

НУБІП України

НУБІП України

Магістерська кваліфікаційна робота

01.12.МКР.463 с 28.03.23.002 ПЗ

ДОБРИЯН СЕРГІЙ ОЛЕГОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну

УДК 62-253:621.6.052

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
надійності техніки

А.В.Новицький

“ ” 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**Дослідження технічного стану та
розробка ТП відновлення роторів
вакуумних насосів**

Спеціальність: 133 – галузеве машинобудування

Магістерська програма – технічний сервіс машин та обладнання

сільськогосподарського виробництва

Програма підготовки - освітньо-професійна

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доц.

Ружило З.В.

Виконав:

Добриян С.О.

Київ-2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки
К.Т.Н. доц.

Новицький А.В.

“27” жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Добрияну Сергію Олеговичу

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Освітня програма технічний сервіс машин та обладнання
сільськогосподарського виробництва

Тема роботи: «Дослідження технічного стану та розробка ТП відновлення
роторів вакуумних насосів», затверджена наказом по вузу від 28.03.2023 р. №
463 «с»

Термін подачі завершеної роботи на кафедру: 10.11.23

1. Вихідні матеріали до виконання роботи:

- 1.1. Технологічний процес ремонту роторів вакуумних насосів.
- 1.2. Завдання на проектування.
- 1.3. Результати науково-дослідних робіт по вивченню дефектів роторів за літературними джерелами.

2. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що розробляються)

ВСТУП

1. **Вихідні дані для проектування** (в т.ч. функціональне призначення, конструкція, технологія виготовлення та ремонту пошкоджених роторів вакуумних насосів).

2. **Дослідження пошкоджень роторів** (в т.ч. дослідження зносів та пошкоджень роторів)

3. **Розробка ТП ремонту роторів** (в т.ч. режим роботи дільниці, трудомісткість робіт по відновленню роторів, розрахунок показників дільниці).

4. **Охорона праці**

5. **Економічна ефективність проекту.**

ВИСНОВКИ
ЛІТЕРАТУРА

3. **Перелік ілюстративного матеріалу**

Презентаційний матеріал

Дата видачі завдання “ _____ ” 20__ р.

Керівник магістерської роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України	4
Реферат	4
Зміст	5
Вступ.....	8
1. Конструктивно-технологічна характеристика ротора вакуумного насоса.....	9
1.1. Функціональне призначення, конструкція, технологія виготовлення та технічні вимоги до робочих поверхонь ротора	9
1.2 Конструктивно-технологічні характеристики робочих поверхонь ротора.....	12
1.3. Аналіз умов експлуатації та види пошкоджень робочих поверхонь деталей, які надходять у ремонт.....	15
1.4. Аналіз існуючої технології та організації ремонту пошкодженої деталі.....	16
1.5. Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу роторів.....	18
1.6. Задачі дипломного проектування.....	18
2. Дослідження пошкоджень деталей, які надходять у ремонт.....	20
2.1. Стан питання та задачі досліджень.....	20
2.2 Методика досліджень.....	21
2.3. Результати досліджень.....	22
2.3.1 Дослідження залежності продуктивності вакуумного насоса від зміни робочої довжини ротора.....	22
2.3.2. Дослідження пошкоджень роторів, які надходять у ремонт.....	26
2.3.3. Визначення фізичної суті пошкоджень робочих поверхонь роторів.....	28
2.3.4 Визначення статистичних параметрів зносу торців роторів, що надходять у ремонт.....	29

2.3.5. Обґрунтування граничних та допустимих зносів торцевих поверхонь ротора та посадочних місць його вала під підшипники	31
3. Проектування перспективного технологічного процесу ремонту ротора вакуумного насоса.....	33
3.1 Конструкторська ремонтна підготовка.....	33
3.1.1. Карти дефектації ротора.....	33
3.1.2. Таблиці монтажних спряжень.....	34
3.1.3. Ремонтне креслення ротора.....	34
3.2. Технологічна підготовка ремонтного виробництва.....	36
3.3. Організаційна підготовка ремонтного виробництва.....	41
3.3.1. Проектування дільниці для ремонту роторів.....	41
3.3.1.1. Загальна методика проектування спеціалізованої дільниці для ремонту роторів насоса УВБ.....	41
3.3.1.2. Річна програма та тип виробництва.....	42
3.3.1.3. Трудомісткість ремонтних операцій.....	42
3.3.1.4. Організаційний режим роботи дільниці.....	43
3.3.1.5. Розрахунок потрібної кількості працюючих.....	43
3.3.1.6. Розрахунок потрібної кількості обладнання.....	45
3.3.1.7. Розрахунок площі дільниці.....	47
3.3.1.8. Технологічне планування дільниці.....	49
4. Охорона праці на дільниці відновлення роторів вакуумних насосів.....	50
4.1 Аналіз стану охорони праці в спеціалізованому цеху по ремонту вакуумних насосів.....	50
4.2 Розрахунки параметрів повітряобміну та освітлення.....	52
4.2.1 Розрахунок повітряобміну на дільниці, відновлення роторів.....	52
4.2.2 Розрахунок освітлення.....	55
4.3 Безпека праці при роботі на металообробних верстатах.....	56
4.4 Ситуаційний аналіз небезпек.....	56
5. Техніко-економічна частина проекту.....	60
5.1 Річна програма.....	60

5.2	Повна собівартість продукції.....	60
5.3	Основні фонди.....	62
5.4	Загальна площа ділянки.....	63
5.5	Кількість працюючих.....	63

5.6	Прибуток підприємства.....	63
5.7	Рентабельність.....	63
5.8	Коефіцієнт фондівдачі.....	63
5.9	Продуктивність праці у розрахунку на одного працюючого.....	64

5.10	Випуск продукції на ім ² площі.....	64
5.11	Річний економічний ефект.....	64
5.12	Строк окупності капіталовкладень.....	64
	Висновки.....	66

	Перелік листів ілюстративної частини.....	67
	Використана література.....	68
	Додаток.....	71

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

ВСТУП

Вакуумні насоси типу УВБ 02.000 знайшли широке застосування в сільськогосподарському виробництві як джерело вакууму для доїльних установок.

Разом з тим насоси широко застосовуються в будівництві, переробній, хімічній промисловості, лісовому господарстві.

Існуючі методи ремонту вакуумних насосів, і зокрема роторів, на сьогоднішній день не відповідають сучасним вимогам по технологічності процесу.

Так, наприклад, при існуючих методах ремонту роторів насосів не забезпечується потрібне балансування деталей. Вибракування роторів приводить до значних витрат металу.

Враховуючи, що наша Україна має добре розвинутий сільськогосподарський напрямок, проблема забезпечення надійності та роботоздатності насосів набуває державного значення.

Дану магістерську роботу присвячено вдосконаленню технологічного процесу ремонту роторів вакуумних насосів. Метою його є підвищення надійності насосів шляхом розробки організаційно-технологічних заходів покращення ремонту роторів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1. Конструктивно-технологічна характеристика ротора

УВБ 02.000 вакуумного насоса

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

Основною робочою деталлю вакуумного насоса являється ротор, який в значній мірі лімітує його ресурс.

Ротор призначений для передачі крутного моменту від вала двигуна до лопаток насоса, а також для створення замкнутого об'єму при взаємодії лопаток з корпусом. Даний об'єм перетинається лопатками, внаслідок чого у циліндрі насоса створюється перепад тиску.

Конструктивна характеристика ротора наводиться в табл. 1.1.. Ротор являє собою циліндр діаметром 123 мм, з'єднаний з валом. На його циліндричній поверхні виготовлені 4 пази (під лопатки).

Вал ротора виготовляється з сталі Ст 45, а циліндр - з чавуну СЧ 20. Маса деталі становить 17.6 кг, а вартість 25 грн.

Ротор виготовляється в наступній послідовності:

Спочатку виготовляють вал, на якому фрезерують 4 шпонкових пази. Вал в спеціальній формі заливається чавуном. В подальшому ротор обробляється як єдина заготовка. На валу виготовляють 2 центрових отвори, використовуючи які обробляють ротор в цілому.

Таблиця 1.1.

Конструктивно-технологічна характеристика ротора вакуумного насоса.

№ п/п	Показник	Деталь			
		Відновлювана	Спряжена з відновлюваною		
1	Назва деталі та її призначення	Ротор вак. насоса УВБ01.010 355/123/123	Підшипник 306	Корпус вак. насоса УВА12.101	Кришка вак. насоса УВБ02.102
2	Габаритні розміри, мм	1	72/72/19	215/225/225	190/240/44
3	Кількість деталей у машині	1	2	2	2
4	Маса деталі, кг	17,6	0,34	16,2	4,6
5	Коефіцієнт відновлюваності деталі	0,66-0,81		0,40-0,81	0,4-1,00
6	Матеріал деталі	Вал-Сталь45 Ротор - СЧ20		СЧ20	СЧ20

Далі на токарних верстатах точать поверхні під шків та посадочні місця під підшипники.

Обробляють торці та циліндричну поверхню ротора.

На фрезерних верстатах за допомогою ділильної головки фрезерують 4 пази під лопатки та шпонкові пази на кінцях вала.

Після цього поверхню під шків, посадочні місця під підшипники та торці ротора шліфують.

Конструктивно-технологічні характеристики робочих поверхень ротора та спряжених з ним деталей приведені в таблицях нижче.

Найбільш відповідальною робочою поверхнею ротора є з'єднання вал-внутрішнє кільце підшипника. Вал з підшипником з'єднується з натягом 0,02...0,03мм, при цьому поверхні обробляються по 8 квалітету точності, а шорсткість посадочної поверхні під підшипник становить 1,25. В процесі експлуатації контактуючі поверхні вала і підшипника піддаються зносу. Характер зносу – нерівномірний. Твердість робочої поверхні повинна становити HB 207...241.

Важливим при роботі насоса є з'єднання ротор – кришка. При монтажі в даному з'єднанні допустимий зазор 0,1...0,21мм. Поверхні обробляються по 8 квалітету точності, з шорсткістю 1,25. При контактуванні ротора з кришками в процесі роботи його торцеві поверхні зношуються. Характер зносу – нерівномірний. Твердість робочої поверхні ротора повинна становити HB170..241.

Розглянемо також з'єднання ротор – робоча поверхня циліндра. При монтажі між ротором та циліндром витримується зазор 0,04...0,08мм. Поверхня ротора обробляється по 10 квалітету точності, з шорсткістю 2,5. Характер зносу – нерівномірний. Твердість робочої поверхні ротора HB170...241.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

1.2. Конструктивно-технологічні характеристики робочих поверхонь ротора.

Конструктивно-технологічні характеристики робочих поверхонь корпусу та деталей що контактують з ними наведено в таблицях 1.2. - 1.4.

Таблиця 1.2.

Характеристика посадочних поверхонь ротора під підшипник та обійми підшипника.

№	Показник	Деталь	
		Відновлювана	Спряжена
1	Назва деталі та її позначення.	Ротор вак. насоса УВБ01.010	Підшипник 306
2	Найменування типових з'єднань	вал-внутрішнє кільце підшипника	
3	Вид посадки	з натягом (0,002-0,03 мм)	
4	Номинальні розміри, мм	Ø30 (-0,015/+0,002)	Ø 30 (-0,015)
5	Поле допуску, мм	0,013	0,015
6	Квалітет точності номінального розміру	H8	H8
7	Твердість поверхні	HВ207-241	HВ207-241
8	Шорсткість поверхні	1,25	1,25
9	Точність взаємного розміщення робочих у базових поверхонь	биття 0,02	
10	Ведучий процес зношення поверхні	фретинг-корозія	
11	Характер зносу поверхонь	нерівномірний	
12	Допустимий при ремонті розмір	29,95	

Таблиця 1.3.

Характеристика поверхонь ротора та корпусу в місці їх спряження

№	Показник	Деталь	
		Відновлювана	Спряжена
1	Назва деталі та її позначення.	Ротор вак. насоса УВБ01.010	Корпус вак. насоса УВА12.101
2	Найменування типових з'єднань	вал - робоча поверхня циліндра	
3	Вид посадки	з зазором	
4	Номинальні розміри, мм	$\varnothing 125 (-0,025)$	$\varnothing 146 (+0,1)$
5	Поле допуску, мм	0,025	0,1
6	Квалітет точності номінального розміру	H10	H6
7	Твердість поверхні	HВ 170-241	HВ 170-241
8	Шорсткість поверхні	2,5	0,63
9	Точність взаємного розміщення робочих у базових поверхонь	биття 0,02	-
10	Ведучий процес зношення поверхні	корозійно-механічний (окислювальний)	
11	Характер зносу поверхонь	нерівномірний	
12	Допустимий при ремонті розмір	122,5	-

Таблиця 1.4.

Характеристика поверхонь ротора та кришки в місці їх спряження.

№	Показник	Деталь	
		Відновлювана	Спряжена
1	Назва деталі та її позначення.	Ротор вак. насоса УВБ01.010	Кришка вак. насоса УВБ02.102
2	Найменування типових з'єднань	Ротор-кришка	
3	Вид посадки	з зазором	
4	Номинальні розміри, мм	$\varnothing 215(-0,10/-0,16)$	$\varnothing 215(+0,046)$
5	Поле допуску, мм	0,06	0,046
6	Квалітет точності номінального розміру	H8	H8
7	Твердість поверхні	HB 170-241	HB 170-241
8	Шорсткість поверхні	1,25	1,25
9	Точність взаємного розміщення робочих у базових поверхонь	биття 0,04	биття 0,05
10	Ведучий процес зношення поверхні	корозійно-механічний (окислювальний)	
11	Характер зносу поверхонь	нерівномірний	
12	Допустимий при ремонті розмір	214,82	

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

На молочних фермах, де використовуються вакуумні насоси даного типу, час їх роботи співпадає з часом доїння корів і становить при 3-разовому доїнні 4...6 год.

Умови роботи насоса характеризуються великим сезонним перепадом температур, оскільки вони встановлюються в неопалюваних приміщеннях або під навісом.

За технічними вимогами температура насоса при роботі не повинна перевищувати температуру оточуючого середовища більш, ніж на 65° .

Зимом у неопалюваному машинному відділенні температура повітря не повинна опускатись нижче -20°C , оскільки в насосі застигає масло і його пуск затрудняється, або стає неможливим без попереднього підігріву.

Насос експлуатується в приміщеннях з агресивним середовищем.

В насосі використана фітільна система мащення, яка забезпечує стабільність і надійність його роботи. Робочі поверхні деталей насосів працюють при постійній циркуляції масла, достатньому мащенні і охолодженні. Подача масла з масляного балона через отвір в боковій кришці насоса здійснюється за рахунок різниці атмосферного тиску в балоні і розрідження. Періодичне мащення зменшує знос поверхонь тертя та затрати енергії на переборювання сил тертя в пазах ротора і в зоні контакту лопаток з дзеркалом циліндра.

Надійність роботи вакуумного насоса в значній мірі визначається ресурсом його ротора.

Поверхні ротора піддаються зношуванню TU . В роторі зношуються пази під лопатки, торцеві поверхні, посадочні місця під підшипники кочення і шпонкові пази валів.

Знос пазів ротора обумовлений тертям лопаток; посадочних місць під підшипники динамічними навантаженнями і дисбалансом роторів. Шпонкові пази зношуються внаслідок значних навантажень при пуску насоса. При

експлуатації спостерігаються випадки згину валів, що викликається граничним зносом підшипників. Знос торцевих поверхонь в основному зумовлений зносом радіальних підшипників. Внаслідок цього торці ротора починають контактувати з привалочною площиною кришок, що супроводжується їх одночасним зносом.

Аналогічно зношується і циліндрична поверхня ротора.

В процесі роботи під час старіння масла на циліндричній поверхні ротора відкладаються асфальтосмолисті відкладення.

1.4. Аналіз існуючої технології та організації ремонту пошкодженої деталі.

При капітальному ремонті (вакуумних насосів 100% їх роторів піддаються відновленню. Після розбирання всі ротори укладають в контейнери і піддають очищенню.

Миття насосів здійснюється в машині ММ-4610 [2]. В якості миючого розчину використовується розчин СМС (МС-18). Концентрація СМС 15-20г/л; робоча температура розчину 80-90°C.

Після миття ротори поступають на ділянку дефектації. Дефектація роторів ведеться шляхом їх огляду і мікрометража.

Далі ротори, які потребують відновлення, направляють у зварювально-наплавлювальну дільницю.

Зношені посадочні поверхні валів під підшипники відновлюються за допомогою апаратів змінного струму. В якості електродів використовують ВСЦ-2-342-3,0 ГОСТ9467-75. В багатьох випадках такі електроди в ВАТ відсутні, тому наплавка виконується наявними електродами. При умові наплавлення валів вручну не забезпечується суцільний якісний шов. В наплавленому металі виникають шлакові раковини та тріщини.

Наплавлені посадочні поверхні і пшонкові канавки обробляють під номінальний розмір.

Зношені торцеві поверхні відновлюються їх шліфуванням під ремонтний

розмір.

Після відновлення ротори підлягають контролю. Контролюється прогин вала ротора в центрах на індикаторному пристосуванні. Довжина та діаметр роторів, посадочні місця під підшипники контролюються мікрометрами.

Ротори вакуумних насосів обертаються при частоті 1450 /хв. Досвід їх експлуатації свідчать, що ротор, який має масу 17кг необхідно піддавати динамічному балансуванню. Динамічне балансування на ремонтному підприємстві після ремонту не здійснюється.

Прийнята технологія ремонту роторів має суттєві недоліки:

- при торцюванні бокових поверхонь ротора зменшується довжина циліндра. Внаслідок цього виникає необхідність відповідної підгонки довжини корпусу насоса до ремонтного розміру ротора. Це потребує трудомістких ремонтних робіт: випресування штифтів корпусу та шліфування його торцевих поверхонь. При цьому внаслідок зменшення загальної довжини циліндра насоса, його продуктивність падає;

- при шліфуванні торців ротора при незмінній довжині його вала змінюється розміщення посадочних місць під підшипники, що викликає порушення встановлених при виготовленні розмірних

ланцюгів;
- існуюча технологія не передбачає зміщення посадочних місць вала під підшипники;

- в процесі ремонту ротор не піддається динамічному балансуванню, що сприяє підвищенню зносу усіх робочих поверхонь насоса.

1.5. **Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу роторів.**

На основі аналізу технології виготовлення та ремонту 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. Посадочні місця під підшипники потрібно піддавати поверхневому зміцненню (гартуванню або пластичному деформуванню).

3. Ротор після ремонту необхідно піддавати динамічному балансуванню

1.6. Задачі магістерської роботи.

На основі критичного аналізу технології і організації ремонту вакуумних насосів і вивчення новітніх досліджень сформульовані задачі магістерської роботи.

Задачами магістерської роботи передбачається:

1. Виконати комплекс досліджень присвячених:
 - розкриттю фізичної суті пошкоджень ротора;
 - впливу зміни робочої довжини ротора на продуктивність вакуумного насоса;
 - визначенню статистичних параметрів зносу торців роторів, які надходять у ремонт.
2. Розробити прогресивний технологічний процес відновлення роторів.
3. Спроекувати робочу дільницю для ремонту роторів вакуумних насосів.
4. Розробити заходи, які б забезпечували безпечну роботу робітників ремонтного підприємства при ремонті роторів.
5. Обґрунтувати економічну доцільність ремонту роторів

НУБІП України

НУБІП України

2. Дослідження пошкоджень деталей, які надходять у ремонт

НУБІП України

2.1. Стан питання та задачі досліджень.

Аналіз літератури, присвяченої дослідженню пошкоджень роторів насосів УВБ та РВН, які надходять у ремонт, показує, що значна кількість даних про них знаходиться в технічній документації [1]. Розроблені ремонтні креслення основних деталей насосів (у тому числі і роторів). В ремонтних кресленнях наводяться такі пошкодження роторів: знос торцевих поверхонь більше допустимого розміру, риски, задири на них; риски, задири на циліндричній поверхні ротора, прогин вала ротора; знос посадочної поверхні вала ротора під шків, знос посадочної поверхні вала під підшипники; знос шпоночної канавки. При цьому фізична суть даних пошкоджень не розглядається.

Дані про пошкодження роторів наводяться також в технологічному процесі ремонту насосів УВБ [2]. В ТУ на ремонт роторів наводяться припустимі при ремонті розміри їх торцевих поверхонь, а також посадочних місць під підшипники.

На жаль результати по їх обґрунтуванню не наводяться.

В періодичній літературі відсутні також статистичні дані про знос торцевих поверхонь, а також посадочних місць вала ротора під підшипники.

Згідно прийнятої технології довжина роторів при ремонті зменшується в межах 215...213мм. Дані про вплив довжини ротора на продуктивність насоса також не наводяться.

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

- встановленню залежності зміни продуктивності насоса від довжини ротора;
- дослідженню пошкоджень роторів, які надходять у ремонт;
- вивченню фізичної суті пошкоджень робочих поверхонь ротора;
- визначенню статистичних параметрів зносу торців роторів;
- обґрунтуванню граничних та припустимих зносів торцевих поверхонь ротора та посадочних місць його вала під підшипники.

2.2 Методика досліджень.

Вплив зміни довжини ротора на продуктивність насоса досліджується за допомогою теоретичної залежності:

$$Q = 3528eDL \omega_{\text{н.п.м}} \quad (2.1.)$$

Дослідження ведуться згідно принципу єдиної логічної різності (всі параметри постійні крім довжини ротора). Довжина ротора змінюється в межах від 215 до 213 мм з кроком 0,5 мм, що відповідає 4-м ремонтним розмірам.

Дослідження пошкоджень роторів насосів, які надходять у ремонт ведуться згідно методики кафедри РМ [4]. При цьому визначається коефіцієнт повторюваності дефектів деталей, які надійшли у ремонт, та додатних до ремонту.

Фізична суть пошкоджень робочих поверхонь роторів пояснюється згідно ГОСТ23002-78 та методичних вказівок кафедри РМ [8].

При визначенні статистичних параметрів зносу торців роторів, що надходять у ремонт, застосовується методика, розроблена кафедрою РМ [5]. Як вихідні дані використовуються результати обстеження 25 роторів, ремонтваних в умовах Гайсинського ВАТ «Сільгосптехніка».

Граничні та припустимі зноси обґрунтовувались по методиці ДержНДТІ [14] та кафедри РМ [4]. В даному дослідженні визначаються зноси поверхонь вала

ротора під підшипники та торцевих поверхонь роторів.

2.3. Результати досліджень.

2.3.1 Дослідження залежності продуктивності вакуумного насоса від зміни робочої довжини ротора.

Транспортну 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 техніки. Це здійснюється, виходячи з умов рівності повітряних потоків системи O_c і насоса O_n . P_c являється заданою величиною і за умовами роботи не змінюється (const). Виходячи з цього нормальна робота установки можлива тільки у випадку, коли $O_c = O_n$.

Випадок, коли $O_c < O_n$ не виводить систему з рівноваги, оскільки присутність вакуум-регулятора не дає впасти тиску нижче заданого рівня. Отже можна записати умову нормальної роботи вакуумної системи установки:

$$O_n = O_c \quad (2.2.)$$

Величина O_c не являється сталою і може залежати від багатьох факторів: кількості пультаторів, їх типу, типу колекторів, витікання повітря через нещільності трубопровода, невмілого користування апаратурою зі сторони доярок, спадання стаканів, нещільного закриття кранів. Також слід враховувати, що вакуум тим менший, чим далі від насоса розміщений дольний апарат.

Всі ці умови ставлять додаткові вимоги до продуктивності насосів. Тому важливо, щоб продуктивність насосів, які виходять з ремонту не була меншою, ніж нових.

Існує багато методик визначення продуктивності насоса.

Геометрична продуктивність:

$$V_{\Gamma} = 10mnL [12(\pi D - \delta z) d^3 / z^2 (D + 4m)], [6] \quad (2.3.)$$

де, n - частота обертання ротора насоса;

m - ексцентриситет ротора;

L - довжина робочої частини ротора;

δz - товщина і кількість пластин відповідно.

Формула Старка:

$$V_{\Gamma} = 120mnL(\pi D - \delta z), [6] \quad (2.4.)$$

Формула Щерстюка:

$$V_{\Gamma} = 120\lambda_{\Gamma} m L u \quad [6] \quad (2.5.)$$

де λ_{Γ} - теоретичний коефіцієнт подачі

$$\lambda_{\Gamma} = 1 - \delta z / \pi D \quad (2.6.)$$

u - середня кутова швидкість пластини

$$u = \pi D n / 60 \quad (2.7.)$$

Найчастіше продуктивність насоса визначають згідно залежності:

$$Q = 0,98eDL\omega\phi_n\eta_m, [6] \quad (2.8.)$$

де e - ексцентриситет;

ω - кутова швидкість;

ϕ_n - ступінь наповнення всасуючої камери;

η_m - манометричний коефіцієнт.

У всіх вищеперерахованих залежностях продуктивність прямопропорційна довжині ротора.

В процесі експлуатації ротори вакуумних насосів піддаються зносу по торцям

і зовнішнім поверхням. Згідно прийнятій технології ремонту ротори відновлюють шляхом шліфування їх торцевих поверхонь під ремонтний розмір, а зовнішньої поверхні - до виведення слідів зносу. В результаті цього довжина роторів в насосах УВБ 02.000 змінюється від 215 мм до 213 мм, а їх діаметр - від 123 мм до 122,5мм.

У відповідності з довжиною ротора узгоджуються розміри спряженого з ним циліндра. Для цього торцеві поверхні корпусу піддають шліфуванню. Внаслідок цього довжина циліндра зменшується, що негативно впливає на продуктивність насоса. При ремонті корпусу з'являються трудомісткі операції, пов'язані з випресуванням та запресуванням установчих штифтів.

Дані про вплив довжини ротора на продуктивність вакуумного насоса наводяться в табл 2.1.

З приведених даних видно, що із зменшенням довжини ротора з 215 мм до 213 мм продуктивність насоса падає з 60.3 м³/год до 59.7 м³/год.

Слід відзначити, що негативний вплив зменшення довжини ротора при цьому компенсується збільшенням розміру циліндра корпусу (при обробці його під збільшений ремонтний розмір) та збільшенням ексцентриситету ротора відносно циліндра насоса.

На основі проведених теоретичних досліджень можна зробити наступні

ВИСНОВКИ:

1. в ДПІ потрібно розробити перспективний технологічний процес відновлення довжини ротора до номінальних розмірів.
2. такий технологічний процес дозволить не тільки збільшити продуктивність насоса, але й виключити операцію шліфування торців корпусу.

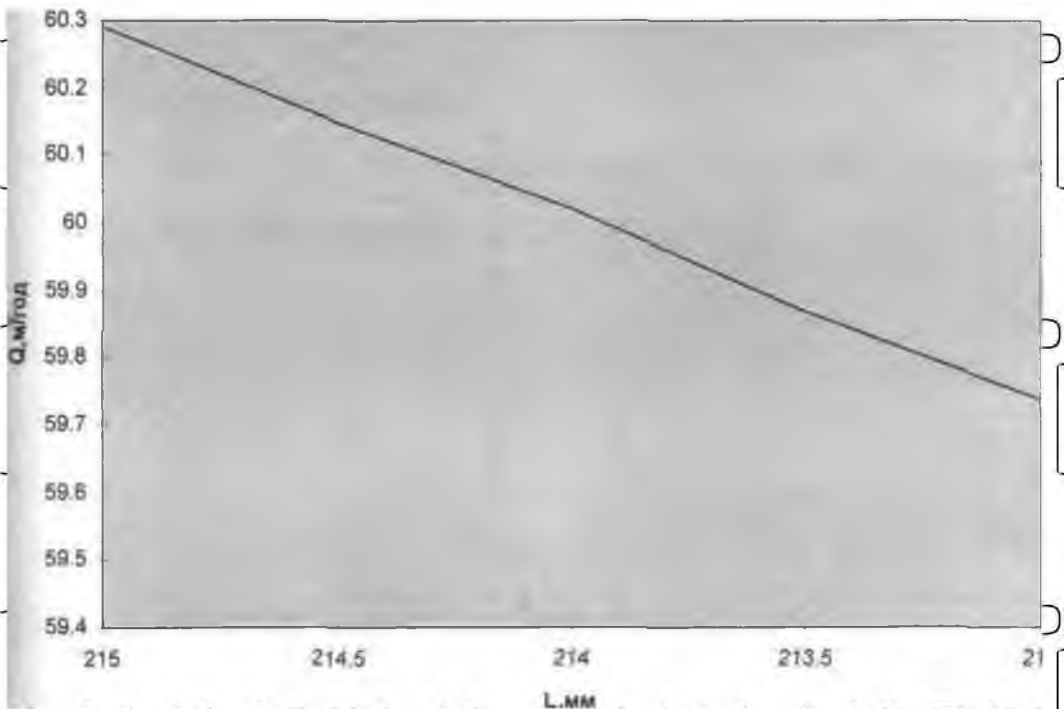
Таблиця 2.1

Залежність продуктивності насоса від довжини ротора.

Довжина ротора насоса
(L), мм

Продуктивність насоса
(Q), м³/год

НУБІП України



НУБІП України

2.3.2 Дослідження пошкоджень роторів, які надходять у ремонт.

Дані про пошкодження роторів, що надходять у ремонт наведені в табл. 2.2..

2.2..

Встановлено, що ротори, які надходять у ремонт мають 7 видів пошкоджень.

До пошкоджень роторів відносять:

- знос торцевих поверхонь більше допустимих розмірів;

НУБІП України

•знос торцевих поверхонь більше допустимих розмірів, риси, задири на торцевих поверхнях;

№ деф	Види пошкоджень	Кількість знайдених дефектів		Коефіцієнт повторності дефекту	
		потрапивших на дефектовку	годних до ремонту	потрапивших на дефектовку	годних до ремонту
1	Знос торцевих поверхонь більше допустимого розміру	25	24	1,0	0,95
2	Знос посадочної поверхні вала ротора під підшипники	15	14	0,6	0,56
3	Риси, задири на циліндричній поверхні ротора	14	12	0,56	0,48
4	Знос шпоночної канавки	8	6	0,29	0,24
5	Знос посадочної поверхні вала ротора під шків	7	6	0,28	0,24
6	Прогин вала ротора	6	3	0,24	0,12
7	Знос торцевих поверхонь більше допустимого розміру, риси, задири на торцевій поверхні	5	4	0,20	0,16

•знос посадочної поверхні вала ротора від підшипників;

•риски, задири на циліндричній поверхні ротора;

•знос шпоночної канавки;

•знос посадочної поверхні вала ротора під шків;

•прогин вала ротора.

Коефіцієнти їх повторюваності відповідно становлять 1,0; 0,2; 0,6; 0,56; 0,29; 0,28 та 0,24.

Таблиця 2.2.

Пошкодження роторів, які надходять у ремонт

2.3.3. Вивчення фізичної суті пошкоджень робочих поверхонь ротора.

При роботі вакуумного насоса робочі поверхні ротора та його вала піддаються зношенню. Табл. 2.13

Основним видом зношування, який лімітує ресурс ротора є знос його торцевих поверхонь. При збиранні насоса між ротором та кришками зазор згідно креслень може становити 0,1- 0,21 мм. По мірі зносу шарикопідшипників ротор починає контактувати з поверхнями кришок внаслідок осьових переміщень. Це призводить до корозійно-механічного (окислювального) зносу.

Також можливе попадання в насос абразивних частинок з вакуумної магістралі. При взаємодії з маслом абразив зумовлює гідроабразивне зношування поверхонь. Це призводить до виникнення на торцевих поверхнях ротора задирів та рисок. Аналогічний механізм утворення пошкоджень має місце і на циліндричній поверхні ротора.

Початковий зазор між ротором насоса та циліндричною поверхнею корпусу 0,04мм внаслідок зносу підшипників вибирається. Тому ротор починає контактувати з поверхнею циліндра і піддається інтенсивному зносу.

Довговічність ротора визначається ресурсом посадочних поверхонь вала під підшипники. При збиранні насоса підшипник встановлюється на вал з натягом 0,002 - 0,03мм. В даному випадку шийка вала піддається фретинг-корозії. Зношування при фретинг-корозії обумовлене утворенням оксидних плівок, які відокремлюються від поверхонь контактуючих деталей. Ці плівки діють як абразиви, які внаслідок малих відносних переміщень деталей затримуються в межах контакту.

В меншому ступені зношуються пази ротора під лопатки, шпонкові пази та поверхні під шків. Тому в даному дослідженні вони не розглядаються.

Вид пошкодження	Вид зношування	Причина зношування	Механізм зношування	Характер прояву
1. Знос торцевих поверхонь ротора	корозійно-механічний (окислювальний)	взаємодія поверхонь ротора та кришок внаслідок	утворення та руйнування окисних плівок на поверхнях	зменшення довжини ротора; порушення площинності

		знос підшипників	тертя	торцевих поверхонь
2. Знос циліндричної поверхні ротора	корозійно-механічний (окислювальний)	взаємодія поверхонь ротора та корпусу внаслідок зносу підшипників	утворення та руйнування окисних плівок на поверхнях тертя	зменшення діаметра циліндричної поверхні ротора
3. Знос посадочних місць під підшипники	фретинг-корозія	мікропереміщення внутрішньої обойми підшипника відносно шийки вала	утворення та руйнування окисних плівок в зоні контакту	зменшення діаметра шийки вала

Таблиця 2.3.

Дослідження пошкоджень робочих поверхонь ротора

2.3.4 Визначення статистик зносу торців роторів, що надходять у ремонт.

Результати досліджень наводяться в таблиці 2.4. та на листі №2.

Встановлено, що в ремонт надходять ротори з величиною зносів торців від 0,05 до 1,05 мм. При цьому середнє значення зносу становить $t = 0,382$ мм, а середнє квадратичне відхилення $\delta = 0,244$ мм.

Коефіцієнт варіації становить $V = 0,64$. Це дає підставу стверджувати, що знос торців ротора відповідає закону розподілу Вейбула (ЗРВ)

Таблиця 2.4.

Статистики зносу торців роторів, що надходять у ремонт

КАУ						Карта мікрометража	
Кафедра ремонту машин						Ротор вакуумного насоса	
						Інструмент	ГОСТ
						Мікрометр МК-200-250	6507-78
						Розмір по кресленню	215 ^{-0,10} _{-0,16}
						Величина найбільшого зносу, мм	Примітки
А-А			В-В				
I-I	II-II	III-III	I-I	II-II	III-III		
214,59	214,63	214,75	214,56	214,63	214,75	0,31	Величина зносу визначається як різниця між фактичними розмірами і розміром по кресленню
214,76	214,80	214,85	214,75	214,81	214,85	0,15	
214,65	214,75	214,80	214,65	214,74	214,80	0,26	
214,80	214,85	214,87	214,80	214,85	214,87	0,05	
213,91	213,96	213,96	213,91	213,96	213,95	0,99	
214,80	214,80	214,80	214,80	214,80	214,81	0,1	
214,28	214,28	214,29	214,28	214,29	214,29	0,62	
213,89	213,91	213,92	213,90	213,91	213,92	1,05	
214,72	214,74	214,78	214,72	214,74	214,78	0,18	
214,46	214,47	214,47	214,46	214,48	214,48	0,44	
214,43	214,45	214,47	214,43	214,45	214,47	0,47	
214,70	214,70	214,75	214,70	214,72	214,75	0,20	
214,06	214,13	214,25	214,06	214,13	214,26	0,84	
214,64	214,67	214,68	214,65	214,67	214,69	0,26	
214,67	214,77	214,84	214,67	214,77	214,84	0,23	
214,79	214,81	214,84	214,79	214,81	214,84	0,11	
214,51	214,52	214,57	214,51	214,53	214,58	0,39	
214,56	214,56	214,63	214,56	214,56	214,63	0,34	
214,72	214,73	214,77	214,71	214,73	214,76	0,19	
214,64	214,74	214,79	214,64	214,73	214,79	0,267	
214,28	214,28	214,29	214,28	214,29	214,29	0,62	
214,45	214,46	214,46	214,45	214,47	214,47	0,45	
214,16	214,23	214,35	214,16	214,23	214,36	0,74	
214,52	214,53	214,58	214,52	214,54	214,59	0,38	
214,66	214,76	214,80	214,66	214,76	214,81	0,24	

2.3.5. Обґрунтування граничних та припустимих зносів торцевих поверхонь ротора та посадочних місць його вала під підшипники.

Результати досліджень по обґрунтуванню граничних та припустимих зносів торцевих поверхонь ротора та спряжених з ним деталей наводяться у табл. 2.5.

Встановлено, що допустимий знос деталей у з'єднанні кришка-ротор становить 0,285мм, а граничний - 0,545мм. Визначені граничні та припустимі зноси кришок ($L=215,046\text{мм}$). Розрахунки показують, що величина припустимого зносу кришок повинна становити не більше 0,143мм, а гранична- 0,273мм. Відповідно торців ротора 0,143 та 0,273мм.

Розраховані розміри кришок та ротора повинні становити: допустимі 215,14 та 214,70мм, а граничні - 214,57 та 214,27мм відповідно.

Величина допустимого зазору в спряженні - 0,45мм, а граничного - 0,71мм.

При цьому допустимий знос деталей у з'єднанні вал ротора - внутрішня обойма підшипника становить 0,048мм, а граничний - 0,0854мм. Розрахунки показують, що величина припустимого зносу вала ротора повинна становити не більше 0,0336мм, а гранична - 0,0598мм. Відповідно підшипника 0,0144 та 0,0256мм.

Розраховані розміри вала та обойми: допустимі 29,98 та 30,00мм, а граничні - 29,96 та 30,01мм відповідно.

Величина допустимого зазору в спряженні - 0,02мм, а граничного - 0,06мм.

Монтажні зазори визначені в процесі досліджень вперше, тому їх доцільно використати в технічній документації на дефектування деталей насоса.

Таблиця 2.5.

Результати обґрунтування граничних та припустимих зносів поверхонь роторів

Назва	Номінальний	Посадка за	Допуск	Припуст та	Коеф. Розподі	Допустимі при ремонті
-------	-------------	------------	--------	------------	---------------	-----------------------

деталей	розмір	кресленням	розміру	посадки	граничні зноси	лу зносів	знос, мм	Розмір, мм	Напряг зазор, мм
Кришка (монтажний розмір між Ротор	+0,046 215 -0,10	0,1	0,046	0,106	0,285	0,143	0,143	215,14	0,443
	0,273						215,27		
Внутрішня обойма Підшипн	215 -0,16	0,21	0,06	0,015	0,3	0,014	0,545	1	0,706
	30 -0,015 +0,015	-0,03					0,048	0,026	30,01
Вал ротора	30 -0,002	-0,002	0,028	0,085	0,034	0,060	29,98	29,96	0,06
			0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3. Проектування перспективного технологічного процесу ремонту ротора вакуумного насоса.

НУБІП України

3.1 Конструкторська ремонтна підготовка.

3.1.1 Карти дефектації ротора.

НУБІП України

Існуючі карти дефектації ротора наводяться в таблиці 3.1.

Згідно наведеним даним допустимий розмір ротора (відстань між торцевими поверхнями) за кресленням повинен становити $215(-0,1 / -0,16)$ мм. При ремонті допустимий розмір ротора повинен становити не менше $214,82$ мм. Як показали проведені нами дослідження, допустимий розмір ротора при ремонті може бути не менше $214,70$ мм.

Знос торцевих поверхонь кришок (відстань між кришками) згідно креслень повинен становити $215,05$ мм. В картах дефектації допускається знос торцевих поверхонь кришки в межах $0,2$ мм. З врахуванням зносу обох кришок ця величина буде становити $0,4$ мм. Тоді відстань між кришками (з врахуванням їх зносу) повинна становити $215,45$ мм.

Проаналізуємо ці дані згідно таблиці монтажних спряжень (табл. 3.2) (Таблиці монтажних спряжень в існуючій документації не розроблялись).

На основі теоретичних досліджень обґрунтовані граничні та припустимі зазори і натяги у спряженні ротор-кришки та вал ротора-внутрішня обойма підшипника.

Встановлено, що допустимий зазор у спряженні ротор-кришки при ремонті повинен становити $0,45$ мм, а граничний - $0,71$ мм. Згідно кресленням зазор між ротором та кришками повинен знаходитись у межах $0,1 \dots 0,21$ мм.

Тобто при ремонті можна допускати до подальшої експлуатації деталі з зазором

НУБІП України

0,45мм. Відповідно, у з'єднанні вал-підшипник згідно креслення повинен забезпечуватись натяг в межах 0,03...0,002мм. При ремонті допустимий зазор в цьому з'єднанні повинен становити 0,02мм, а граничний - 0,06мм.

На основі проведених досліджень необхідно внести певні поправки в існуючі карти дефектації, а таблицю монтажних спряжень рекомендувати до впровадження.

3.1.2. Ремонтний креслення ротора.

На основі проведених досліджень уточнене ремонтний креслення ротора (лист №2).

Встановлено 7 видів пошкоджень та коефіцієнти їх повторюваності (таб 2.2.). Обґрунтовані технічні вимоги до роторів, які не приймаються у ремонт.

Згідно існуючому ремонтному кресленню в ремонт не приймаються ротори, які мають наступні дефекти: тріщини на циліндричній поверхні; зменшення діаметра циліндричної поверхні менше 122,5мм; відстані між торцевими поверхнями менша 213мм.

Нами рекомендується не приймати в ремонт ротори, які мають тріщини та зношені циліндричні поверхні менше 122,5мм.

Зношені торцеві поверхні ротора рекомендується відновлювати методом постановки додаткової (нової) частини-деталі з доведенням їх довжини до номінальних розмірів 215(-0,1/-0,16).

Рекомендується при ремонті ротора наступний технологічний маршрут: виправити центрові отвори; правити прогин вала (деф 3); наплавити шпонковий паз (деф 6); наплавити шийки вала під шків та під підшипники (деф 4,5); встановити при необхідності НЧД (деф 1); правити прогин вала (деф 3); калібрувати різьбу (деф 7); точити циліндричну поверхню вала, а також шийки вала під шків та підшипники (деф 4,5,6); фрезерувати шпонковий паз (деф 6) та пази ротора під лопатки; контролювати.

В ремонтному кресленні також наведені ТУ до відремонтованого ротора.

В якості технологічної бази приймаються заводські центрові отвори.

НУБІП України

Таблиця 3.1.

Карта дефектації ротора.

Найменування дефекту	Розміри	
	по кресленню	допустимі без ремонту
Знос торцевих поверхонь ротора	215 ^{-0,1} _{-0,16}	214,82 214,70*
Знос торцевих поверхонь кришок (відстань/стань між кришками з урахуванням зносу)	215,05	215,25 215,14*

* - зазор, визначений на основі теоретичних досліджень.

Таблиця 3.2.

Таблиця монтажних спряжень.

Спряжені деталі	Розмір за кресленням	Натяг (-), зазор (+)		
		по кресленню	допустимий	граничний
Ротор УВБО1.010	$215_{-0,16}^{-0,10}$	+0,1	+0,45*	+0,71*
Кришки (монтажний розмір між кришками) УВБО2 102	$215^{+0,046}$	+0,21		
Вал ротора УВБО1.010	$30^{+0,015}$	-0,03	+0,02*	+0,06*
Підшипник 306	$30_{-0,015}^{+0,002}$	-0,002		

* - зазор, визначений на основі теоретичних досліджень

3.2. Технологічна підготовка ремонтного виробництва.

У дипломному проекті розроблено технологічний процес ремонту ротора вакуумного насоса УВБО 1.000.

Технологічний процес розроблено згідно ГОСТІ 4.3 01 - 73.

В технологічний процес включено наступні документи:

1. Ремонтне креслення;
2. Маршрутна карта на ремонт ротора;
3. Операційна карта балансування ротора.

Технологічний процес розробляється в наступній послідовності.

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

I. При ремонті роторів, довжина робочої поверхні яких не досягла значення 213мм приймається наступний технологічний маршрут:

1. Мити.
2. Дефектувати.
3. Правити прогин вала.
4. Заплавити шпонковий паз.
5. Видалити напливи метала з шийок вала після наплавлення шпонкового паза.
6. Наплавити посадочні місця вала під шків та підшипники.
7. Точити поверхні вала під шків та під підшипники.
8. Шліфувати поверхні вала під шків та під підшипники, а також циліндричну поверхню ротора.
9. Фрезерувати шпонковий паз.
10. Правити центрові отвори.
11. Балансувати ротор.
12. Контролювати

При ремонті роторів, довжина робочої поверхні яких досягла значення 213мм приймається інший технологічний маршрут:

1. Мити.
2. Дефектувати.
3. Правити прогин вала.
4. Заплавити шпонковий паз.
5. Видалити напливи метала з шийок вала після наплавлення шпонкового паза.
6. Наплавити посадочні місця вала під шків та під підшипники.
7. Встановити нову частину деталі (НЧД).
8. Точити поверхні вала під шків та підшипники.
9. Шліфувати поверхні вала під шків та підшипники, а також циліндричну

поверхню ротора.

10. Фрезерувати шпонковий паз та пази ротора під лопатки.

11. Правити центрові отвори.

12. Балансувати ротор.

13. Контролювати

Вибір засобів технологічного оснащення.

Для мийки роторів використовується мийна машина ОМ - 4610. Миюче середовище - "Лабомід 101", "Лабомід ІОЗ" або МС - 18.

Дефектування виконуються оглядом з послідуочим мікрометражем. Заміри ведуться за допомогою штангенциркуля з ціною поділки 0,05мм.

Для виправлення прогину використовують прес гідравлічний ОКС-1671М, призму, штатив та індикатор.

Шпонковий паз заварюють за допомогою трансформатора ТС-500 на столі ОКС-1549А.

Напливи металу після заварювання знімають електричною шліфувальною машиною ІС-2007 в тисках 7827 - 0266, використовуючи круг шліфувальний ПП40x25x13.

Шийки вала наплавляють за допомогою верстата наплавлювального У653, апарата наплавлювального А-1406 та випрямляча ВАКТ1213-600.

Точать шийки на верстаті токарно-гвинторізнму 16К20 різцем 2103-0057 Т15К6 і 2112-0005 ВК6. Розмір контролюється штангенциркулем. Використовується центр 1-5-11.

Шліфування шийок вала та циліндричної поверхні ротора здійснюють на круглошліфувальному верстаті З Б 12, використовуючи круг шліфувальний ПП300x40x124; хомутик 7107-0065. Розмір контролюється мікрометром.

Шпонковий паз фрезерують фрезею 2234-0011 на універсально-фрезерному верстаті 6Р82 в патроні 6151-0002.

На токарно-гвинторізнму верстаті 16К20 виправляють центрові отвори. При цьому використовують свердло 23 С1-0020, зенківку 233-0004 та мітчик 2620-1428.

Далі ротор баланують на балансувальному верстаті БМ-У4, використовуючи комплект пристосувань, розроблених нижче, та електродрель.

Контроль геометричних параметрів здійснюється за допомогою мікрометра з ціною поділки 0,01мм.

Визначення режимів обробки та нормування процесів здійснюється згідно виконаних розрахунків (табл. 3.3).

Оформлення робочої документації здійснюється згідно методики Держ.НДІІ.

Маршрутна карта на ремонт ротора вакуумного насосу наводиться у пояснювальній записці та на слайді.

Маршрутний процес ремонту ротора включає в себе такі операції: мийна, контрольно-сортувальна, пресувальна, зварювальна, слюсарна, наплавлювальна, токарна, шліфувальна, фрезерувальна, токарна 2, балансувальна, контрольна.

Нижче вказана кваліфікація робітників та трудомісткість на кожну операцію:

Мийна - слюсар II розряду, загальна трудомісткість $T_n = 1,4$ хв.

Контрольно-сортувальна - дефектувальник IV розряду, $T_n = 1,32$ хв.

Пресувальна - слюсар IV розряду, $T_n = 2,6$ хв.

Зварювальна - зварювальник III розряду, $T_n = 11,4$ хв.

Слюсарна - слюсар III розряду, $T_n = 6,05$ хв.

Наплавлювальна - слюсар IV розряду, $T_n = 29,8$ хв.

Токарна - токар IV розряду, $T_n = 15,7$ хв.

Шліфувальна - слюсар IV розряду, $T_n = 22,08$ хв.

Фрезерна - фрезерувальник III розряду, $T_n = 20,8$ хв.

Токарна 2 - токар II розряду, $T_n = 2,09$ хв.

Балансувальна - балансувальник II розряду, $T_n = 7,03$ хв.

Контрольна - дефектувальник IV розряду, $T_n = 6,0$ хв.

Операційна карта

Розроблена операція балансування ротора після механічної обробки.

Балансування виконується на універсальній балансувальній машині БМ-У4 моделі КИ-4271. При цьому використовується пристосування, розроблене в дипломному проєкті в конструкторській частині.

Режим роботи:

Оберти - 750 ± 10 об/хв.

Допустимий дисбаланс ротора після балансування - $30 \text{ г/см} [26]$

Висвердлювання зайвої маси металу ведеться електричною дреллю, встановленою на стійці верстата, використовуючи свердло 2301-0020.

Операційний час на балансування становить 7,03 хв. В тому числі основний - 1,2хв, а допоміжний 5,83хв. Робота виконується балансувальником IV розряду.

3.3. Організаційна підготовка ремонтного виробництва.

3.3.1. Проектування дільниці для ремонту роторів.

3.3.1.1. Загальна методика проектування спеціалізованої дільниці для ремонту роторів насоса УВБ.

Розробка дільниці для ремонту роторів ведеться в наступній послідовності:

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

Виробнича програма ремонту насосів визначається по методиці професора Крамарова В.С. [17]. За оптимальну приймається така програма ремонту насосів, при якій ремонтно-технологічне обладнання завантажується на $\eta=0,7... 0,75$.

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

При обґрунтуванні основних положень по організації виробничого процесу ремонту роторів 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.

3.3.1.2. Річна програма та тип виробництва.

Згідно проведених досліджень оптимальна програма ремонту насосів становить 500 шт. на рік (12). Відповідно програма ремонту роторів буде становити також

500шт. на рік.

За такої річної програми тип виробництва можна рахувати дрібносерійним.

3.3.1.3. Трудомісткість ремонтних операцій.

Встановлено, що сумарна трудомісткість ремонту роторів у розрахунку на річну програму становить 1088 люд-годин (табл. 3.4.).

Таблиця 3.4.

Витрати часу на ремонт роторів.

Назва операції	Норми часу на операцію, год	Річна виробнича програма, шт	Обсяг робіт, людино - год
мийна	0,023		11,5
дефектувальна	0,087		43,5
пресувальна	0,043		21,5
зварювальна	0,19		95
слюсарна	0,1		50
наплавочна	0,5	500	250
токарна	0,26		130
шліфувальна	0,368		184
фрезерна	0,35		175
токарна2	0,035		17,5
Балансувальна	0,12		60
Контрольна	0,1		50
Разом			1088

3.3.1.4. Організаційний режим роботи дільниці.

Режим роботи і фонди часу дільниці по ремонту роторів наводяться в табл.3.5.

Таблиця 3.5.

Режим роботи і фонди часу.

Найменування	Умовне позначення	Значення
Кількість змін	N	1
Фонд робочого часу:		
Дільниці (номінальний), год	Фнд,	2070
обладнання (дійсний), год	Фдо	2030
робітників (номінальний), год	Фн	2070
робітників (дійсний), год	Фд	1840
Такт виробництва, год	τ	4,1

Як видно з наведених даних дільниця працює в 1 зміну. Фонди часу становлять: дільниці Фнд = 2070 год; обладнання Фдо = 2030 год.

Номінальний фонд часу робітників зайнятих на ремонті роторів становить Фн = 2070 год; дійсний Фд = 1840 год.

Такт виробництва розраховується по формулі:

$$\tau = \text{Фнд} / P = 2070 / 500 = 4,1 \text{ год} \quad [9]$$

де Фнд - номінальний фонд часу дільниці;

P - річна програма ремонту роторів.

3.3.1.5. Розрахунок потрібної кількості працюючих.

Розрізняють списочний і явочний склад робітників.

Списочний склад робітників використовують для розрахунку складу працюючих на підприємстві. Його розраховують за дійсним фондом часу:

$$R_{\text{сп}} = T_{\text{г}} / \text{Фд} \quad [9] \quad (3.1.)$$

де, $T_{\text{г}}$ - річний обсяг робіт в розрізі операції.

Явочний склад робітників визначають по номінальному фонду часу:

$R_{яв} = T_p / F_{дн}$

(3.2.)

де, $F_{дн}$ і $F_{д}$ - номінальний і дійсний фонди часу робітника.

По

явочному складу виробничих робітників часто підраховують число робочих місць на ділянці. Результати розрахунків наводяться в табл.3.6.

Таблиця 3.6.

Потрібна кількість працюючих (для ремонту роторів)

Найменування операцій	Річна трудомісткість люд-год.	Кількість працюючих		Прийнято
		Списочна	Явочна	
Мийна	11,5	0,06	0,05	1*
Дефектувальна	43,5	0,24	0,21	-
Пресувальна	21,5	0,12	0,10	1*
Зварювальна	95,0	0,52	0,46	1*
Слюсарна	50,0	0,27	0,24	-
Наплавлювальна	250,0	1,36	1,21	1*
Токарна	130,0	0,7	0,63	1*
Шліфувальна	184,0	1,00	0,89	1*
Фрезерна	175,0	0,95	0,86	1*
Токарна2	17,5	0,095	0,086	-
Балансувальна	60,0	0,32	0,29	-
Контрольна	50,0	0,27	0,24	-

* - робітник недовантажений, використовується на інших дільницях.

Вважається доцільним сумістити операції:

мийну, дефектувальну та контрольну і покласти цей обов'язок на дефектувальника

III розряду;

зварювальну і наплавлювальну - зварювальника IV розряду;

пресувальну і слюсарну - слюсар IV розряду;

токару, токару 2 і балансувальну - токар IV розряду;

Остаточна кількість робітників з зазначенням їх розряду наведені в цитатній відомості (табл 3.7.).

Таблиця 3.7.

Штатна відомість робітників дільниці.

Професія	Розряд					
	1	2	3	4	5	6
Дефектувальник				1		
Зварювальних				1		
Токар				1		
Слюсар				1		
Фрезерувальник			1			

3.3.1.6. Розрахунок необхідної кількості обладнання.

Кількість одиниць обладнання на виробничій ділянці ремонту роторів визначаємо

за формулою:

$$m = Tr / \Phi_{до} \quad (3.3.)$$

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

Дані по розрахунку необхідної кількості обладнання наводиться в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8.

Обладнання дільниці відновлення роторів.

Операція	Назва одиниці обладнання	Гр.	Фдо.	Кількість одиниць обладнання	
				Розрахунок	Прийнята
		год	год		
Мийна	мийна машина ОМ - 4610	11,7	2010	0,06	-
Дефектувальна	дефектувальний стіл	47,5	2010	0,24	0
Пресувальна	прес гідравлічний ОКС-1671М	21,5	2010	0,1	1
Зварювальна	трансформатор ТС-500; стіл ОКС-1549А	95,0	2010	0,47	1
Слюсарна	електрична шліфувальна машина ІЗ-2007	50,0	2010	0,25	1
Нплавочна	верстат наплавочний У65Б; апарат наплавочний А-1406	250	2010	1,24	1
Токарна	верстат токарно-гвинторізний 16К20	14,7	2010	0,73	1
Шліфувальна	круглошліфувальний верстат 3Б 12	184	2010	0,92	1
Фрезерна	універсально-фрезерний верстат 6Р82	175	2010	0,87	1
Балансувальна	балансувальний верстат БМ-У4	60	2010	0,3	1

Згідно розрахунків приймемо такі види та кількість обладнання для ремонту роторів:

Прес гідравлічний ОКС-1674М-1 шт.

Трансформатор ТС-500; стіл ОКС-1549А -1 шт.

Електрична шліфувальна машина ІЗ-2007-1 шт.

Верстат наплавочний У653; апарат наплавочний А-1406 -1 шт.

Верстат токарно-гвинторізний 16К20-1 шт.

Круглошліфувальний верстат ЗВТ2 -1 шт.

Універсально-фрезерний верстат 6Р82 -1 шт.

Балансувальний верстат БМ-У4 -1 шт.

Мийна машина та дефектувальний стіл на даній ділянці не встановлюються у зв'язку з їх недовантаженням на інших ділянках.

Технічна характеристика і розміри технологічного обладнання наведені в табл.3.9.

3.3.2. Розрахунок площі дільниці.

Виробничі площі на ділянці ремонту роторів 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:

$$F_d = \sum F_o \cdot \sigma, \quad (3.4.)$$

де F_d - площа дільниці, m^2 ;

F_o - площа, яку займає обладнання, m ;

б – перехідний коефіцієнт. Результати розрахунків наводяться в табл.3.9.

Таблиця 3.9.

Технічна характеристика обладнання.

Назва обладнання	Тип та марка	Габаритні розміри	Кількість на ділянці	Площа під обладнання	Перехідний коеф.	Загальна площа, м ²
Прес гідравлічний	ОКС-1671М	3000 x 1000	1	3,0	4	12
Трансформатор	ТС-500	760x570	1	0,43	4	1,72
Електрична шліфу	ИЗ-2007	-	1	-	4	-
Верстат наплавочний	У653	2500 x 800	1	2,0	4	8
Апарат наплавочний	А-1406	600x600	1	0,36	4	1,44
Верстат токарно-гвинторізний	16К20	3650 x 1990	1	7,0	4	28
Круглошліфувальний верстат	ЗБ12	3100 x 1600	1	4,96	4	19,84
Універсально-фрезерний верстат	6Р82	2750 x 1950	1	5,0	4	20
Балансувальний верстат	БМ-У4	2500 x 800	1	2,0	4	8

Всього 109,9

3.3.3 Технологічне планування дільниці.

Технологічне планування дільниці наводиться на слайді.

Планування дільниці по відновленню роторів вакуумних насосів розроблено з урахуванням забезпечення поточності виробництва. Прийняте планування виключає зустрічні і поперечні потоки.

Технологічний процес починається з миття та дефектування, що здійснюється за межами дільниці відновлення роторів. Далі на робочому місці №1 виконується пресувальна операція, на робочому місці, №2- зварювальна, №3 - слюсарна, №4 - наплавочна, №5 - токарна, №6 - шліфувальна, №7 - фрезерна, №8 - балансувальна. Закінчується техпроцес контролем, який здійснюється поза межами дільниці.

4. Охорона праці

НУБІП України

4.1 Аналіз стану охорони праці в спеціалізованому цеху по ремонту роторів вакуумних насосів.

НУБІП України

За час виробничої діяльності в цеху проводилась певна робота щодо забезпечення нормальних умов праці. Створено і обладнано кабінет охорони праці.

Є комплект стендів та плакатів з вимогами техніки безпеки при проведенні основних видів робіт, тематична література, підручники та нормативні акти з охорони праці. Проводяться інструктажі з охорони праці, пожежної безпеки і електробезпеки при роботі з електричними пристроями.

НУБІП України

Проте можна вказати і на ряд недоліків, які негативно впливають на загальний стан безпеки праці на даному підприємстві. Зокрема не повністю виконується річний план заходів з охорони праці. При оформленні на роботу з працівником проводять вступний інструктаж з охорони праці, який здійснює інженер з охорони праці. Далі проводиться первинний інструктаж на робочому місці. Практика показує, що даний інструктаж проводиться не завжди та не оформляється належним чином.

НУБІП України

Незадовільно забезпечуються працівники спеодягом, захисними пристосуваннями та засобами індивідуального захисту. Безпосередньо на робочих місцях не виконуються елементарні вимоги техніки безпеки: токарні, фрезерні, слюсарні та шліфувальні роботи виконуються несправним інструментом; на робочих місцях можна побачити розлиті по підлозі змашувальні та охолоджувальні рідини, залишки металевої стружки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

На частині обладнання відсутні захисні огороження навколо рухомих деталей, що створює небезпеку для обслуговуючого персоналу. Не всі заточувальні верстати мають захисні екрани, а робітники проводять заточування інструмента без захисних окулярів. Деякі абразивні круги зношені більше допустимого діаметра.

Не повністю виконуються в цеху і вимоги пожежної безпеки. Пожежний щит не укомплектований необхідним інвентарем, аварійні проходи заставлені.

На робочих місцях зустрічається неприбране промаслене ганчір'я. В цеху є спеціально відведене місце для паління, але деякі працівники палять безпосередньо на робочих місцях.

Вищеперераховані грубі порушення правил техніки безпеки можуть призвести до нещасних випадків.

Заходи з охорони праці на дільниці відновлення роторів вакуумних насосів передбачені в проекті на основі чинного законодавства та державних стандартів.

Наявність на дільниці шліфувального верстата збільшує вміст пилу в повітрі в результаті зношування абразивного інструменту. Наплавляльний верстат є джерелом виділення зварювальних газів. Тому доцільно встановити припливно-витяжну вентиляційну систему, яка забезпечує на дільниці постійну температуру повітря, підтримує необхідну вологість та очищає повітря від пилу та зварювальних

газів.

Робота на дільниці відновлення роторів відповідає IV-розряду зорової роботи (середня точність). Це потребує достатньої освітленості робочих місць. У виробничому приміщенні рекомендовано мати загальне та місцеве освітлення.

Загальне освітлення повинне бути не менше 100 Лк. Коефіцієнт природної освітленості повинен бути 1,5%. Верстати та обладнання дільниці повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-74 та ГОСТ 12.2.009-80.

4.2 Розрахунки засобів охорони праці на дільниці відновлення роторів вакуумних насосів.

4.2.1 Розрахунок повітрообміну на дільниці відновлення роторів.

Дільниця відновлення роторів займає площу $S=110\text{ м}^2$, висота приміщення $h=6\text{ м}$. За таких умов загальний об'єм приміщення V становить 660 м^3 .

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

$$V_{\text{пр}} = V/N, \text{ м}^3,$$

де N -кількість робітників ($N=6$).

Отже: $V_{\text{пр}}=660/6=110\text{ м}^3$, що відповідає нормативам.

На шліфувальний та наплавлювальний верстат, а також над місцем зварювання необхідно спорудити місцеву вентиляційну систему.

Площа робочого місця шліфувального верстата становить 20 м^2 , об'єм відповідно $V_{\text{р1}}=120\text{ м}^3$.

Площа робочого місця наплавлювального верстата - $29,8\text{ м}^2$, об'єм $V_{\text{р2}}=178,8\text{ м}^3$.

Площа робочого місця зварювальника - $4,52\text{ м}^2$, об'єм $V_{\text{р3}}=27,12\text{ м}^3$

Кількість повітря, яка необхідна для видалення пилу з робочого місця шліфувальника розраховуємо, користуючись емпіричною залежністю [15]:

$$L_{\text{р1}} = 10^3 * A * D, \text{ м}^3/\text{год}$$

де: A -коефіцієнт пропорційності ($A=2$),

D -діаметр шліфувального круга ($D=0,3\text{ м}$).

Отже $L_{\text{р1}}=10^3*2*0,3=600\text{ м}^3/\text{год}$.

Кількість повітря для видалення зварювальних газів від наплавлювального верстата визначаємо за формулою [15]:

$$L_{\text{р2}} = a * b * v * 3600 \text{ м}^3/\text{год}$$

де: a і b - ширина і довжина зонти в приймальній частині,

$a=0,6\text{ м}$, $b=1,0\text{ м}$,

v -швидкість руху повітря в приймальній частині,

$$v=0,80 \text{ м/с}$$

$$\text{Отже } L_{p2}=0,6*1,0*0,8*3600=1728 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість повітря для видалення зварювальних газів від місця зварювальника:

$$L_{p3}=a*b*v*3600 \text{ м}^3/\text{год.} [15],$$

де: a і b -ширина і довжина зонти в приймальній частині,

$$a=1,0 \text{ м, } b=1,0 \text{ м;}$$

v -швидкість руху повітря в приймальній частині,

$$v=0,80 \text{ м/с.}$$

$$\text{Отже } L_{p3}=1*1*0,8=2880 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$L_p=L_{p1}+L_{p2}+L_{p3}$$

$$\text{Отже разом } L_p=600+1728+2880=5208$$

Знаючи кількість повітря, що необхідне для видалення пилу і зварювального газу, визначаємо потужність електродвигуна приводу вентилятора:

$$N=k*L*P/3.6*10^6*\eta_v*\eta_n \text{ кВт} [21],$$

де: k -коефіцієнт запасу ($k=1.1$);

L -подача вентилятора ($L=L_{p1}+L_{p2}$);

P - тиск, який створює вентилятор ($P=1600 \text{ Па}$);

η_v -ККД вентилятора ($\eta_v=0,55$);

η_n -ККД привода вентилятора ($\eta_n=0,95$).

$$\text{Отже } N=1.1*(2880+600+1728)*1600/3.6*10^6*0,55*0,95=4,8 \text{ кВт.}$$

4.2.2 Розрахунок освітлення.

Розрахунок штучного освітлення проводиться за формулою:

$F = k * E * S * \eta * z \cdot L_k$,
де: F - сумарний світловий потік, необхідний для досягнення нормативної освітленості по всій площі;

k -коефіцієнт запасу ($k=1,3$);

E -нормативне освітлення, лк ($E=100$ лк);
 S -площа приміщення, м² ($S=110$ м²);
 η - коефіцієнт використання світлового потоку
 z -коефіцієнт нерівномірності освітлення ($z=0,83$).

Коефіцієнт використання світлового потоку вибирають згідно із заданим типом світильника. Коефіцієнт відбиття д та индексом приміщення i .

Де h – висота підводу світильника над робочою поверхнею, м ($h=5$ м)

a і b – довжина і ширина приміщення ($a=10$ м; $b=11$ м)

$i = 110 / (5(10+11)) = 1,04$ для коефіцієнту відбиття $d=50\%$, $h=0,52$
 $F = 1,75 * 100 * 110 / 0,52 * 0,83 = 19250 / 0,43 = 44767$ лм.

Необхідну кількість ламп визначаємо виходячи з нормального світлового потоку однієї лампи:

$n = F / f$ шт,
де: f -світловий потік однієї лампи. Для ламп $f=3050$ лк.
Отже $n = 44767 / 3050 = 14,6$.

Приймаємо $n=15$ шт.

Природне освітлення розраховуємо за формулою:

$F_v = e_{min} * S * \eta * k_b / 100 * \tau * r$,
де: F_v - загальна площа вікон, м²;

e_{min} -коефіцієнт природного освітлення, $e_{min}=1,2$;

S -площа приміщення, м²;
 η - світова характеристика вікна, $\eta=9,5$;

k_b - коефіцієнт, що враховує затемнення вікон будівлями,

$k_b = 1,0$;

τ - коефіцієнт світлопроникності вікон, $\tau = 0,8$;

γ - коефіцієнт підсилення освітлення відбиванням, $\gamma = 1,3$.

$F_{в} = 1,2 * 110 * 9,5 * 1/100 * 0,8 * 1,3 = 1254/104 = 12,05 \text{ м}^2$.

Кількість вікон $n = F_{в}/S_{в} = 12,05/3 = 4,01$

S - площа одного вікна ($S_{в} = 3 \text{ м}^2$)

Приймаємо $n = 4$.

4.3 Безпека праці при роботі на металообробних верстатах.

1. Верстати і обладнання встановлюють на міцних фундаментах, перевіряють, заземлюють.

2. Органи керування пневматичними, гідравлічними та електромагнітними захисними пристроями на верстатах розташовують так, щоб усунути випадкове вмикання чи небажане вимикання.

3. Робітникам, що працюють на верстатах із застосуванням охолодження емульсією, мастилами, скипидаром, гасом, видавати захисні мазі та пасти для мащення рук.

4. Верстати, на яких обробляють крихкі матеріали (чавун, латунь, бронза та ін.), обладнують приймачами для видалення пилю і стружки в місцях їх утворення.

5. Заточувальні та шліфувальні верстати обладнують місцевим підбирачем пилю.

6. Максимально механізують процеси прибирання стружки з металообробних верстатів. Робітникам потрібно надавати необхідний інструмент, спеціальні гачки, щітки та ін.

7. Електроприлади та електрообладнання, встановлені на верстаті та ізольовані від станини, підлягає окремому заземленню.

8. Пристрої, що обертаються (патрони, хомути, шпінделі та ін.) повинні мати

гладеньку зовнішню поверхню.

9. Шліфувальні та заточувальні верстати повинні комплектуватись захисними прозорими екранами.

Абразивний круг повинен бути огорожений захисним кожухом. Для очищення пиловідстійника передбачено заслінку. Перед установкою новий круг повинен бути перевірений (перевірка полягає у зовнішньому огляді та простукуванні дерев'яним молотком). Круги діаметром 150 мм та більше випробовують на міцність при швидкостях, що перевищують робочу на 50% (випробування проводиться на спеціальному верстаті в ізольованому приміщенні поза межами дільниці).

4.4 Ситуаційний аналіз небезпек.

Відомо, що будь-яке виробництво супроводжується виробничими небезпеками, які можуть при певних умовах призводити до негативних чи навіть непоправних наслідків (аварії, травми, катастрофи).

З метою аналізу для подальшого розроблення заходів для зменшення небезпечних факторів та запобігання аварійних ситуацій, що можуть виникнути на дільниці відновлення роторів вакуумних насосів розроблена таблиця небезпечних ситуацій (табл.4.1.)

Таблиця 4.1

Аналіз виникнення виробничої небезпеки під час відновлення ротора.

Назва технологічної операції	Небезпечна умова	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація	Наслідок	Заходи щодо усунення небезпеки
1	2	3	4	5	6
Миття ротора	1. Наявність напруги 220В 2. Підвищена вологість 3. Відсутність заземлення	Робота без засобів індивідуального захисту	Пробиття ізоляції	Ураження електричним струмом	
Дефектування ротора	1. Наявність на роторі гострих зазубрин 2. Слизька поверхня стола	Неуважність	Падіння ротора	Травма	
Виправлення прогину	1. Відсутність захисного огородження 2. Несправний контроль датчик	Неуважність	Потрапляння руки під прес	Травма	
Запалювання шпоночного паза	1. Висока температура 2. Сильне світло 3. Відсутність заземлення 4. Висока загазованість повітря	Робота без засобів індивідуального захисту Неуважність Робітник не проводить огляду обладнання	Попадання бризок металу на тіло Пробиття ізоляції	Опік Засліплення Ураження електричним струмом Отр-ня	
Обробка наплавів після наплавлення	1. Відсутність заземлення 2. Відсутність захисного огородження	Робота без засобів індивідуального захисту Неуважність	Пробиття ізоляції	Ураження електричним струмом Травма	

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Наплавлення шийок ротора	1. Висока температура 2. Наявність обертових деталей 3. Висока загазованість повітря	Незаправлений одяг Робота без засобів індивідуального захисту	Захоплення одягу рухомими частинами верстата	Опік Травма Отр-ня	
Точіння шийок ротора	Наявність обертових деталей Відсутність захисного екрану	Незаправлений одяг Неправильне закріплення	Захоплення одягу рухомими частинами верстата	Травма	
Шліфування шийок та циліндричної поверхні ротора	1. Відсутність огороження 2. Знос, тріщини на шліфувальному кругу 3. Відсутність блокування	Робота без засобів індивідуального захисту Працівник не правильно закріплює круг	Розрив круга Попадання частинок металу в очі	Травма	
Фрезерування шпоночного паза	Наявність обертових деталей Відсутність захисного кожуха	Робота без засобів індивідуального захисту Незаправлений одяг Неправильне подавання фрези	Захоплення одягу рухомими частинами верстата Попадання частинок металу в очі	Травма	

НУБІП України

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Виправлення центрових отворів	Наявність обертових деталей	Незаправлений одяг	Захоплення одягу рухомими частинами верстата	Травма	Провести інструктаж
Балансування ротора	Наявність обертових деталей	Незаправлений одяг	Захоплення одягу рухомими частинами верстата	Травма	Провести інструктаж
Контроль	1. Наявність на роторі гострих зазубрин 2. Слизька поверхня стола	Неуважність	Падіння ротора	Травма	Слідкувати за чистотою на робочому столі

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

5. Техніко-економічні показники

Економічна доцільність впровадження у виробництво технологічних процесів характеризується абсолютними та питомими 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 ім^2 . Крім того визначаються такі ТЕП: очікуваний річний економічний ефект та окупність капіталовкладень.

Розрахунок ТЕП ведеться згідно загальновідомих методик [16].

5.1. Річна програма.

Річна програма визначається в натуральному та грошовому обчисленні. Згідно виконаних розрахунків річна програма ($N_{\text{шт}}$) ремонту насосів становить 500 штук. Відповідно і роторів - 500 шт.

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

$$C_{\text{опт}} = C_{\text{опт}} * N_{\text{шт}} = 123,94 * 500 = 61970 \text{ грн,}$$

де: $C_{\text{опт}}$ - оптова ціна одного відремонтованого ротора,

$$C_{\text{опт}} = 123,94 \text{ грн.}$$

5.2. Повна собівартість продукції.

Собівартість ремонту роторів визначається згідно формули

$$C_{\text{п}} = (C_{\text{з}} + C_{\text{м}} + C_{\text{н}}) * N_{\text{шт}}, \text{ грн,}$$

де C_3 -заробітна плата робітників, грн;
 C_M -вартість матеріалів, грн;

C_N -накладні витрати, грн.

Структура заробітної плати має вигляд:
 $C_3 = C_{озп} + C_{дзп} + C_{всп}$, грн,

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

$C_{дзп}$ -додаткова заробітна плата, грн;
 $C_{всп}$ -відрахування на соціальні потреби, грн.

Основна зарплата розраховується по формулі:

$$C_{озп} = C_{год} / 100 * T_n = 2,52 / 100 * 2,13 = 5,55 \text{ грн,}$$

де $C_{год}$ -середня прийнята на даний час тарифна ставка,
 $C_{год}$ -2,52 коп [19];

T_n -норма часу на ремонт одного ротора,

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

Додаткова зарплата буде становити:
 $C_{дзп} = (0,05 + 0,08) * C_{озп} = 0,08 * 5,55 = 0,89 \text{ грн.}$

Нарахування на соціальні потреби складають:

$C_{всп} = 0,044 * (C_{озп} + C_{дзп}) = 0,044 * (5,55 + 0,889) = 0,33 \text{ грн.}$

Отже зарплата становить:

$$C_3 = 5,55 + 0,889 + 0,327 = 6,77 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалів визначаєм за формулою:
 $C_M = 0,3 * C_N = 0,3 * 123,94 = 37,18 \text{ грн,}$

де C_n -вартість нового ротора, грн.
 $C_n=123,94$ грн.

Прямі витрати на ремонт ротора будуть становити:

$C_{пв}=C_3+C_м=6,77+37,18=43,95$ грн.

Накладні витрати складають:

$$C_n=(0,7... 1,0)03=1* 6,77=6,77 \text{ грн.}$$

Вартість ремонту одного ротора складає:

$C_{п1}=C_{пв}+C_n=43,95+6,77=50,72$ грн.

Сумарна річна собівартість ремонту роторів:

$C_{п}=C_{п1}*N_{шт}=25360$ грн.

5.3. Основні фонди.

Вартість основних фондів визначається за формулою:

$C_{оф}=C_б+C_{обл}+C_{п1}$, грн.

де $C_б, C_{обл}, C_{п1}$ -вартість будівель, обладнання, пристосувань та інструменту відповідно.

Вартість будівель:

$C_б=c_б*F_д=500*110=55000$ грн,

де $C_б$ -вартість ім площі будівлі, грн ($C_б=500$);

$F_д$ -площа ділянки, $F_д=110 \text{ м}^2$.

Вартість обладнання становить близько 40%, а пристосувань та інструменту

бля 7,5% вартості будівель.

НУБІП України

$$C_{обл} = 0,4 * C_б = 0,4 * 55000 = 22000 \text{ грн};$$

$$C_{пі} = 0,075 * C_б = 0,075 * 55000 = 4125 \text{ грн};$$

$$C_{оф} = 55000 + 22000 + 4125 = 81125 \text{ грн.}$$

НУБІП України

5.4. Загальна площа ділянки.

НУБІП України

Загальна площа ділянки становить:

$$F_d = 110 \text{ м}^2 \text{ (див розрахунок ПЗ)}$$

5.5. Кількість працюючих.

НУБІП України

Кількість працюючих ($R_{роб}$) становить 5 чоловік (див розрахунок ПЗ)

5.6. Прибуток підприємства.

НУБІП України

Прибуток підприємства (Π) буде становити:

$$\Pi = C_{опт} - C_{п} = 61970 - 25360 = 36610 \text{ грн}$$

5.7. Рентабельність.

НУБІП України

Рентабельність визначимо згідно формули:

$$R_{п} = \Pi / C_{оф} * 100\% = 36610 / 81125 * 100\% = 45\%$$

НУБІП України

5.8. Коефіцієнт фондівдачі.

Коефіцієнт фондівдачі визначимо по формулі:

$$K_f = C_{opt} / C_{of} = 61970 / 81125 = 0,76$$

5.9. Продуктивність праці у розрахунку на одного працюючого.

Продуктивність праці у розрахунку на одного працюючого становить:

$$V_{pr} = C_{opt} / P_{роб} = 61970 / 5 = 12394 \text{ грн.}$$

5.10. Випуск продукції на 1м² площі.

Випуск продукції на 1м² площі складає:

$$F_n = C_{opt} / F_g = 61970 / 110 = 563 \text{ грн.}$$

5.11. Річний економічний ефект.

Річний економічний ефект розраховується по формулі:

$$\xi = \Pi - E_n * C_{of}, \text{ грн.}$$

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

$$\xi = 36610 - 0,15 * 81125 = 23932 \text{ грн}$$

5.12 Строк окупності капіталовкладень.

Строк окупності капіталовкладень становить:

$$T_{ок} = C_{of} / \Pi = 81125 / 36610 = 2,2 \text{ роки}$$

Основні техніко-економічні показники підприємства наводяться на в таблиці

5.1.

Як видно з наведених розрахунків, внаслідок впровадження проекту у виробництво буде одержаний річний економічний ефект у розмірі 23932 грн. При цьому додаткові капіталовкладення окупляться в межах двох років.

Таблиця 5.1

Техніко-економічні показники дільниці.

Показники	Значення
1. Річний випуск продукції:	
в натуральному обчисленні, шт	500
в оптових цінах, грн	61970
2. Повна собівартість продукції, грн	25360
3. Основні фонди, грн	81125
4. Загальна площа майстерні, м ²	110
5. Загальна кількість працюючих, чел	03
6. Прибуток (+),	36610
7. Рентабельність, %	45
8. Коефіцієнт фондівдачі	0,76
9. Продуктивність праці в розрахунку на одного працюючого, грн	92384
10. Випуск продукції на 1 м ² площі, грн	563
11. Річний економічний ефект, грн	23932
12. Окупність капіталовкладень, років	0 22

ВИСНОВКИ.

НУБІП України

1. Дана конструкторсько-технологічна характеристика роторів вакуумних насосів. Сформульовано задачі магістерської роботи.

2. При конструкторсько-технологічній підготовці ремонтного виробництва розроблено карти дефектування та карти монтажних спряжень.

3. Розроблено ремонтний кресленик ротора.

4. Спроектовано маршрутний процес ремонту роторів та операційний процес балансування.

5. Встановлено, що для ефективного ведення ремонтного підприємства програма підприємства має складати 500 роторів. При цьому на дільниці має працювати 7 працівників. Виробнича площа дільниці має становити 120 м².

6. Обгрунтовано економічну доцільність впровадження проекту у виробництво. Річний економічний ефект при цьому становить 23932 грн, а строк окупності додаткових капіталовкладень 2,2 роки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Перелік слайдів.

1. Характеристики поверхонь робора
2. Визначення статистичних параметрів зносу торців ротора.
3. Обґрунтування граничних та припустимих розмірів.
4. Ремонтний кресленник ротора.

5. Маршрутний технологічний процес ремонту ротора.

6. Операційна карта балансування ротора.

7. План дільниці.

8. Охорона праці (карта аналізу небезпечних ситуацій).

9. Техніко - економічні показники дільниці відновлення роторів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

НУБІП України

1. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д.

Лехман, В. І. Рубльов, Б. І. Рябцев та інші. - К. : Урожай, 1993.-272 с.

НУБІП України

2. Кринецький І. І. Основи наукових досліджень: Навч. посібник для ВУЗів.
- Київ - Одеса: Вища школа, 1981. - 208 с.

3. Малахов В. С., Ружи́ло З. В. Оцінка пошкоджень деталей вакуумних насосів типу УВБ і РВН // Праці ювілейної наукової конференції

НУБІП України

викладачів, наукових співробітників та аспірантів, присвяченої 65-річчю факультету МСГ. - К. : НАУ - 1994. - С. 51.

4. Ремонт сільськогосподарської техніки. Довідник. / за ред. О. І.

Сідашенка, О. А. Науменка. - К. : Урожай, 1992. - 304 с.

5. Ружи́ло З. В. Види пошкоджень деталей вакуумних пластинчато- роторних

НУБІП України

насосів та їх кількісна оцінка // Механізація сільськогосподарського виробництва. - Том III. : К. - НАУ, 1997. - С. 74 - 76.

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.

НУБІП України

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 : Прінтеко, 2022. 201 с.

НУБІП України

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.

НУБІП України

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., Аветісіян В. К., Автухов А. К., Рибалко І. М., Сиромятніков П. С., Бантковський В. А., Маніло В. Л.] За ред. О.І. Сідашенка, О.В. Тіхонова. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416с.

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., Ружи́ло З. В. Організація сервісного виробництва. К.: НУБіПУ, 2017. 221 с.

16. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружи́ло 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. Черновола. Кіровоград: ТОВ «КОД», 2010. 320 с.

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

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. Сорванді, Д. П. Журавель, А. М. Бондар, О. Ю. Новік. Мелітополь: Видавничополіграфічний центр «Льокс», 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.Напки) Х.:ХДТУСГ, 2003

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

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України
ДОДАТОК

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток 1. Відомість оснащення дільниці по ремонту роторів насосів

Позиція	Найменування	Марка	Кількість
1	Станок хонінгувальний	8Г833	1
2	Станок розточувальний	2А78	1
3	Стелаж для деталей	ОРГ-1468-05-770	1
4	Шкаф для інструменту	ОРГ-5126	1
5	Станок кругло-шліфувальний	3Б12	1
6	Контейнер для вибракваних деталей	Цеховий	1
7	Стенд для розбирання	8731-00.00.000	1
8	Стенд для розбирання	8731-00.00.000	1
9	Верстак	ОРГ-15364	1
10	Трансформатор зварювальний	ТС-500 ГОСТ 95-77	1
11	Кран підвішений	ГОСТ 7890-73	1
12	Станок наплавлювальний	У-653	1
13	Випрямлювач	ВАК Г-12/3-600	1
14	Верстак слюсарний	ОРГ-5865	1
15	Станок свердлильний	2Н135	1
16	Станок токарно-гвинторізний	1Н63	1
17	Станок свердлильний	2Н135	1
18	Верстак	Цеховий	1
19	Верстак	ОРГ-1468	1
20	Верстак	ОРГ-1468	1
21	Станок токарно-гвинторізний	1К62	1
22	Шкаф інструментальний	ОРГ-1603	1
23	Шкаф інструментальний	ОРГ-1603	1
24	Станок токарно-гвинторізний	1К62	1
25	Стелаж для зберігання насосів	ОРГ-1468-05-770	1
26	Стелаж для зберігання насосів	ОРГ-1468-05-770	1
27	Стелаж для зберігання насосів	ОРГ-1468-05-770	1