

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЄСИПЧУК ЮРІЙ СЕРГІЙОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ВАКУУМНИХ НАСОСІВ

(тема роботи)

208 «Агроінженерія»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Журавльов Валерій Пилипович

(прізвище, ім'я, по батькові)

д.ф.-м.н., професор

(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Єсипчук Ю.С. Удосконалення технологічного процесу ремонту вакуумних насосів. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В роботі висвітлена конструктивно-технологічна характеристика насосу. В технологічній частині безпосередньо проведені розрахунки по визначенню річного об'єму робіт ремонтної майстерні, проведено планування робіт, розглянуто загальну методику проектування ремонтної майстерні. В конструкторській частині проведено розрахунок основних вузлів пристрою і спроектовано сам пристрій.

Ключові слова: *вакуумний насос, ремонт, технологічний процес, доїльні установки.*

ABSTRACT

Yesypchuk Yu.S. Improvement of the technological process of repairing vacuum pumps. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 - Agroengineering. - Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

The work is construction and technological characteristics of the pump are highlighted in the work. In the technological part, calculations were directly carried out to determine the annual volume of repair workshop work, work planning was carried out, and the general methodology of repair workshop design was considered. In the design part, the main nodes of the device were calculated and the device itself was designed.

Keywords: vacuum pump, repair, technological process, milking installations.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ НАСОСУ	6
1.1. Функціональне призначення, конструкція, технологія виготовлення та технічні вимоги до робочих поверхонь деталей	6
1.2. Аналіз умов експлуатації та види пошкоджень основних деталей насосів, які надходять у ремонт	7
1.3. Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу насосів	8
1.4. Технологічна підготовка виробництва	9
1.4.1. Технологічна схема розбирання (складання) насосів	9
1.4.2. Маршрутний процес розбирання (складання) насосів	9
1.4.3. Маршрутно-операційна карта для регулювання зазору між ротором і корпусом вакуумного насоса	11
1.5. Організаційна підготовка виробництва	12
1.5.1. Проект цеха для ремонту насосів	12
1.5.2. Визначення потрібної кількості виробничих площ	13
1.5.3. Підбір та визначення потрібної кількості ремонтно- технологічного обладнання	13
1.5.4. Визначення потрібної виробничої площі для ремонту насосів	14
1.5.5. Технологічне планування, транспорт та обслуговування робочих місць цеху	17
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИН	19
2.1. Призначення і область застосування пристрою для вимірювання неперпендикулярності торцевих поверхонь корпусу відносно осі його робочої поверхні	19
2.2. Технічна характеристика пристосування	20
2.3. Опис і обґрунтування вибраної конструкції	20
2.4. Розрахунок пристосування на точність вимірювання	22
2.5. Техніко-економічна ефективність від впровадження пристосування у виробництво	23
ВИСНОВКИ	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28

ВСТУП

Актуальність теми. Вакуумні насоси роторного типу широко використовуються в сільському господарстві України. Так насоси типу УВБ використовуються в доїльних установках, у сільськогосподарських машинах для внесення добрив та автомобілях для перевезення сипучих вантажів.

В Україні нараховується біля 50 тисяч доїльних установок (Ялинка), більше 20 тисяч машин для внесення рідких та сипучих добрив (МЖТ та РЖТ) та біля тисячі штук машин для перевезення сипучих матеріалів (АРУП, РУП). В їх конструкції використовуються вакуумні насоси та компресор вакуум - насоси [1-4]. Вихід з ладу вакуумних насосів доїльних установок супроводжується значними витратами молока, хворобами корів на мастит. В сільськогосподарських машинах для внесення добрив відкази вакуумних насосів спричиняють перебої в роботі машин, значні втрати врожаю та збитки від їх простоїв. В автомобілях для перевезення сипучих вантажів несправності вакуумних насосів погіршують вивантаження або зовсім унеможливають їх експлуатацію. Виходячи з цього проблема забезпечення роботоздатності вакуумних насосів набуває важливого значення.

В процесі експлуатації вакуумні насоси піддаються дії факторів зовнішнього середовища та робочих процесів. На деталі насосів діють різні види енергії: зовнішнього середовища, робочих процесів та потенціальної енергії, що накопичується в них при виготовленні та ремонті.

Внаслідок цього деталі насосів піддаються різним пошкодженням: зносу, деформуванню і руйнуванню, корозії, старінню матеріалів та ін.

Ці пошкодження призводять до спотворення геометричних параметрів деталей, їх руйнуванню та зміні фізичних властивостей матеріалів. Після досягнення пошкодженнями своїх граничних значень мають місце відкази в роботі насосів. Надійність насосів обумовлюється якістю їх експлуатації і технічного обслуговування. Після вичерпання ресурсу вакуумні насоси піддаються ремонту.

Мета роботи – відновити ресурс насосів до рівня не нижче нових виробів. Це може бути досягнуто при застосуванні прогресивних технологій їх ремонту та форм організації праці.

Дана робота присвячується розробці технічного процесу ремонту вакуумного насосу типу УВБ та ВН. Проект виконується як комплексний по ремонту вакуумних насосів.

Об'єктом дослідження є технологічний процес ремонту вакуумних насосів.

Предмет розробки: пристосування для ремонту вакуумних насосів.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи на основі характеристики

сировини для виробництва запропоноване пристосування для регулювання зазору між ротором і циліндром вакуумного насоса. Виконаний розрахунок основних техніко-економічних показників.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано тези у Збірнику доповідей учасників науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «Наукові читання – 2023».

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 29 сторінках машинописного тексту, містить 3 рисунки та 4 таблиці, списку використаних джерел з 18 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ НАСОСУ

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

Вакуумний насос являється складовою частиною доїльної установки і призначений для створення розрідження у вакуумній магістралі і молочній лінії.

Принцип роботи ротаційних вакуумних насосів пластинчатого типу полягає в зміні об'єму внутрішніх порожнин насоса. Цей процес здійснюється внаслідок обертового руху ротора з лопатками, розміщеного в середині корпусу насоса. Кожна лопатка ділить серповидний простір між ротором і корпусом на декілька частин. По мірі повороту ротора кожна частина камери входить в контакт із впускним отвором і збільшується в об'ємі, створюючи розрідження і засмоктуючи повітря. Потім лопатка відсікає всмоктування і об'єм поступово зменшується; здійснюється послідовне стискання повітря і його нагнітання.

Основними деталями ротаційного вакуумного насоса пластинчатого типу є:

- корпус;
- передня і задня кришки;
- ротор з пазами;
- маслоуловлювач, який одночасно виконує роль глушника;
- масляний балон;
- вакуумний регулятор.

Широке застосування набули насоси типу ВН, УВБ та РВН-40/350. Технічна характеристика цих насосів наведена в табл. 1.1 [4].

Таблиця 1.1

Технічна характеристика насоса ВН-1500

- Вакуумний насос: **сухого пластинчато-роторного типу;**
- Матеріал насоса: **чавун;**
- Матеріал обмотки двигуна: **мідь;**
- Кількість пластин: **4 шт;**
- Матеріал пластин: **графіт;**
- Електрична потужність двигуна: **1100 Вт;**
- Механічна потужність двигуна: **750 кВт;**
- Електроживлення: **однофазна мережа 220 В;**
- Максимальний вакуумний тиск: **0,08 мПа (80 кПа);**

- Обсяг перекачуємого повітря на холостому ході: **220 л/хв (7м³/год)**;
- Швидкість обертання валу: **1500 об/хв. [7]**.

1.2. Аналіз умов експлуатації та види пошкоджень основних деталей насосів, які надходять у ремонт

На молочнотоварних фермах вакуумні насоси працюють по 4 ... 6 годин в день, що співпадає з часом доїння корів.

Умови роботи насоса характеризуються великими перепадами температур, оскільки вони встановлюються в неопалювальних приміщеннях або під навісом. По технічним вимогам температура нагріву насоса не повинна перевищувати температуру оточуючого середовища більш ніж на 65°C.

Взимку в неопалювальному машинному відділенні температура повітря не повинна опускатись нижче -20°C, оскільки в насосі застигає масло і його запуск ускладнюється, або навіть стає неможливим без попереднього підігріву. Робота насоса відбувається у приміщеннях з агресивним середовищем.

Вакуумні насоси даного типу, добре врівноважені, працюють плавно, мало вібрують і тому не вимагають для установки масивного фундаменту.

У насосах використана циркуляційна система мащення, яка забезпечує стабільність і надійність його роботи. Завдяки постійній циркуляції масла відбувається добре мащення та охолодження всіх поверхонь тертя. Подача масла з масляного бака через отвір в боковій кришці насоса здійснюється за рахунок різниці атмосферного тиску в балоні і вакууму, Циркуляційне мащення зменшує зношування поверхонь тертя і затрати енергії на переборювання сил тертя в пазах ротора і в зоні контакту лопаток із дзеркалом циліндра,

При експлуатації доільних установок у вакуумних насосах можуть виникнути слідуючі несправності: погане відкачування повітря з вакуумної системи і збільшення витрат масла.

При погіршенні відкачки повітря під час роботи насоса з'являються ненормальні стуки і шуми. Вони виникають внаслідок зносу обертових деталей насоса і збільшення зазору між ними.

Витрата масла збільшується також в результаті зносу деталей насоса. Для зменшення витрат масла і відновлення потужності до нормальної, деталі насоса відновлюють. Особливо важливим являється регулювання насоса під час його експлуатації і обкатки.

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

Надійність роботи вакуумного насосу в значній мірі визначається ресурсом

його основних деталей: корпусу, ротора., кришок і лопаток. В процесі експлуатації вони підлягають дії різних видів енергії:

- накопичених при виготовленні;
- робочих процесів;
- навколишнього середовища

Внаслідок цього робочі поверхні основних деталей підлягають зношенню [5].

У процесі роботи під час старіння масла на циліндричній поверхнях насоса відкладаються смолисті відкладення.

Ротори вакуумних насосів в процесі експлуатації підлягають фретинг-корозії, механічному та втомлюючому зношенню. Механічному зношенню піддаються торцеві та циліндричні поверхні, фретингу- поверхні під підшипник та шків.

Кришки вакуумних насосів в процесі експлуатації підлягають фретинг-корозії, окисленню та механічному зношенню. В кришках, які надходять у ремонт, можливі такі пошкодження: зрив різьби, тріщини, які виходять на посадочні місця, обломи лап.

Циліндр корпусу вакуумного насоса в процесі експлуатації піддається механічно-окислювальному зносу. В корпусах виникають слідуєчі пошкодження: зрив різьби, тріщини, обломи, знос поверхні циліндра.

Лопатки в процесі експлуатації вакуумного насосу зношуються по торцевим та повздовжнім поверхням. Вони підлягають окислювальному зносу.

Основними недоліками ремонту вакуумних насосів є те, що ремонт відбувається методами, які пов'язані із зміною первинних розмірів таких деталей як корпус, ротор, лопатка і кришка. Не забезпечується точність ремонту робочих поверхонь цих деталей. Особливі труднощі викликають операції по регулюванню зазору між корпусом і ротором при складанні та ін. Тому існуюча технологія ремонту корпусів потребує певних удосконалень.

1.3. Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу насосів

Підвищення міжремонтного ресурсу насосів залежить від таких факторів:

2. Підвищення якості і точності збирання насосів (забезпечення заданого зазору між ротором і корпусом циліндра).

2. Підвищення якості ремонту основних деталей насоса (корпусу, ротора, кришок, лопаток).

3. Підвищення якості припрацювання.

Суворе дотримання цих факторів дає можливість досягти підвищення міжремонтного ресурсу і високої надійності відремонтованих насосів.

Довговічність відремонтованих насосів також може бути значно підвищена за рахунок дотримання правил технічного обслуговування, до яких в першу чергу відносяться:

- своєчасне доливання масла;
- використання масел, передбачених інструкцією;
- очищення масел від абразивних продуктів зношування та інших домішок.

Підвищення якості збирання можна досягти розробкою і виготовленням спеціального обладнання, яке б задовольняло точність збирання і дотримання монтажного зазору між корпусом і ротором вакуумного насоса. Цей пристрій набагато підвищив б міжремонтний ресурс насосів.

1.4. Технологічна підготовка виробництва

1.4.1. Технологічна схема розбирання (складання) насосів

В процесі роботи уточнена схема розбирання (складання) насосів.

Технологічна схема розбирання (складання) показана на листі ГЧ.

Згідно розробленій технологічній схемі, вакуумний насос типу ВН розбирається в наступній послідовності:

- знімається масльонка;
- демонтуються кришки;
- виймається ротор.

Після цього кришки, ротор і масльонка підлягають підрозбиранню.

Складання насоса здійснюється в зворотній послідовності.

Для розбирання (складання) насоса використовується таке обладнання: стенд 8731-00.00.000, кран підвісний 3,2-11,4-9-6-380, спеціальний пристрій для регулювання монтажної зазору між ротором і корпусом вакуумного насоса, універсальний слюсарний інструмент, верстат ОРГ-1468-01-060А та інша цехова оснастка.

1.4.2. Маршрутний процес розбирання (складання) насосів

Уточнений технологічний процес розбирання (складання) насоса представлений у вигляді маршрутних карт.

Для розбирання насоса використовується таке ж обладнання, оснастка та інструмент, як і для складання.

Операції виконують по 2 – 4 розрядам, а роботи – по холодній тарифній сітці, норми часу визначені розрахунковим та дослідно-статистичним шляхом.

Для регулювання зазору між ротором і корпусом вакуумного насоса розроблене спеціальне індикаторне пристосування.

Загальний час, необхідний для операції розбирання, становить 16 хвилин [6].

1. Поставити і закріпити насос

Установку насоса здійснюємо підвісним краном типу 3,2-11,4-9-6-380. Закріплюємо на стенді 8731-00.00.000. Штучний час становить $T_{ум} = 5,4$ хв, а підготовчо-заключний - $T_{н.з.} = 0,5$ хв.

2. Зняти задню кришку (24)

Для цього необхідно викрутити три гвинта (4) і чотири болта (2) зняти шайби (3), ковпачок (20), прокладку (7).

Необхідний інструмент: молоток 7850-0103, коловорот 68900-2031, ключ-головка с 7812-2125, викрутка 7810-0397. Штучний час становить $T_{ум} = 3,0$ хв, а підготовчо-заключний - $T_{н.з.} = 0,3$ хв.

3. Відкрутити болт (17) і зняти втулку

Для цього необхідно мати такий інструмент: ключ 7811-0021, молоток 7850-0103, зубило 2810-0199. Штучний час становить $T_{ум} = 1,2$ хв, а підготовчо-заключний - $T_{н.з.} = 0,1$ хв.

4. Зняти кришку (1)

Для цього необхідно повторити операцію 2 відносно кришки (1). Штучний час становить $T_{ум} = 3,0$ хв, а підготовчо-заключний - $T_{н.з.} = 0,3$ хв.

5. Витягнути ротор (22) і зняти лопатки (24)

Для цього необхідно мати обладнання: стенд 8731-00.00.000, корзина цехова. Штучний час становить $T_{ум} = 0,3$ хв, а підготовчо-заключний $T_{н.з.} = 0,1$ хв.

6. Зняти кришку (8) і з неї манжету (6)

Для цього необхідно мати верстат ОРГ-І468-01-060А і гак цеховий. Штучний час становить $T_{ум} = 0,2$ хв, а підготовчо-заключний $T_{н.з.} = 0,02$ хв.

7. Запресувати підшипники (9) і зняти шайбу (4) з вала ротора

Необхідне обладнання: оправка 8731.00.00.004, напівкільце 8731.08.00.100, корзина цехова. Штучний час становить $T_{ум} = 0,1$ хв, а підготовчо-заключний -

$T_{н.з.} = 0,1 \text{ хв.}$

1.4.3. Маршрутно-операційна карта для регулювання зазору між ротором і корпусом вакуумного насоса

За допомогою пристрою, що спроектований нами, регулювальні роботи виконуються слюсарем III розряду; всього на виконання операції витрачається 12хв. Нормування процесу здійснюється розрахунковим шляхом [4-8].

1. Поставити і закріпити насос

Установку насоса здійснюємо підвісним краном типу 3,2-11,4-9-6-380. Маса насоса становить 50 кг, довжина переміщення - до 20 м. Згідно таблиці 162 ст. 175, штучний час становить 2,0 хв.

2. Затягнути болти

Затягування болтів здійснюється ключем. Довжина болта 25 мм. Згідно табл. 169, ст. 177, штучний час на закручування болтів становить 0,32 хв. З урахуванням закручування 8 болтів, штучний час на фіксування кришок становить 1,5 хв.

3. Установка вала ротора в центра

Установка вала забезпечується переміщенням центрів по різьбі до 30 мм. Згідно табл. 173, ст. 179, штучний час на закручування гвинтів становить 0,5 хв. В пристрої використовуються два пересувних центра. Загальний штучний час на закручування гвинтів буде становити 1,0 хв.

4. Підвести регулювальні болти до упора в стійку

Довжина різьби (МІ 4) становить 15 мм. Штучний час становить 0,29 хв. Загальний штучний час складає близько 1 хв.

5. Відпустити болти

Аналогічно пункту 2. Штучний час складає 1,5 хв.

6. Установити індикаторні стійки, відрегулювати індикаторну головку на нуль

Штучний час складає 1 хв. (визначено хронометражем).

7. Відрегулювати зазор

Штучний час складає 1,5 хв. (визначено хронометражем).

8. Затягнути болти

Аналогічно пункту 2. Штучний час складає 1,5 хв.

9. Перевірити легкість обертання ротора

Штучний час складає 1 хв. (визначено хронометражем).

1.5. Організаційна підготовка виробництва

1.5.1. Проєкт цеха для ремонту насосів

Проєктування майстерні для ремонту вакуумних насосів ведеться в наступній послідовності:

- визначається виробнича програма майстерні;
- встановлюється річна трудомісткість ремонтних робіт (у розрізі ремонтних операцій);
- обґрунтовується організаційний режим роботи майстерні;
- розраховуються потрібні кількості: працюючих, ремонтно-технологічного обладнання, виробничих площ.

Основними параметрами організаційного режиму майстерні являється такт ремонту (τ), протяжність ремонтного циклу насоса (t_y) та фронт робіт (f). Такт визначається за формулою:

$$\tau = \Phi_{н.м.} / P, \quad (1.1)$$

де $\Phi_{н.м.}$ - номінальний фонд часу майстерні;

$$\Phi_{н.м.} = 2070 \text{ год};$$

P - річна програма ремонту насосів;

$$P = 5000 \text{ шт};$$

$$f = t_y / \tau, \quad (1.2)$$

Протяжність ремонтного циклу насоса визначаємо на основі графіка узгодження ремонтних операцій. Графік будується згідно методикам, розробленим професором Крамаревим [9].

Згідно графіку, протяжність ремонту насоса ВН-3000, ВН-1500 становить 148 хв.

Встановлені нами параметри дозволяють узгодити роботу всіх робітників і забезпечити випуск продукції у встановлених об'ємах і у встановлений час.

1.5.2. Визначення потрібної кількості виробничих площ

Кількість працівників визначаємо згідно графіку узгодження операцій.

Встановлено, що при заданій річній програмі насосів (500 шт.) потрібно 3 слюсара-ремонтника. Їх кваліфікація повинна відповідати II - IV розряду.

Таблиця 1.2

Потрібна кількість робітників

Найменування	Кількість, чол.	Розряд
1. Слюсар-ремонтник (доставка і миття ремонтного фонду, розбирання насосів і миття деталей, збирання насосів та фарбування насосів)	1	II
2. Дефектувальник (комплектувальник та обкатка насосів)	1	IV

1.5.3. Підбір та визначення потрібної кількості ремонтно-технологічного обладнання

Підбір основного ремонтного технологічного обладнання здійснюється згідно технологічного процесу ремонту насосів. Потрібна кількість обладнання визначається згідно графіку ремонтного циклу та розрахунків, виконаних при обґрунтуванні оптимальної програми цеху. Перелік і кількість ремонтно-технологічного обладнання для ремонту 500 шт. насосів наводяться в таблиці 2.2.

Для цеху по ремонту вакуумних насосів необхідно придбати і встановити наступні види основного обладнання:

- для дільниці миття - машину мийну ОМ-4610 і кран підвісний 3,2-11,4-9-6-380 в кількості по 1 одиниці;

- для дільниці розбирання - прес гідравлічний ОКС-1671М і стенд для розбирання. Кількість - також по 1 одиниці;

- для дільниці по ремонту деталей - верстат токарно-гвинторізний 1К62, верстат універсально-фрезерний 6Р82, верстат плоско-шліфувальний 3Б722, верстат алмазно-розточний 2А78, верстат круглошліфувальний 3А423 в кількості по одній одиниці;

- для зварювально-наплавлювальної дільниці - верстат наплавлювальний У-653;

- для дільниці обкатки - стенд обкаточний 9116-00.00.000 в кількості 2

одиниці;

- для ділянки фарбування - фарбувальний комплекс РПН-ПНУ-3,55x2,0x3,55 УЧ в кількості І одиниці.

Таблиця 1.3.

Відомість ремонтно-технологічного обладнання

Найменування	Позначення	Кількість,
1. Кран підвісний	30- 1,4-9-6-380	1
2. Машина мийна	ОМ-4610	1
3. Стенд для розбирання	8731-00.00.000	1
4. Стенд обкаточний	9116-00.00.000	2
5. Прес гідравлічний	ОКС-1671М	1
6. Верстат універсально-	6Р82	1
7. Верстат плоско-шліфувальний	ЗБ722	І
8. Верстат алмазно-розточний	2А78	1
9. Верстат токарно-гвинторізний	1К62	І
10. Верстат кругло-шліфувальний	ЗА423	1
11. Верстат наплавочний	У-653	1
12. Фарбувальний комплекс	РПН-ПНУ-3,55x2,0x3,55	1

1.5.4. Визначення потрібної виробничої площі для ремонту насосів

Розрахунок виробничої площі майстерні визначається за загальновідомим методикам [10]. Виробничі площі майстерні з ремонту насосів можна розрахувати за:

- кількістю працюючих;
- кількістю умовних ремонтників;
- площами, яке займає технологічне обладнання. В проекті розрахунок виробничих площ здійснюється по кількості виробничих працівників і по площі ремонтно-технологічного обладнання.

1. По кількості виробничих працівників:

$$P_{Ді} = \sum P_c \cdot P_p \quad (1.3)$$

де $P_{Ді}$ – площа ділянки, m^2 ;

P_c – число виробничих працівників, чол.;

P_p – питома площа на одного виробничого працівника, $m^2/чол.$

2. По площі, що займає ремонтно-технологічного обладнання:

$$P_{дi} = \sum P_{д} \cdot ст, \quad (1.4)$$

де $P_{дi}$ - площа ділянки, m^2 ;

$P_{д}$ - площа, яку займає обладнання, m^2 ;

ст - перехідний коефіцієнт.

Згідно цих розрахунків ми бачимо, що результати наближені один до одного. Тому площу ділянки приймаємо $P_{д} = 180 m^2$. А загальну площу цеху ми розраховуємо по методу, який дає найбільш точніші результати – по площі, що займає ремонтно-технологічного обладнання.

Отже, площа цеху буде становити:

$$P_{м} = P_{д1} + P_{д2} + P_{д3} + P_{д4} + P_{д5}, m^2,$$

де $P_{м}$ – площа цеху по ремонту вакуумних насосів, m^2 ;

$P_{д1}$ – сумарна площа мийної, розбиральної, дефектувальної, складальної, комплектувальної, обкаточної та фарбувальної ділянок, m^2 ($P_{д1} = 180 m^2$);

$P_{д2}$ – площа ділянки по відновленню кришок ($P_{д2} = 120 m^2$);

$P_{д3}$ – площа ділянки по відновленню лопаток ($P_{д3} = 55 m^2$);

$P_{д4}$ – площа ділянки по відновленню ротора ($P_{д4} = 150 m^2$);

$P_{д5}$ – площа ділянки по відновленню корпусу ($P_{д5} = 98 m^2$).

$$P_{ц} = 180 + 120 + 55 + 150 + 98 = 603 m^2$$

Приймаємо $P_{ц} = 605 m^2$.

Таблиця 1.4.

Розрахунок виробничих площ по площі ремонтно-технологічного обладнання

Найменування	Позначення	Кі-ть, од.	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²
1. Кран підвісний	3,2-11,4-9-6-380	1	-	-
2. Машина мийна	ОМ-4610 КГКБ	1	510x590	1,2
3. Стенд для розбирання	8731-00.00.000	1	1465x700	4,1
4. Стенд обкаточний	9116-00.00.000	2	1000x800	6,4
5. Прес гідравлічний	ОКС-1671М	1	1500x640	3,84
6. Верстат універсально-фрезерний	6P82	1	2305x1950	17,9
7. Верстат плоско-шліфувальний	ЗБ722	1	3800x2215	33,7
8. Верстат алмазно-розточний	2А78	1	3600x1500	21,6
9. Верстат токарно-гвинторізний	1К62	1	2795x1190	13,3
10. Верстат кругло-шліфувальний	3А423	1	4600x2100	38,6
11. Верстат наплавочний	У-653	1	2795x1190	13,3
12. Фарбувальний комплекс	РПН-ПНУ-3,55x2,0x 3,55 уч	1	3550x2000	28,4

1.5.5. Технологічне планування, транспорт та обслуговування робочих місць цеху

Загальна площа цеху складає 605 м². В цеху створюються слідуєчі ділянки:

1. Мийна.
2. Розбиральна,
3. Дефектувальна.
4. Наплавочна.
5. Відновлювальна.
6. Комплектувальна.
7. Збиральна.
8. Обкаточна.
9. Фарбувальна.

В цеху при ремонті вакуумних насосів використовується сучасне ремонтно-технологічне обладнання:

- машина мийна ОМ-4610 КГКБ;
- стенд для розбирання 8731-00.00.000;
- прес гідравлічний ОКС-1671М;
- шкаф дефектувальника з повним набором вимірювального інструменту.

Для відновлення зношених деталей використовуються:

- верстат наплавлювальний У-653;
- верстат алмазно-розточний 2А78 з пристосуванням для алмазного вигладжування;
- токарно-гвиноторізні верстати типу 1К62;
- стенд для розбирання (складання) насосів 8731-00.00.000.

Для обкатки насосів після складання використовується обкаточно-вигладжувальний стенд 9116-00.00.000.

Фарбування насосів здійснюється за допомогою фарбувального компресора РПН-ПНУ-3,55x2,0x3,55 УЧ.

Для виконання вантажо-транспортних робіт застосовується кран підвісний 3,2-11,4-9-6-380 та автокара.

Технологічне планування включає зустрічні технологічні процеси та поперечні транспортні потоки ремонтного фонду.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Призначення і область застосування пристрою для вимірювання неперпендикулярності торцевих поверхонь корпусу відносно осі його робочої поверхні

Одною з важливіших задач ремонтного виробництва є подальше підвищення якості ремонту машин і механізмів, підвищення надійності і довговічності їх роботи після ремонту. Її вирішення тісно пов'язане з удосконаленням існуючих і розробкою нових засобів технічного контролю, які б забезпечували високу точність і стабільність вимірювань. Для численних деталей, які мають точні отвори, однією з головних задач контролю є вимірювання перпендикулярності торцевих поверхонь до осі циліндра. Це, зокрема, стосується і корпусів вакуумних насосів. Для вирішення даної проблеми спроектовано пристосування для вимірювання перпендикулярності торцевих поверхонь корпусу відносно осі його робочої поверхні, яке дозволяє швидко і точно оцінити перпендикулярність площин корпусу.

Розроблене пристосування переважає за своїми характеристиками існуюче стаціонарне пристосування, яке вимірює тільки перпендикулярність, виключаючи помилки на конусність і овальність циліндра корпусу. Крім того, дане пристосування в порівнянні із існуючим, значно зручніше в експлуатації, так як воно встановлюється на корпус, а не навпаки.

Пристосування, при відповідній зміні його розмірів, може бути використане для вимірювання перпендикулярності площин інших деталей (наприклад, для вимірювання неперпендикулярності привалочної площини до осі циліндра в гільзах двигунів).

2.2. Технічна характеристика пристосування

Для виготовлення пристосування використовуються такі конструктивні матеріали:

- сталь 45 ГОСТ 1050-2013, ДСТУ 7809-2015 (для виготовлення упорів і стержня);

- сталь 20 ДСТУ 7809 – 2015 (для виготовлення основи і стояка).

Робоча довжина пристосування складає 185 мм, що дозволяє проводити контроль корпусів вакуумних насосів ВН-3000, ВН-1500. Діаметр основи пристосування по упорах відповідає номінальному діаметру циліндра корпусу ($D = 146$ мм). Кут між стояком і основою повинен бути 90° .

Пристосування оснащено індикаторною головкою, що дозволяє вимірювати перпендикулярність привалочних площин корпусу до осі його робочої поверхні з точністю 0,01 мм по довжині корпусу.

2.3. Опис і обґрунтування вибраної конструкції

Пристосування складається із наступних складових частин (лист графічної частини):

- основа;
- стояк;
- індикаторна головка;
- два нерухомих опора;
- подовжуючий стержень;
- затискна гайка.

Основа призначена для установки пристосування на корпус і закріплення в ньому деталей. Вона являє собою циліндричну ступінчасту шайбу, яка виготовляється шліфуванням площин А, Б (див. лист ГЧ).

В основі є вифрезовані отвори для спостереження за показами індикатора, отвори діаметром 6 мм для запресування нерухомих упорів, отвори М8 для закручування рухомого упора, а також вифрезований сектор для настроювання пристосування.

Стояк призначений для установки індикаторної головки і виносу її на довжину корпусу. Він являє собою стержень із отвором з нарізаною різьбою М8 для установки індикаторної головки. Поверхня А стояка (див. лист ГЧ) шліфується в центрах після запресування його в основу.

Упори (нерухомі і рухомі) призначені для центрування і фіксування в циліндрі, для проведення вимірів і настроювання його по кутнику. Нерухомі упори представляють собою штіфти, які запресовують в основу. Після запресовки разом з основою шліфується під розмір $d = 146$ мм. Рухомий упор складається із корпусу, вкрученого в основу, пружини і кульки. При введенні пристосування в циліндр корпусу кулька підтискає пружину і фіксує його.

Для передачі впливу корпусу на індикаторну головку використовується подовжуючий стержень, який виготовляється із сталі 45.

Затискна гайка закріплює індикаторну головку в стояку. Вона має зовнішню різьбу М8, отвір для індикатора, корпус і прорізь. При закручуванні гайки її корпус дотикається з конусом в отворі стояка, зазор в прорізі вибирається і затискає індикатор.

Настроювання пристосування відбувається наступним чином. Воно встановлюється на повірочну плиту і в вирізаний сектор вводиться кутник до доторкання з нерухомим упором і подовжуючим стержнем індикаторної головки. Прилад виставляється на нуль. Пристосування готове до роботи.

Для проведення вимірювань необхідно обережно, без ударів, ввести настроєне пристосування в отвір корпусу, встановивши поверхню Б на привалочну площину корпусу. Відхилення стрілки індикатора в цей чи інший бік вкаже неперпендикулярність торцевих поверхонь до осі циліндра.

2.4. Розрахунок пристосування на точність вимірювання

При розрахунку на точність вимірювання необхідно визначити систематичну і випадкову похибки. Для цього використовуємо в якості зразкової міри корпус насосу, який має неперпендикулярність торцевих поверхонь до осі циліндра 0,025 мм (встановлено на координатно-вимірвальній машині). Проведено 10 вимірів цього корпусу ($N = 10$) і потрібно дізнатись граничну похибку вимірювань. Вона визначається згідно формули:

$$\delta_{ep} = \delta_c + \delta_v, \quad (2.1)$$

де δ_c - систематична похибка, мм;

δ_v - випадкова похибка, мм.

Систематичну похибку визначаємо наступним чином. Отримані результати групуємо по однакових показах приладу і визначаємо число однакових показів (частота появлення певного результату, Π_i).

Визначаємо відхилення вимірів за формулою:

$$X = X_i - X_0, \quad (2.2)$$

де X_i - вимірний розмір, мм;

X_0 - розмір зразкової міри, мм.

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.1.

Середнє арифметичне відхилення похибки визначається згідно формули:

$$X = X_0 + \frac{\sum n_i \cdot x_i}{N}. \quad (2.3)$$

Отже:

$$X = 0.025 + \frac{0.055}{10} = 0.0305 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Так як відхилення менше 1 мкм для даних вимірів не є дійсним, то останньою цифрою знехтуємо.

Визначаємо систематичну похибку по формулі [14]:

$$\delta_c = X - X_0 = 0,03 - 0,025 = 0,005 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Визначимо граничну випадкову похибку. Так як закон розподілу даної

похибки нам невідомий, то слід приймати нормальний закон. Тоді гранична випадкова похибка вимірювань при довірчій ймовірності 0,95 складає ± 5 мкм.

Так як випадкова похибка коливається від - 5 мкм до 5 мкм, то і гранична похибка може коливатись від 0 до 0,01 мм.

Таким чином, найбільша похибка, яка може бути при вимірюваннях, дорівнює 0,01 мм, тобто це гранична величина (вірогідністю 0,95), на яку виміряні величини можуть відрізнятись від свого дійсного значення.

2.5. Техніко-економічна ефективність від впровадження пристосування у виробництво

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.

2.5.1. Річна програма

Річна програма визначається в натуральному та грошовому обчисленні.

Згідно вказаних розрахунків, річна програма ($N_{шт}$) ремонту насосів становить 500 штук (корпусів – 500 штук).

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

$$C_{опт} = c_{опт} \cdot N_{шт} = 2250 \cdot 500 = 1125000 \text{ грн.},$$

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

$$c_{опт} = 1125000 \text{ грн.}$$

2.5.2. Повна собівартість продукції

Собівартість ремонту корпусів визначається згідно формули:

$$C_{п} = (C_з + C_м + C_н) \cdot N_{шт} , \text{ грн,}$$

де $C_з$ – заробітна плата робітників, грн;

$C_м$ – вартість матеріалів, грн;

$C_н$ – накладні витрати, грн.

Структура заробітної плати має вигляд:

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

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

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

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

Основна заробітна плата розраховується по формулі:

$$C_{\text{озп}} = \frac{C_{\text{год}}}{100 \cdot T_{\text{н}}} = 145 \text{ грн,}$$

де $C_{\text{год}}$ – середня заробітна плата, $C_{\text{год}} = 25000$ грн. [17, 18];

$T_{\text{н}}$ – норма часу на ремонт одного корпусу,

$$T_{\text{н}} = 1,725 \text{ люд/год.}$$

Додаткова заробітна плата буде становити:

$$C_{\text{дзп}} = (0,05 \dots 0,08) \cdot C_{\text{озп}} = 0,08 \cdot 145 = 11,6 \text{ грн.}$$

Нарахування на соціальні потреби складають:

$$C_{\text{всп}} = 0,22 \cdot (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) = 0,22 \cdot (145 + 11,6) = 34,4 \text{ грн.}$$

Отже зарплата становить:

$$C_3 = 145 + 11,6 + 34,4 = 191,05 \text{ грн./год.}$$

Вартість матеріалів визначаємо за формулою:

$$C_{\text{м}} = 0,3 \cdot C_{\text{н}} = 0,3 \cdot 3250 = 32,385 \text{ грн,}$$

де $C_{\text{н}}$ – вартість нового корпусу, грн; $C_{\text{н}} = 975$ грн.

Прямі витрати на ремонт корпусу будуть становити:

$$C_{\text{пв}} = C_3 + C_{\text{м}} = 191,05 + 975 = 1166,05 \text{ грн.}$$

Накладні витрати складають:

$$C_{\text{н}} = (0,7 \dots 1,0) \cdot C_3 = 1 \cdot 191,05 = 191,05 \text{ грн.}$$

Вартість ремонту одного корпусу складає:

$$C_{\text{п1}} = C_{\text{пв}} + C_{\text{н}} = 1166,05 + 191,05 = 1357,1 \text{ грн.}$$

Сумарна річна собівартість ремонту корпусів:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{п1}} \cdot N_{\text{шт}} = 1357,1 \cdot 500 = 678550 \text{ грн.}$$

2.5.3. Основні фонди

Вартість основних фондів визначається за формулою:

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

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

Вартість будівель:

$$C_{\text{б}} = c_{\text{б}} \cdot F_{\text{д}} = 12000 \cdot 98 = 1176000 \text{ грн,}$$

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

$$F_{\text{д}} \text{ – площа ділянки, } F_{\text{д}} = 98 \text{ м}^2 .$$

Вартість обладнання становить близько 50%, а пристосувань і інструменту – біля 10% вартості будівель.

$$C_{\text{обл}} = 0,5 \cdot C_{\text{б}} = 0,5 \cdot 1176000 = 588000 \text{ грн;}$$

$$C_{\text{пі}} = 0,1 \cdot C_{\text{б}} = 0,1 \cdot 1176000 = 117600 \text{ грн;}$$

$$C_{\text{оф}} = 1176000 + 588000 + 117600 = 1881600 \text{ грн.}$$

2.5.4. Прибуток підприємства

Прибуток підприємства (Π) буде становити:

$$\Pi = C_{\text{опт}} - C_{\text{п}} = 1125000 - 678550 = 446450 \text{ грн.}$$

2.5.5. Рентабельність

Рентабельність визначаємо згідно формули:

$$P_n = \frac{\Pi}{C_{\text{оф}}} \cdot 100\% = \frac{446450}{1881600} \cdot 100\% = 24\%$$

2.5.6. Коефіцієнт фондівдачі

Коефіцієнт фондівдачі визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ф}} = \frac{C_{\text{онт}}}{C_{\text{оф}}} = \frac{1125000}{1881600} = 0.59$$

2.5.7. Продуктивність праці у розрахунку на одного працюючого

Продуктивність праці у розрахунку на одного працюючого становить:

$$B_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{онт}}}{P_{\text{роб}}} = \frac{1125000}{2} = 562500 \text{ грн.}$$

2.5.8. Випуск продукції на 1 м² площі

Випуск продукції на 1 м² площі складає:

$$F_n = \frac{C_{onm}}{F_g} = \frac{1125000}{98} = 11479 \text{ грн.}$$

2.5.9. Річний економічний ефект

Річний економічний ефект розраховується за формулою:

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

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

$$E_n = 0,15.$$

$$\xi = 446450 - (0,15 \cdot 1125000) = 168750 \text{ грн}$$

2.5.10. Термін окупності капіталовкладень

Термін окупності капіталовкладень становить:

$$T_{ок} = \frac{C_{of}}{\Pi} = \frac{1125000}{446450} = 2,5 \text{ роки.}$$

Як видно з наведених розрахунків, внаслідок впровадження пристосування у виробництво буде одержаний річний економічний ефект у розмірі 168750 грн. При цьому додаткові капіталовкладення окупляться за 2,5 роки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі нами проаналізовано умови роботи насоса, виявлено основні дефекти деталей, що виникають в процесі роботи та проаналізовано існуючий технологічний процес ремонту.

На основі проведеного аналізу технології та організації ремонту вакуумних насосів обґрунтована необхідність удосконалення технологічного процесу їх ремонту. Розроблена технологічна схема розбирання (складання) насосів та технологічне планування цеху.

Спроектовано індикаторне пристосування для регулювання зазору між ротором і циліндром вакуумного насоса.

Обґрунтована техніко-економічна доцільність впровадження пристосування у виробництво. При цьому буде забезпечений річний економічний ефект у сумі 168750 гривень, а додаткові капітальні вкладення окупляться не більше ніж за 2,5 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ремонт сільськогосподарської техніки. Довідник. / за ред. О.І. Сідашенка, О.А.Науменка. - К.: Урожай, 1992. - 304 с.
2. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 151 с.
3. Фінкельштейн З. Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навчальний посібник / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко ; за ред. П. М. Андренка. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – 308 с.
4. Аналіз розвитку молоко вакуумних систем доїльних установок / А. Фененко, В. Дмитрів // Теорія і практика розвитку АПК: Матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 19-20 вер. 2006р. – Львів, 2006.- С. 80-90.
5. Аналіз конструкцій елементів регуляторів вакуумметричного тиску доїльних установок / С. Кондур // Теорія і практика розвитку АПК: Матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 19-20 вер. 2006р. – Львів, 2006.- С. 282-285.
6. Алієв Е.Б. Теоретична оцінка показників надійності вакуумної системи доїльні установки / Е.Б. Алієв, Т.А Похальчук // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки: Луганський національний аграрний університет – Луганск, 2011. – Вип. 29. – С. 57-66.
7. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочно-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. – Запоріжжя, 2012. – 177 с.
8. Алферов А.И. Ресурсные испытания и оценка долговечности крыльчатки вакуумного насоса доильного агрегата / А.С. Гринченко, А.И. Алферов // Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: 2007. - Вип.6 - С.81-86.
9. Луценко М. М. Перспективні технології виробництва молока: монографія: Монографія / М. М. Луценко, В. В. Іванишин, В. І. Смоляр – К. : Видавничий центр «Академія», 2006. – 192 с. – ISBN 966-580-209-7.
10. Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Executive Summary / Hydraulic Institute and Europump. – Oxford :

Published by Elsevier Ltd., – January, 2001. – 126 p.

11. Снижение стоимости жизненного цикла скважинных насосов ЭЦВ для воды / И. Твердохлеб, А. Костюк, Е. Князева, В. Солодченков // – Праці 12-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Герметичність, вібронадійність та екологічна безпека насосного та компресорного обладнання» – «ГЕРВІКОН – 2008» – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – С.379 – 386.

12. <https://master-plus.com.ua/ua/stati/vakuumnye-nasosy-prednaznachenie.html>

13. <https://byrenka.com.ua/vakuumnij-nasos-vn-1500-sukhij.html?rewrite=vakuumnij-nasos-vn-1500-sukhij>

14. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Беляєва ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 191 с

15. Гідравлічні і аеродинамічні машини [Текст] / [М. І. Колотило, О. М. Романюк, Г. П. Вербицький, та інш.] – Кіровоград, 1997. – 176 с.

16. Карабиньош С. С. Сучасні технології ремонту і відновлення сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник / С. С. Карабиньош, З. В. Ружилю, В. І. Мельник – К.НУБіПУ, 2016.- 2016. С

17.<https://oblikbudget.com.ua/article/448-tarifna-stka-2022-posadov-okladi-za-ts>

18.<https://agro.expertus.com.ua/946361>