot C_з = 1 \cdot 10,12 = 10,12 \text{ грн.}$$

Вартість ремонту одного корпусу складає:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{пв}} + C_{\text{н}} = 333,97 + 10,12 = 344,09 \text{ грн.}$$

Сумарна річна собівартість ремонту корпусів:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{п}} \cdot N_{\text{шт}} = 344,09 \cdot 5000 = 1720450 \text{ грн.}$$

5.3. Основні фонди.

Вартість основних фондів визначається за формулою:

$$C_{\text{оф}} = C_{\text{б}} + C_{\text{обл}} + C_{\text{п}}, \text{ грн,}$$

де $C_{\text{б}}$, $C_{\text{обл}}$, $C_{\text{п}}$ – вартість будівель, обладнання, пристосувань та інструменту відповідно.

Вартість будівель:

$$C_{\text{б}} = c_{\text{б}} \cdot F_{\text{д}} = 5000 \cdot 98 = 490000 \text{ грн,}$$

де $C_{\text{б}}$ – вартість 1 м² площі будівлі, грн ($C_{\text{б}} = 5000$ грн);

$F_{\text{д}}$ – площа ділянки, $F_{\text{д}} = 98$ м².

Вартість обладнання становить близько 60%, а пристосувань і інструменту – біля 20% вартості будівель.

$$C_{\text{обл}} = 0,6 \cdot C_{\text{б}} = 0,6 \cdot 490000 = 294000 \text{ грн;}$$

$$C_{\text{п}} = 0,2 \cdot C_{\text{б}} = 0,2 \cdot 490000 = 98000 \text{ грн;}$$

$$C_{\text{оф}} = 490000 + 294000 + 98000 = 882000 \text{ грн.}$$

5.4. Загальна площа ділянки.

Площа ділянки становить

$F_d = 98 \text{ м}^2$ (див. розрахунок площ ділянки)

5.5. Кількість працюючих.

Кількість працюючих ($P_{роб}$) становить 5 чоловік (див. розрахунок з технологічної частини).

5.6. Прибуток підприємства.

Прибуток підприємства (Π) буде становити:

$$\Pi = C_{онт} - C_{п} = 2159000 - 1720450 = 438550 \text{ грн.}$$

5.7. Рентабельність.

Рентабельність визначаємо згідно формули:

$$R_i = \frac{\Pi}{C_{оф}} \cdot 100\% = \frac{438550}{882000} \cdot 100\% = 49\%$$

5.8. Коефіцієнт фондівдачі.

Коефіцієнт фондівдачі визначаємо за формулою:

$$K_{ф} = \frac{C_{онт}}{C_{оф}} = \frac{2159000}{882000} = 2,45$$

5.9. Продуктивність праці у розрахунку на одного працюючого.

Продуктивність праці у розрахунку на одного працюючого становить:

$$B_{пр} = \frac{C_{онт}}{P_{роб}} = \frac{2159000}{5} = 431800 \text{ грн.}$$

5.10. Випуск продукції на 1 м^2 площі.

Випуск продукції на 1 м^2 площі складає:

$$E_n = \frac{C_{опт}}{F_g} = \frac{2159000}{98} = 22030 \text{ грн}$$

5.11. Річний економічний ефект.

Річний економічний ефект розраховується за формулою:

$$\xi = \Pi - (E_n \cdot C_{opf}), \text{ грн}$$

де $E_n = 0,15 \dots 0,20$ – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$$E_n = 0,15.$$

$$\xi = 43855 - (0,15 \cdot 882000) = 306250 \text{ грн}$$

5.12. Строк окупності капіталовкладень.

Строк окупності капіталовкладень становить:

$$T_{ок} = \frac{C_{opf}}{\Pi} = \frac{882000}{438550} = 2 \text{ роки}$$

Основні техніко-економічні показники дільниці наводяться на листі 10 і в таблиці 5.1.

Як видно з наведених розрахунків, внаслідок впровадження проекту у виробництво буде одержаний річний економічний ефект у розмірі 306250 грн. При цьому додаткові капіталовкладення окупляться в межах двох років.

Таблиця 5.1.

Техніко-економічні показники дільниці	
Показник	Значення

1. Річний випуск продукції:	
1.1. В натуральному обчисленні, шт	5000
1.2. В оптових цінах, грн	2159000
2. Повна собівартість продукції, грн	1720450
3. Основні фонди, грн	882000
4. Загальна площа майстерні, м ²	98
5. Загальна кількість працюючих, чел	5
6. Прибуток (+), збитки (-)	438550
7. Рентабельність, %	49
8. Коефіцієнт фондівдачі	2,45
9. Продуктивність праці в розрахунку на 1 працюючого, грн	431800
10. Випуск продукції га 1 м ² площі, грн	22030
11. Річний економічний ефект, грн	306250
12. Окупність капіталовкладень, роки	2

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Висновки

1. Дана конструктивно-технологічна характеристика корпусу вакуумного насоса та спряжених з ним деталей. Викладена технологія та організація ремонту корпусів та визначені можливі шляхи підвищення їх міжремонтного ресурсу.
Сформульовані задачі магістерської роботи.
2. Проведена НДР: встановлення залежності продуктивності насоса від діаметра робочої поверхні корпусу; дослідження пошкоджень корпусів; вивчення фізичної суті пошкоджень; визначення статистик зносу циліндра корпусу, порівняно методи поверхневого зміцнення корпусів.
3. Результати НДР використовуються для розробки перспективного технологічного процесу ремонту корпусів.
4. Розроблене ремонтне креслення корпусу .
5. Спроектований маршрутний процес ремонту корпусів та операційна карта їх механічної обробки
6. Встановлено, що потрібна кількість працюючих на дільниці ремонту корпусів становить 5 чоловік, а виробнича площа – 98 м².
7. Розрахована необхідна кількість обладнання:
 - машина мийна ОМ-4610 ГОСНИТИ – 1 шт;
 - перетворювач зварювальний ПСО-500 – 1 шт;
 - верстат вертикально-свердильний одношпіндельний 2Н135 – 1 шт;
 - верстат плоско-шліфувальний 3Е722 – 1 шт;
 - верстат алмазно-розточний 2Е78П – 2 шт.
8. Обґрунтована економічна доцільність впровадження проекту у виробництво. Річний економічний ефект буде становити 306250 грн, окупність на протязі двох років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В. І. Рубльов, Б. І. Рябцев та інші. - К. : Урожай, 1993.-272 с.

2. Малахов В. С., Ружи́ло З. В. Оцінка пошкоджень деталей вакуумних насосів типу УВБ і РВН // Праці ювілейної наукової конференції викладачів, наукових співробітників та аспірантів, присвяченої 65-річчю факультету МСГ. - К. : НАУ. - 1994. - С. 51.

3. Ремонт сільськогосподарської техніки. Довідник. / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. - К. : Урожай, 1992. - 304 с.

4. Ружи́ло З. В. Види пошкоджень деталей вакуумних пластинчато-роторних насосів та їх кількісна оцінка // Механізація сільськогосподарського виробництва. - Том III. : К. - НАУ, 1997. - С. 74-76.

5. Ружи́ло З. В. Дисертація к.т.н. на тему: «Удосконалення технології та технічних засобів ремонту вакуумних насосів доільних установок».

6. Надійність сільськогосподарської техніки/ В.В. Аулін, С.Г.Гранкін, М.І.Черновол, В.Ю.Черкун; За ред. М.І.Черновол. – К.: Урожай, 2010. – 242 с.

7. Сідашенко О.І. Ремонт машин і обладнання: підручник / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К.: Аграр Медіа Груп, 2018. – 632 с.

8. Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Мельник В. І., Новицький А. В., Ружи́ло З. В. Кваліметрія: навчальний посібник. Київ : Принтеко, 2022. 201 с.

9. Надійність сільськогосподарської техніки/ С.Г.Гранкін, В.С. Малахов, М.І.Черновол, В.Ю.Черкун; За ред. В.Ю.Черкуна. – К.: Урожай, 1988. – 208 с.

10. Надійність техніки. Системи технологічні. Терміни та визначення / ДСТУ 2470-94. - [Чинний від 01.01.95] – К.: Держспоживстандарт України. 1994.

11. Дзюба Л., Зима Ю., Лютий Є. Основи надійності машин. – Львів, Логос. 2003. 203 с.

12. Ремонт машин / О.І.Сідашенко, О.А.Науменко, А.Я. Поліський та ін.; За ред. О.І.Сідашенка – К.: Урожай, 1994.-400 с.

13. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1: Навчальний посібник / [Сідашенко О. І., Тіхонов О. В., Скобло Т. С., Мартиненко О. Д., Гончаренко О. О., Сайчук О. В., Аветісян В. К., Автухов А. К., Рибалко І. М., Сиромятніков П. С., Бантковський В. А., Маніло В. Л.] / За ред. О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонова. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416 с.

14. Практикум по ремонту машин / О.І. Сідашенко, О.А. Науменко; За ред. О.І. Сідашенка - Харків.: Прапор, 1992. - 380с.

15. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З. В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 221 с.

16. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З. В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 221 с.

17. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. / М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.; За заг. ред. М.І. Червола. Кіровоград: ТОВ «ЖОД», 2010. 320 с.

18. Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Мельник В. І., Новицький А. В., Ружило З. В. Кваліметрія: навчальний посібник. Київ: Принтеко, 2022. 201 с.

19. Стандартизація та сертифікація обладнання лісового комплексу: Новицький А.В., Дев'ятко О.С., Адамчук О.В., Онищенко В.Б., Ревенко Ю.І., Денисенко М.І., Мельник В.І. навчальний посібник Київ: НУБіП. 300 с.

20. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів / Ю. Г. Сорваніді, Д. П. Журавель, А. М. Бондар, О. Ю. Новік. Мелітополь: Видавничополіграфічний центр «Люкс», 2021. 157 с.

21. Сукач М.К. Технічний сервіс машин: навч. посібник. Київ: Вид.-во Ліра. К., 2017. 290 с.

22. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. За ред. І.І.Ревенка - К.: Урожай, 1999 - 192 с.

23. Курсове та дипломне проектування по механізації тваринницьких ферм (За ред. О.В.Нанки) Х.:ХДТУСГ, 2003

24. Проектування механізованих технологічних процесів у тваринництві. За ред. Бендери М.І. Кам'янець-Подільський. ФОП Сисин О.В., 2011. – 564с.

25. Визначення зусилля притискування лопатки до корпусу вакуумного насоса // Збірник наукових праць ІМЕСГ.- Глеваха, 1997. – с 91-95.

26. Зусилля притискування лопатки до корпусу вакуумного насосу та його вплив на зношування контактуючих поверхонь оцінка // Механізація сільськогосподарського виробництва. - : К. - НАУ, 1998. – с. 267-272.

27. Ружило З.В. Визначення зусилля притискування пластини до корпусу вакуумного насоса та його вплив на спрацювання поверхонь контактуючих деталей // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. - Львів, 2008. – 312 (2) - с385-388.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України