

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

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**РОМАНЮК ВАДИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 621.43

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ ТИПУ НШ-У**

(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

Журальов Валерій Пилипович

(прізвище, ім'я, по батькові)

д.ф.-м.н., професор

(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2023

## АНОТАЦІЯ

Романюк В.О. Удосконалення технологічного процесу ремонту шестеренних насосів типу НШ-У. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В кваліфікаційній роботі обґрунтовано необхідність та доцільність ремонту шестеренних насосів, міститься опис та розрахунки технологічних процесів відновлення корпусів насосів типу НШ-У та виконано роботи з проектування оригінального пристосування для закріплення корпусів насосів на столі координатно-роточувального верстату під час обробки внутрішніх робочих поверхонь колодязів корпусів.

Ключові слова: *гідравлічний насос, зношення, відновлення, технологічний процес.*

## ABSTRACT

Romaniuk V.O. Improvement of the technological process of repair of gear pumps of the NSh-U type. . Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 - Agricultural engineering. – Polis National University, Zhytomyr, 2023

The qualification work substantiates the necessity and expediency of repairing gear pumps, contains a description and calculations of the technological processes of restoring pump housings of the NSh-U type, and works on the design of an original device for fixing pump housings on the table of a coordinate-rotating machine during processing of the internal working surfaces of the wells of the housings are performed.

Key words: hydraulic pump, wear, restoration, technological process.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРАВЛІЧНИХ НАСОСІВ	6
1.1. Особливості конструкції насосів високого тиску	6
1.2. Розподіл внутрішніх втрат робочої рідини в насосі НШ32-У2	8
1.3. Аналіз характеру зношення основних деталей насосів НШ32-У2	9
1.4. Технологічний процес ремонту насосів НШ32-У методом зменшених ремонтних розмірів	10
1.5. Технологічний процес дефектування корпусів насосів НШ32-2У. Дефекти, технічні вимоги на дефектування. Вибір обладнання та інструменту для дефектування. Складання маршруту відновлення	12
1.6. Огляд існуючих способів відновлення корпусів насосів НШ32-У2	14
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	17
2.1. Обґрунтування запропонованих конструкторських рішень	17
2.2. Призначення, будова та загальний принцип роботи оригінального пристосування для закріплення корпусів насосів НШ32-У2	20
2.3. Розрахунки за елементами пристосування	22
2.4. Техніка безпеки при роботі із пристосуванням	26
2.5. Розробка кошторису витрат на проєтування і виготовлення пристосування оригінальної конструкції	27
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32

## ВСТУП

В даний час в гідравлічних системах сучасних тракторах і сільськогосподарських машинах основним перетворювачем енергії, що необхідна для нагнітання робочої рідини в гідравлічні системи привода управління навісним, напівнавісним і причіпним обладнанням сільськогосподарських та дорожніх машин є насос. Насос гідросистеми відноситься до шестерених насосів, які знайшли широке використання в господарств.

Шестеренний насос – зубчатий насос з робочими органами у вигляді шестерень, що забезпечують геометричне замикання робочої камери і передає крутний момент. Вимоги, що ставляться до гідравлічних систем, зводяться до забезпечення визначеного робочого тиску та подачі при максимальному коефіцієнті об'ємної подачі і механічному ККД. Більш всього ці вимоги забезпечують шестеренні насоси, що мають переваги перед іншими типами насосів. Їх відрізняє простота конструкції, невелика трудомісткість виготовлення і технічного обслуговування, невеликі габарити і вага, висока надійність в експлуатації.

У введеному в даний час маркуванні цифри, що стоять після букв НШ відповідають робочому тиску насоса. Під робочим тиском розуміють ту теоретичну кількість масла в кубічних сантиметрах, які повинен подати насос за один оборот шестерні.

Надійність гідравлічної системи сільськогосподарської техніки значно залежить від роботи шестеренного насоса, тобто від інтенсивності зношування його деталей.

Одним із засобів підвищення роботи шестерених насосів та управління процесами тертя та зношування є використання антифрикційних добавок в робочу рідину.

Корпус насоса виготовляють зі алюмінієвого сплаву АПЛ-9 або АЛ-5 литтям в кокіль. При виготовленні корпус піддають термообробці для досягання міцності НВ 76...107.

В корпусі насоса значно зношуються бокові поверхні колодязів в зоні дотику шестерень і незначно – дно колодязя в місцях прилягання втулок.

Зношування корпусу призводять до порушення співвісності у розміщені деталей вузла. Ведуча та відомі шестерні і їх втулки при цьому працюють з перекосом, що призводить до збільшення втрати робочої рідини.

Для підвищення ефективності використання техніки та економії ресурсів виступає відновлення зношених деталей шестеренного насоса, яке дозволяє знизити витрати на експлуатацію та ремонт за рахунок:

- підвищення якості та надійності виготовлення і капітального ремонту машин;
- попередження зносів та відмов машин на основі використання методів діагностування і технічного обслуговування безпосередньо на місцях експлуатації машин;
- збільшення продуктивності праці і ресурсозбереження при технічному обслуговуванні та під час ремонту машин.

*Об'єктом дослідження є технологічний процес відновлення гідравлічного насосу типу НШ-У.*

*Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка ресурсозберігаючої технології відновлення корпусу насоса, яка б дозволяла відновити робочі поверхні колодязів у спряженні із шестернями із високими ступенями точності та якості обробки поверхонь при використанні сучасного технологічного обладнання й включала обґрунтування порядку проведення технологічних операцій усунення дефектів.*

*В результаті виконання кваліфікаційної роботи на основі аналізу особливостей виходу з ладу шестеренних насосів високого тиску типу НШ-У гідросистем автомобілів спеціального рухомого складу та тракторів досліджено можливості їх відновлення методом зменшених ремонтних розмірів. Розроблені заходи створюють позитивні передумови підвищення експлуатаційної надійності як самих насосів, так і гідрофікованої техніки при можливості повторного використання однієї з найбільш відповідальних та вартісних деталей насосів – корпусів та зменшення вартості на проведення ремонтних операцій.*

*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 та списку використаних джерел. Пояснювальна записка викладена на 33 сторінках, що містить 6 рисунків, 9 таблиць та списку використаних джерел з 16 найменувань.

# РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРАВЛІЧНИХ НАСОСІВ

## 2.1. Особливості конструкції насосів високого тиску

Аналіз конструкцій гідравлічних систем різних вантажних автомобілів (навантажувачів) так званого спеціального призначення показав, що в якості гідравлічного силового насосу у всіх конструкціях застосовуються насоси одного типу – шестеренні насоси високого тиску типу НШ.

Серед переваг шестеренних насосів даного типу слід відмітити простоту конструкції й відсутність потреби у проведенні протягом всього строку експлуатації технічних доглядів та налаштувань. Найбільш поширеним представником насосів шестеренного типу, якими оснащуються переважна більшість гідросистем є насоси моделі НШ32-У2.

Основні конструктивні та експлуатаційні показники насосу НШ32-У2 приведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Основні конструктивні та експлуатаційні показники насоса НШ-32У-У2

Показник	Розмірність	Величина
Робочий об'єм	см <sup>3</sup>	31,7
Номінальна кількість обертів	об/хв	1500
Максимальна кількість обертів	об/хв	2400
Мінімальна кількість обертів	об/хв	960
Номінальна продуктивність	л/хв	56
Номінальний тиск рідини	МПа	14,0
Максимальний тиск рідини	МПа	17,5
Коефіцієнт подачі	-	0,9...0,95
ККД насоса	-	0,8...0,85
Маса	кг	5,28
Габаритні розміри	мм	185×146×157
Потужність, що споживається	к.с.	17,0
Робоча температура рідини	°К	323
Робоча рідина - масло М10В <sub>2</sub>		

Аналізуючи конструктивні особливості шестеренного насосу НШ32-У2 приходимо до наступного:

1. У насосі розрізняють робочі органи трьох типів: статор (корпус насоса 2), ротори (ведуча 3 та ведена 4 шестерні) та замикачі (кришка 1, верхні 5 і нижні 6 втулки) (рис. 1.1).

Вал ведучої шестерні ущільнюється саморухомим каркасним ущільнювачем з опорними та стопорними кільцями. Для розмежування зони високого тиску від зони низького тиску у проточках кришки встановлюються O-подібні гумові ущільнювачі 7 (рис. 1.1). Торці втулок, розташовані з боку кришки, знаходяться під дією високого тиску в кільцевій порожнині, яка з'єднана із порожниною нагнітання насоса.

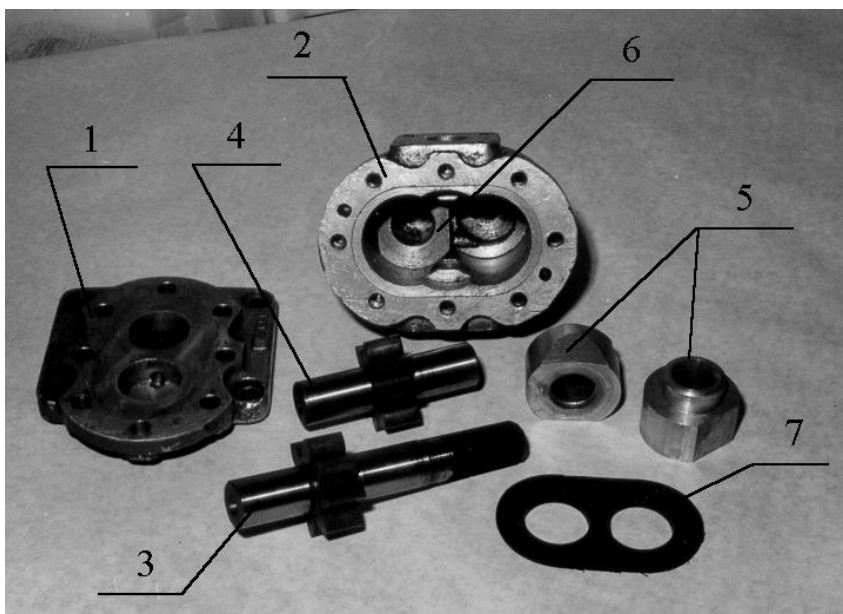


Рисунок 1.1. Основні деталі насоса моделі НШ32-У2:

1 – кришка; 2 – корпус; 3 – ведуча шестерня; 4 – ведена шестерня;  
5 – верхні рухомі втулки; 6 – нижні втулки; 7 – гумовий ущільнювач.

2. Герметичне відділення порожнини нагнітання від порожнини всмоктування насоса відбувається шляхом одночасного замикання за допомогою статора, роторів і замикачів.

3. Ведуча шестерня 3 знаходиться в постійному зачепленні з веденою 4, передаючи їй обертальний рух.

4. Об'ємна подача насоса залежить від геометричних розмірів його активних елементів – шестерень і швидкості обертання вала насоса, а також від об'єму втрат рідини з зони нагнітання до зони всмоктування. При цьому тиск, що розвивається насосом визначається жорсткістю і міцністю його деталей і, в першу чергу, корпуса 2 та підшипників 5 і 6, а також величиною зазорів в спряженнях насоса.

5. Робочий процес насоса супроводжується об'ємними втратами, які обумовлені відсутністю повної герметичності між порожнинами нагнітання та всмоктування і перетіканням рідини, що нагнітається через зазори в спряженнях насоса.

## 1.2. Розподіл внутрішніх втрат робочої рідини в насосі НШЗ2-У2

При складанні насоса, за умови попередження його заклинювання при нагріванні і забезпечення працездатності, передбачені мінімальні, технологічно доцільні, зазори в його спряженнях. Величина зазорів в спряженнях насосів НШЗ2-У2 визначається сучасними технологічними можливостями виробництва і забезпечує коефіцієнт об'ємної подачі (КОП) насосів в межах 0,90...0,96. При зменшенні зазорів в спряженнях, КОП і ресурс насосів збільшується, а збільшення цих зазорів призводить до різкого збільшення внутрішніх втрат робочої рідини.

В процесі експлуатації гідронасосів реалізуються ситуації, коли взаємний вплив у часі всіх двадцяти двох спряжень переплітається настільки, що робить неможливим точну оцінку впливу зазору у кожному окремому спряженні на КОП насоса (пульсуюча дія тиску в камері нагнітання призводить до постійної зміни величин зазорів - динаміки зазорів).

Проведені дослідження дають підстави для висновку - основні втрати рідини з камери нагнітання до камери всмоктування відбуваються за трьома різними напрямками: через радіальний зазор ( $\delta_5$ ); через торцевий зазор ( $\delta_6$ ) та через міжзубцевий зазор ( $\delta_3$ ). Крім того при дефектах профілю зубців шестерень та помилках при їх складанні втрати рідини можуть здійснюватися по лінії контакту зубців, які знаходяться в зачепленні - через зазор  $\delta_3$ , але їх доля в загальному об'ємі втрат незначна.

Отже, основні втрати робочої рідини відбуваються через зазори  $\delta_6$  та  $\delta_5$ . Втрати через зазор в міжзубцевому зачепленні значні (понад 40%) лише в насосах з дуже малими значеннями торцевих та радіальних зазорів (у нових насосах). При зазорах 0,02...0,03 мм (1-2 роки експлуатації) домінуючими є радіальні втрати. Розподіл втрат робочої рідини через різні зазори насосу наведено в таблиці 1.2.

З таблиці 1.2 бачимо, що найбільші втрати, припадають на зазори в спряженні "корпус - шестерні" - 44...75%, стикові поверхні втулок 18,6...44% та через міжзубцевий контакт 3,5...8,2%. Сумарні втрати через зазначені спряження складають 96,8...98%.



Таблиця 1.2. Залежність внутрішніх втрат в різних зазорах насоса від тиску, що розвивається та температури робочої рідини

Втрати робочої рідини через зазори	Об'єм втрат рідини через зазори в залежності від зміни тиску і температури		
	$P_1 = 5 \text{ МПа}$ $t_1 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$	$P_2 = 7 \text{ МПа}$ $t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$	$P_3 = 10 \text{ МПа}$ $t_3 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$
$\delta_5$	54,2	44,4	75,9
$\delta_2$	36,8	44,2	18,6
$\delta_3$	6,9	8,2	3,5
$\delta_6$	1,1	1,4	0,6
$\delta_1$	0,19	0,23	0,1
$\delta_4$	0,012	0,024	0,019

### 1.3. Аналіз характеру зношення основних деталей насосів НШ32-У2

Оскільки з технологічної точки зору всі деталі насоса складають один розмірний ланцюг, то спрацювання одних неминує спричиняють спрацювання інших. Найбільшим «слабким місцем» насосів НШ-У є підшипники ковзання, а саме опорні втулки, які додатково виконують роль торцевих замикачів. Спрацюванню підлягають всі без винятку робочі поверхні втулок які сприймають - гідроабразивне, абразивне, ерозійне та кавітаційне спрацювання.

Так, має місце значне спрацювання по робочих торцях втулок, особливо по перемичці між діаметром цапф і границею діаметра западин зубців шестерень, який складає в середньому 0,05 мм. Відбувається зминання втулок, особливо верхніх, з боку всмоктування по зовнішньому діаметру, що спричинено як змінними навантаженнями в радіальному напрямку, так і впливом биття приводу. Величина зминання складає 0,02...0,05 мм.

Під дією пульсуючого радіального навантаження відбувається зминання опорних торців нижніх втулок, яке досягає величини 0,5 мм. Просідання вузла качання на величину до 1,2 мм супроводжується асиметричним розташуванням шестерень відносно центрів отворів всмоктування та нагнітання, і спричиняє зменшення КОП насоса за рахунок виникнення додаткового опору на лініях всмоктування та нагнітання і збільшення втрат робочої рідини через гумові ущільнювачі.

Основними дефектами шестерень, які потрапили до ремонту є спрацювання цапф і вершин зубців по діаметру, спрацювання шестерні по ширині, а зубців – за евольвентним профілем. Робочі поверхні шестерень сприймають абразивне спрацювання.

Конструктивна схема насоса НШЗ2У-2 виконана таким чином, що останній за довжиною є нерівножорстким. Крім того, однобічна дія гідравлічних сил з боку камери нагнітання призводить до характерного спрацювання корпусу - його колодязів по зовнішньому діаметру та довжині. Дія змінного за величиною радіального навантаження призводить до спрацювання торців нижніх втулок, що викликає знос кільцевих поверхонь дна колодязів корпусу з боку камери нагнітання до 0,05 мм.

Найбільше спрацювання корпусу відбувається в спряженні «колодязь корпусу - вершини зубців шестерень» з боку камери всмоктування. Величина зносу досягає значень 0,25...0,30 мм.

#### **1.4. Технологічний процес ремонту насосів НШЗ2-У методом зменшених ремонтних розмірів**

Технологічний процес ремонту гідронасосів складається з комплексу операцій, частина яких виконується в певній технологічній послідовності, а частина паралельно. Найбільша тривалість операцій, що виконуються послідовно, носить назву критичного шляху і визначає тривалість знаходження насосів в ремонті. Збільшення часу виконання будь-якої критичної операції веде до відстрочення всього комплексу робіт, а це беззаперечно впливає на техніко-економічну ефективність ремонту.

Проведений за літературними джерелами аналіз даних дає підстави стверджувати, що при ремонті гідравлічних насосів типу НШ-У «критичною деталлю» є корпус гідронасоса, а «критичними операціями» - операції, на яких в тому чи іншому стані перебуває корпус.

Метою запропонованого технологічного процесу ремонту є підвищення ефективності ремонту насосів НШЗ2У-2 методом зменшених ремонтних розмірів. Це забезпечується:

- зменшенням собівартості ремонту насосів, що досягається скороченням довжини «критичного шляху» ремонту корпусів, за рахунок застосування маловитратної технології розточування окремих ділянок та можливості повторного їх використання;

- збільшенням довговічності відремонтованих насосів, за рахунок зменшення питомих навантажень на ротори насоса, що позитивно впливає не тільки на надійність підшипників ковзання, а й на зменшення зносів спряжених деталей насоса.

Технологічний процес ремонту насосів типу НШ-У у вигляді блок-схеми наведено на рис. 1.2.

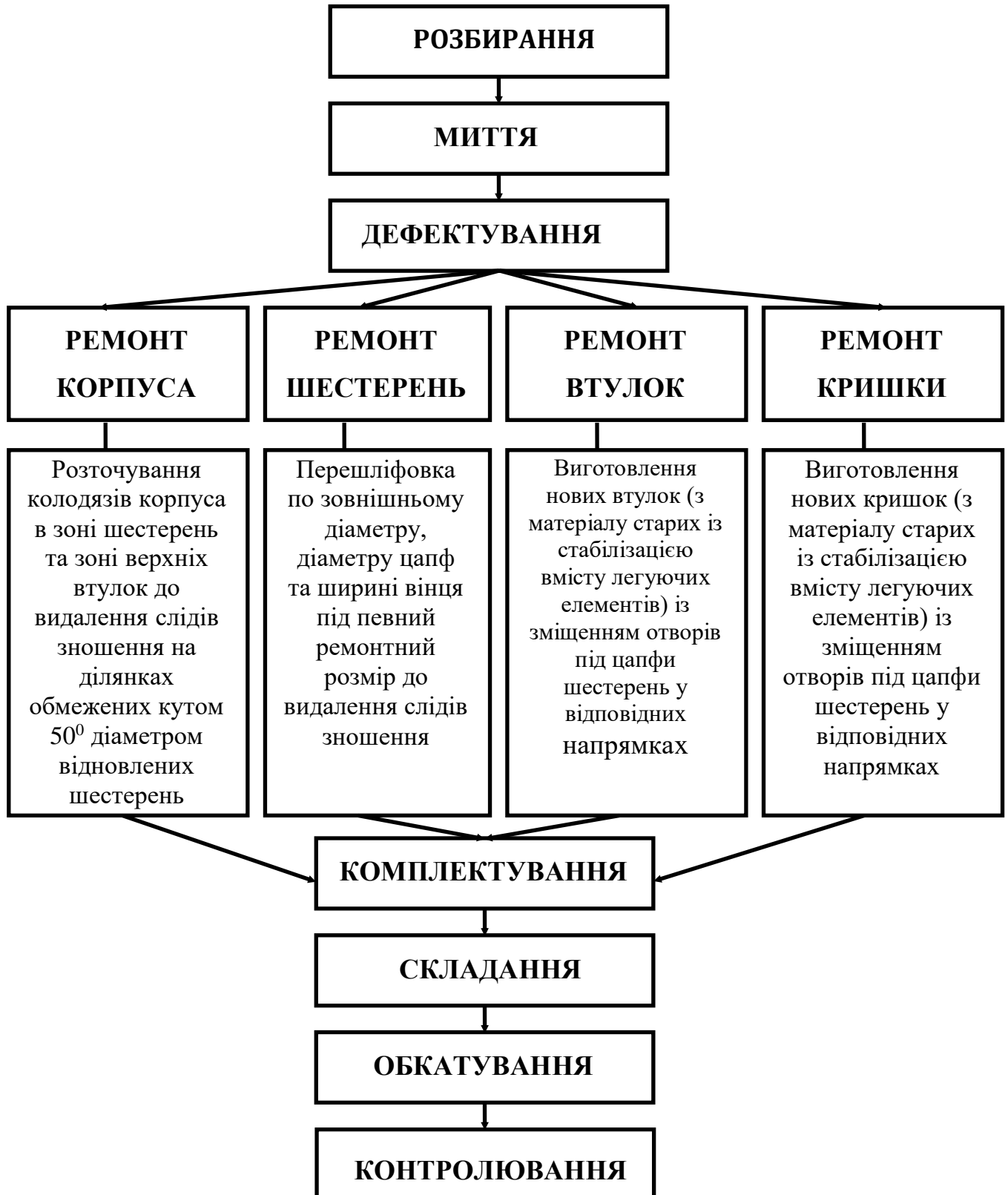


Рис. 1.2. Блок-схема технологічного процесу ремонту шестеренних насосів типу НШ-У за запропонованою технологією

Після розбирання і миття деталі насоса потрапляють на дефектування. Дефектування шестерень здійснюють за величиною зносу за зовнішнім діаметром та шириною вінця.

Найбільш проста та раціональна технологія відновлення шестерень полягає в шліфуванні їх за трьома поверхнями: за зовнішнім діаметром вершин зубців, діаметром цапф та шириною вінця. Ремонтні розміри шестерень в залежності від категорії ремонту наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3. Ремонтні розміри шестерень

Категорія ремонту	Зовнішній діаметр вершин зубців, мм	Діаметр цапф, мм	Ширина вінця, мм
Розмір за кресленням	$55_{-0,145}^{-0,080}$	$26_{-0,095}^{-0,080}$	$22^{+0,45}$
$P_1$	$54,8_{-0,02}$	$25,8_{+0,005}^{+0,020}$	$21,8_{-0,04}$
$P_2$	$54,6_{-0,02}$	$25,7_{+0,005}^{+0,020}$	$21,7_{-0,04}$
$P_3$	$54,4_{-0,02}$	$25,6_{+0,005}^{+0,020}$	$21,5_{-0,04}$

Разом з тим, можливість застосування тієї чи іншої технології ремонту насосів, навіть при застосуванні технології перешліфування шестерень до видалення слідів зношення, залежить багато в чому від можливості відновлення саме дефектів корпусів.

### **1.5. Технологічний процес дефектування корпусів насосів НШ32-2У. Дефекти, технічні вимоги на дефектування. Вибір обладнання та інструменту для дефектування. Складання маршруту відновлення**

Дефектування будь-якої деталі - це технологічний процес визначення її технічного стану з метою виявлення можливості її подальшого використання в умовах експлуатації або придатності до ремонту [16].

При дефектуванні деталі складається відомість дефектів, яка являється основним документом для проведення в подальшому ремонтних робіт та відновлювальних операцій, для визначення потреби в запасних частинах, ремонтних матеріалах, які в загальному складають собівартість ремонту машини [16].

Після проведення дефектування деталі поділяють на п'ять груп і маркують наступними кольорами.

Для зменшення трудомісткості процесу дефектування необхідно придержуватися тій послідовності контролю, яка вказана в технологічних картах, де спочатку приводяться дефекти, які найбільш часто зустрічаються.

Дефектування деталей виконують на спеціально обладнаному робочому місці. Під час проведення контролю та дефектування забороняється бракувати деталі, зноси яких не перевищують допустимі.

Технологічна карта дефектування корпусу шестеренного насоса НШ32-У2 гідросистем автомобілів спеціального рухомого складу приведена в табл. 1.4.

Таблиця 1.4. Технологічна карта дефектування корпусу шестеренного насоса НШ32-У2

Найменування дефекту	Розміри, мм		Засоби контролю		Висновок
	За кресленням	Поверхні, що контролюється	Найменування	Позначення	
Знос поверхні колодязів під шестерню	$55^{(+0,02)}_{(-0,01)}$	$55^{(+0,02)}_{(-0,01)}$ - $55,9^{(+0,02)}_{(-0,01)}$	Нутромір індикаторний	НИ 50-100	Ремонтувати
Знос поверхні колодязів під шестерню	$55^{(+0,02)}_{(-0,01)}$	Більше $55,9^{(+0,02)}_{(-0,01)}$	Нутромір індикаторний	НИ 50-100	Бракувати
Зношення поверхонь під шланги	$112_{-0,4}$	$110_{-0,4}$	Штангенциркуль	ШЦ 1-125-0,1	Ремонтувати
Змінання різьби	Не допускається змінання більш як двох ниток різьби		Пробка	8133-09817	Ремонтувати
Тріщини, забоїни	Не допускається		Візуальний огляд	-	Бракувати

Дефекти деталей в процесі експлуатації з'являються неодноразово. Тому партія одно іменних деталей, які підлягають ремонту, може мати різні сполучення дефектів, які будуть впливати на послідовність виконання операцій і на вибір способу відновлення.

При відновленні деталей використовується, частіше всього, маршрутна технологія, згідно до якої призначається технологія відновлення деталей. Кількість деталей, які входять в кожний маршрут, визначається згідно статистичних даних їх сполучення.

Дефекти, які зустрічаються при дефектуванні корпусу шестеренного насоса НШ-32У2 гідросистеми автомобілів із вказаними маршрутами їх відновлення наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5. Маршрути відновлення дефектів корпусів шестеренних насосів НШ32-У2

№	Найменування дефекту	Номер маршруту		
		I	II	III
1	Знос поверхні колодязів під шестерню	+	+	+
2	Знос поверхні колодязів під шестерню	-	-	+
3	Зношення поверхонь під шланги	+	-	+
4	Змінання різьби	+	+	+
5	Тріщини, забоїни	-	-	+

При дефектуванні корпусу насоса НШ-32У2 найбільш часто зустрічаються дефекти в сполученнях «1», «3» та «4», що відповідає маршруту I.

Для маршруту I розробляємо технологічний процес відновлення корпусу насоса НШ32-У2 гідросистем автомобілів.

### 1.6. Огляд існуючих способів відновлення корпусів насосів НШ32-У2

Відновлення зношених деталей забезпечує збільшення строку їх роботи, знижує витрати на запасні частини, витрати матеріальних й трудових ресурсів. Існує велика кількість прогресивних способів відновлення.

Як вже зазначалося в загальному та науковому розділах роботи, корпус насоса відрізняється складною формою й водночас високими вимогами до точності виготовлення та шорсткості робочих поверхонь. Особливості робочого процесу насоса обумовлюють несиметричний характер зносу робочих поверхонь корпусу. Так найбільшому зносу підлягає його робоча поверхня в зоні контакту з вершинами зубців з боку камери всмоктування (рис. 1.3). Такі особливості, а також незначні величини зносів робочих поверхонь необхідно враховувати при виборі способу відновлення корпусу.

Крім того, застосування в якості матеріалу корпусу сплаву Ал-9 не забезпечує оптимальної довговічності роботи, так як зазначений матеріал має порівняно низькі показники твердості та зносостійкості.

Існуючі технологічні процеси відновлення корпусів в основному передбачають використання не зношеної порожнини нагнітання замість порожнини всмоктування; розточування колодязів корпусу під зменшений

ремонтний розмір; встановлення металевих вставок (гільзування) на поверхнях колодязів корпусу з наступним їх розточуванням; нанесення клеєвої суміші на стінки і дно колодязів корпусу з наступним їх розточуванням; відливання нових корпусів з матеріалу зношених тощо.

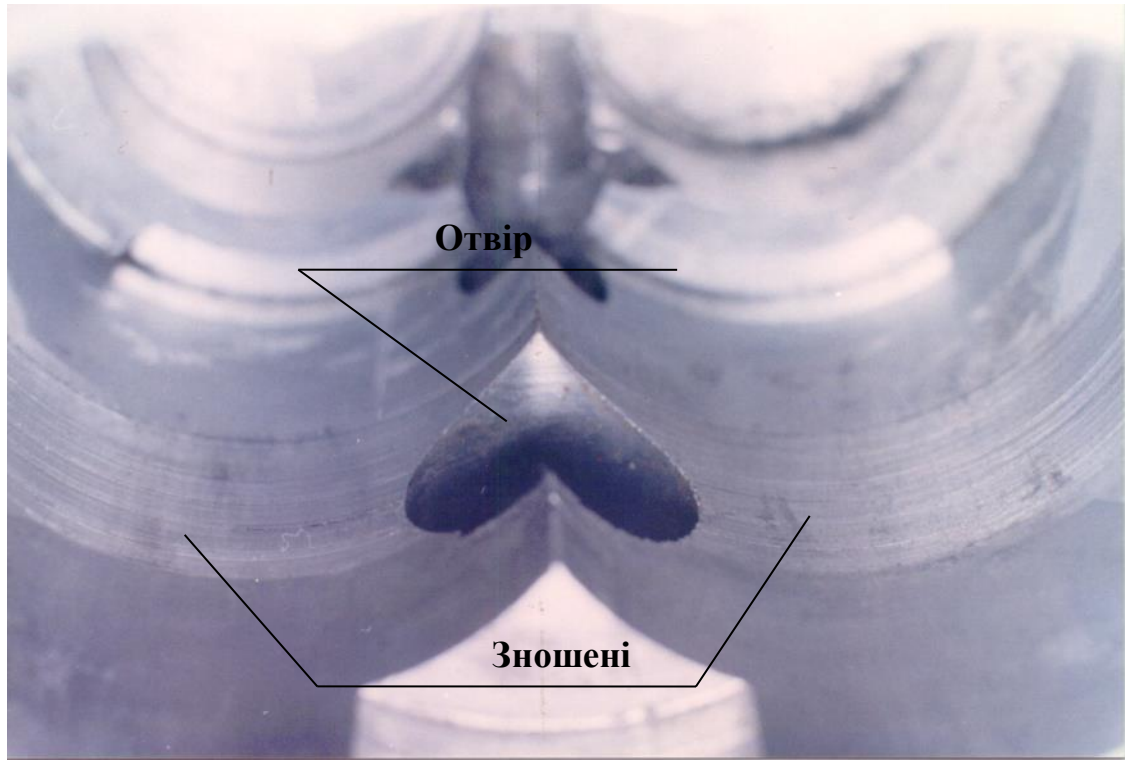


Рис. 1.3. Характер розташування максимального зносу колодязів корпусу

Аналіз ремонтного фонду корпусів при проведенні дефектувальних операцій виявив певні особливості зношувального стану даної деталі. Так визначено, що близько 95% корпусів мають зношені поверхні в спряженні з вершинами зубців шестерень (радіальний зазор), причому майже 30% від цієї кількості мають величину зносу яка відповідає дефекту 1 (зношення отворів до діаметра менше ніж  $55,9^{(+0,02)}_{(-0,01)}$  мм). При цьому ремонт насоса здійснюється за рахунок встановлення заново виготовленого корпусу за технологією заводу-виготовлювача, що значно підвищує собівартість відновлення (вартість виготовлення нового корпусу складає близько 45% від вартості всього насоса).

Одним з поширених на цей час є спосіб ремонту корпусів під номінальний розмір - відливанням з матеріалу спрацьованих із дотриманням, під час наступної механічної обробки технологічних розмірів нового корпусу. Спосіб характеризується можливістю комплектування новими, або відновленими під номінальний розмір шестернями, що зумовлює відновлення ОП та КОП відремонтованих насосів до номінального значення.

Поширення способу стримується наявністю досить складної технології, яка

передбачає використання великої кількості вторинної сировини різного хімічного складу, складного обладнання та технології наступної механічної обробки та створенням шкідливих умов праці.

При відновленні корпусів введенням додаткових деталей використовують гільзи виготовлені з сірого чавуну, сплавів алюмінію АЛ-5, АЛ-9 тощо. Гільзи ллють в металевій формі-кокілю, яка нагріта до температури 250...300 °С. Відлиті гільзи встановлюють у попередньо розточений корпус насоса, який змазаний епоксидним клеєм; сушіння проводять в термошафі. Кінцевою операцією є механічна обробка.

До недоліків способу слід віднести: високу трудомісткість, додаткове використання матеріалів, менший ресурс роботи відновленого корпусу у порівнянні з іншими способами відновлення. Крім того застосування в якості вставок алюмінію Ал-5, Ал-9 не забезпечує оптимальної довговічності насосів.

У ремонтному виробництві в останній час використовуються різні способи електроконтактного нанесення матеріалів на робочі поверхні деталей, компенсуючих величину зносу. При відновленні корпусів наплавленням їх спочатку нагрівають до 200...220<sup>0</sup>С. Після наплавлення корпус піддають термічній обробці по режиму Т6 (загартування + старіння). Для наплавлення використовують дріт діаметром 1,6...2 мм з алюмінієвих сплавів АМг5, АМг6, АМг7, Д-20 та В-92, який попередньо піддається хімічному очищенню. До переваг способу відносять: можливість зміни механічних властивостей наплавленого шару та доступність способу. Недоліки полягають у значному використанні матеріалу для наплавлення та великих витратах енергії.

Розроблено спосіб відновлення корпусів методом деформування під час кристалізації металу гільзи. Сутність його полягає у відновленні спрацьованих поверхонь заливанням рідкого сплаву АЛ9 між стінками відновлюваної та оформлюючої деталі з пресуванням його під час кристалізації.

До переваг способу слід віднести збільшення щільності та герметичності, усунення ліквіації, поліпшення фізико-механічних властивостей корпусу. Основним недоліком запропонованого методу є використання складної технології та обладнання, шкідливі умови праці.

Всі наведені способи мають одну спільну рису: відновлення корпусу здійснюється за умови збереження його конструктивних особливостей, а саме суцільності стінок та днища корпусу.



## РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1. Обґрунтування запропонованих конструкторських рішень

Згідно до розробленої технології ремонту шестеренних насосів типу НШ-У (зокрема ШШ32-У2) відновлення основних деталей – корпусу та шестерень проводиться шляхом використання металообробних операцій, а саме:

- відновлення шестерень здійснюється за трьома робочими поверхнями до видалення слідів зношення - поверхонь цапф за зовнішнім діаметром, зовнішнього діаметру вершин зубців та торців. Видалення зношеного шару металу з вище перелічених поверхонь під певні ремонтні розміри проводиться на круглошліфувальному універсальному верстаті підвищеної та особо високої точності (041311) ЗУ10А (рис. 2.1) із дотриманням режимів обробки наведених в табл. 2.1.

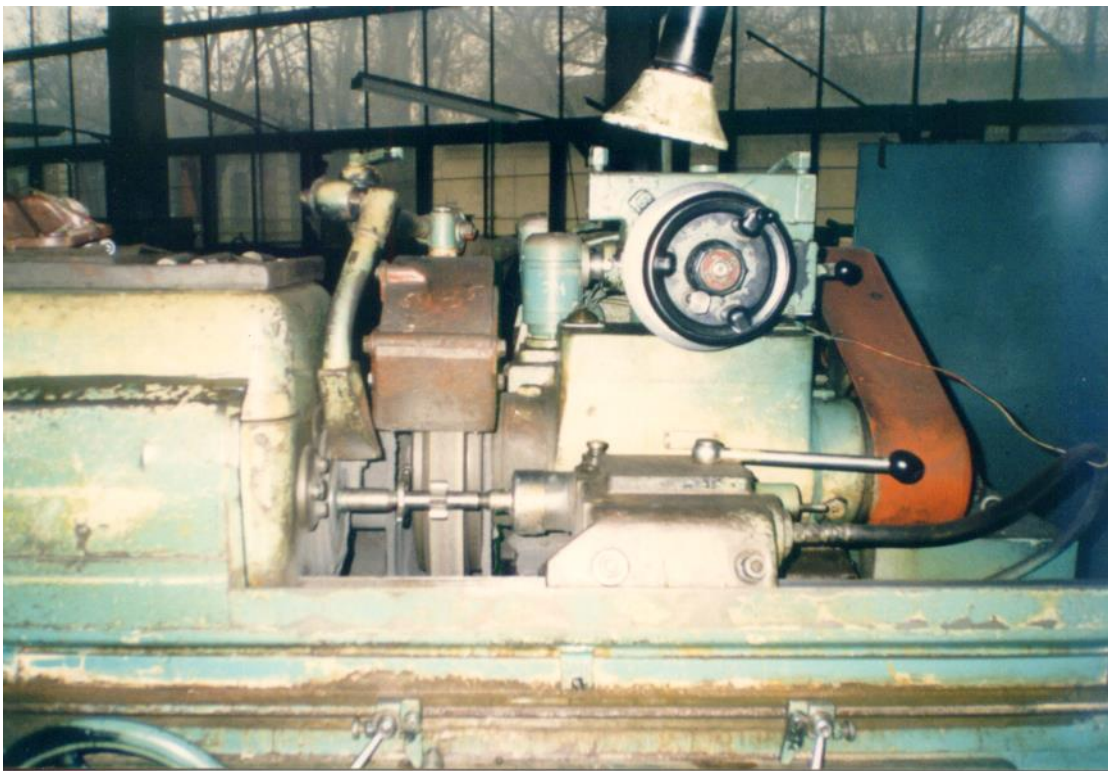


Рисунок 2.1. Шліфування шестерень за трьома робочими поверхнями на універсально-шліфувальному верстаті ЗУ10А

- відновлення корпусу полягає в розточуванні його колодязів в зонах розташування передніх втулок та зоні шестерень до видалення слідів зношення в певних напрямках на величини, обумовлені необхідністю видалення зношеного шару металу, діаметру перешліфованих шестерень та надійного ущільнення втрат робочої рідини через радіальний зазор. Розточування проводимо на вертикально-розточувальному одностійковому верстаті з координатним столом підвищеної точності (041241) 2У430 (рис. 2.2) при дотриманні режимів наведених в табл. 2.1. При цьому величина і напрямок зміщення інструменту задається координатами, а за базу приймаються колодязі корпусу в зоні встановлення нижніх нерухомих втулок.

Таблиця 2.1. Режими, ріжучий інструмент та пристосування для відновлення робочих поверхонь шестерень та корпусу

Деталь	Поверхня	Обладнання та пристосування	Режими обробки		
			<i>S</i>	<i>n</i>	<i>V</i>
Шестерня	Діаметр цапф	Верстат кругло-щліфувальний 3У10А	0,2	1600	282
	Діаметр вінця		0,2	1600	282
	Ширина вінця		0,1	1600	146
Корпус	Колодязь	Верстат горизонтально-розточний 2У430 Різець 2142-4010	0,215	800	129

- відновлення зазорів у спряженні втулок з шестернями та корпусом відбувається за рахунок виготовлення нових втулок із розмірами робочих поверхонь, які дозволяють компенсувати зміну розмірів шестерень на ремонтні та розточування колодязів корпусу в певних напрямках. Всі інші технологічні розміри приводяться до розмірів нових втулок із застосуванням стандартної технології виготовлення.

Після цього відновлення деталей насосу проводиться комплектування насоса деталями, відновленими під певний ремонтний розмір, із наступним його складанням та заміною гумово-технічних виробів й обов'язковим обкатуванням. При обкатуванні застосовується стандартна методика.

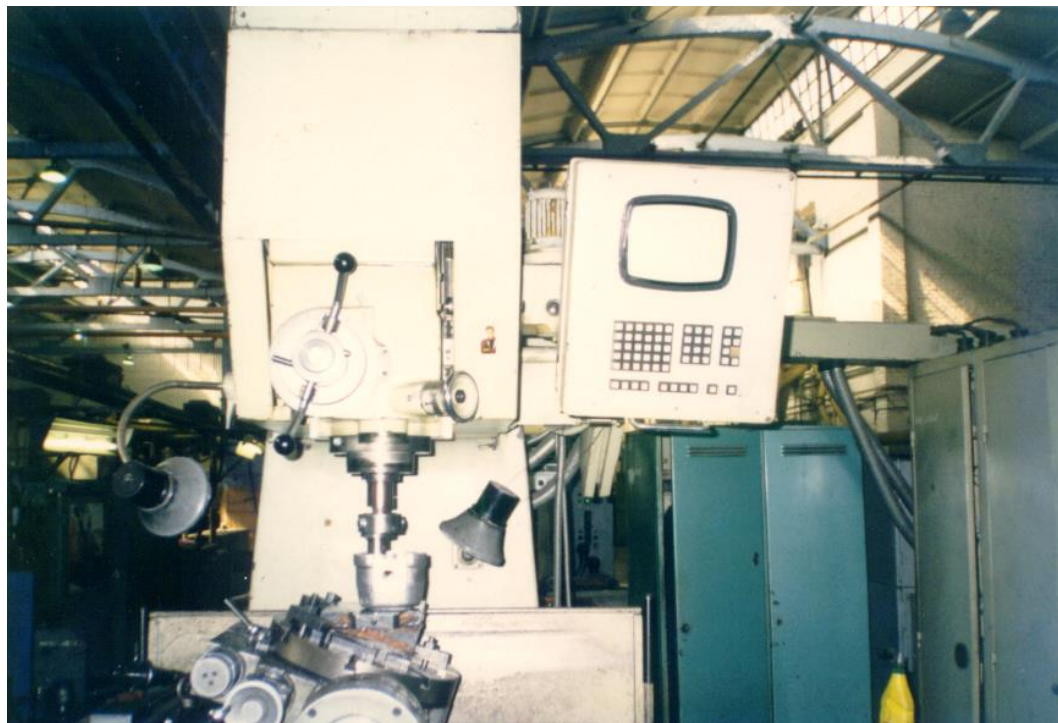


Рисунок 2.2. Розточування колодязів корпусу на вертикально-розточувальному верстаті 2У430

Разом з тим, якщо закріплення шестерень під час обробки не викликає ускладнень, то із базуванням корпусу на столі верстату 2У430 вони виникають. В першу чергу це пов'язано із необхідністю закріплення корпусу насоса на столі верстату – від жорсткості системи “робочий стіл - корпус” при механічній обробці поверхонь колодязів різцем залежить точність обробки та якість відновлення. З іншої сторони, збільшення часу на закріплення корпусів впливає на собівартість відновлювальних й ремонтних операцій, що може не враховуватися лише при штучному або дрібносерійному виробництві. За умов дрібносерійного або масового виробництва, при значній витраті часу на закріплення та перезакріплення корпусів, підприємство може втратити багато виробничого часу та відповідно збільшити собівартість ремонтних операцій при погіршенні якості.

Продуктивність при відновленні корпусів можна значно підвищити при використанні механізованих затискних пристроїв, які дозволяють з високим ступенем точності у найкоротші терміни провести базування корпусу на столі розточувального верстату. Саме тому, в конструкторському розділі даної кваліфікаційної роботи мною запропоновано конструкцію оригінального затискного

пристосування із пневматичним приводом для затискання корпусів насосів НШ32-У2.

## 2.2. Призначення, будова та загальний принцип роботи оригінального пристосування для закріплення корпусів насосів НШ32-У2

На рис. 2.3 показано схему оригінального пристосування для закріплення корпусів насосів НШ32-У2 на столі координатно-розточувального верстату 2У430 під час проведення технологічних операцій механічного розточення колодязів корпусу до видалення слідів зношення у визначених зонах, яке пропонується для використання в технологічному процесі ремонту шестеренних.

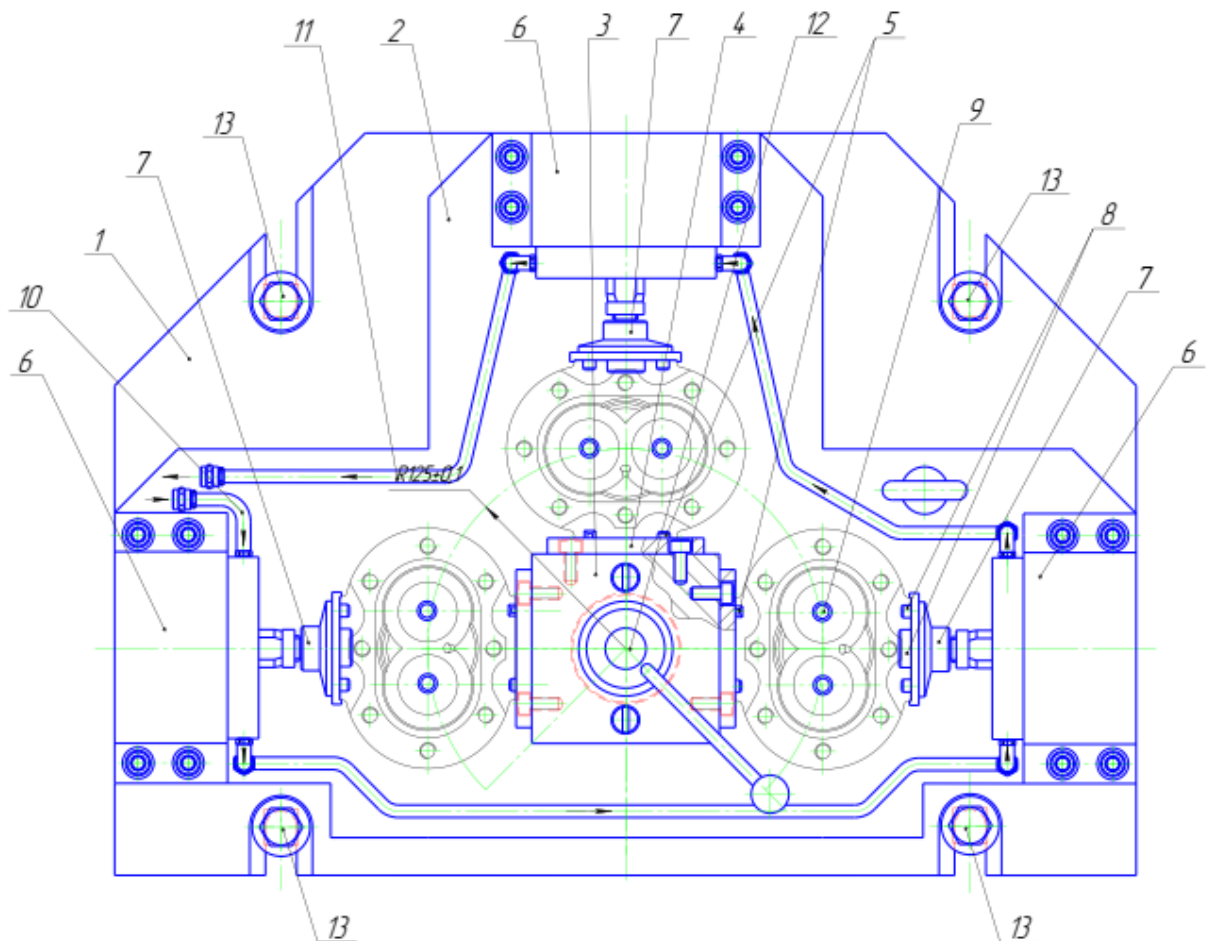


Рис. 2.3. Конструктивна схема оригінального пристосування для закріплення корпусів насосів НШ32-У2 на столі координатно-розточувального верстату:  
1 — плита; 2 — поворотна платформа; 3 — установочна бобишка; 4 — упорні пластини; 5 — напрямні пальці упорних пластин; 6 — пневмоциліндри; 7 — притискні фланці; 8 — напрямні пальці фланців; 9 — упорні пальці; 10 — пневмотрубопровід подачі; 11 — відвідний пневмотрубопровід; 12 — механізм фіксації поворотної платформи; 13 — фіксатори для кріплення пристосування на столі розточувального верстату.

Пристосування дозволяє одночасно провести базування трьох корпусів насосів НШ32-У2 із можливістю зміни їх просторового положення у

закріпленому стані для більш точного й швидкого підведення потрібного корпусу насосу в робочу зону розточувальної координатної головки.

Принцип роботи пристосування наступний. Корпуси насосів НШЗ2-У2 у кількості 3-ох штук одночасно розміщуються на поворотній платформі 2 (рис. 2.3). Базування корпусів здійснюється за допомогою напрямних пальців 8 притискних фланців 7, які закріплені на установочній бобишці 3. В свою чергу остання кріпиться болтами до рухомої платформи 2 й крім того в ній розміщується механізм фіксації поворотної платформи 12, який приводиться в дію оператором у разі виникнення потреби в зміні черговості обробки одного з трьох закріплених корпусів.

Закріплення корпусів здійснюється в наступний спосіб. Після розміщення корпусів на поворотній платформі, подається стиснене повітря із загальноцехової мережі одночасно до всіх пневматичних силових циліндрів 6 по пневмотрубопроводу подачі 10. При цьому відбувається переміщення їх поршнів разом із силовими штоками які закінчуються притискними фланцями 7. Притискні фланці притискають корпуси насосів до упорних пластин 5 установочної бобишки 3. Базування корпусів при цьому здійснюється потраплянням установочних пальців притискних фланців 5 та пальців упорних пластин 8 у відповідні різьбові отвори корпусів розташованих на фланцях кріплення трубопроводів подачі та всмоктування масла.

При зміні черговості розточування корпусів проводиться послаблення фіксації поворотної платформи 2 відносно плити 1 шляхом впливу з боку оператора на механізм фіксації поворотної платформи 12 без необхідності вивільнення корпусів – корпуси у закріпленому стані змінюють свої положення разом із платформою та силовими пневмоциліндрами. При цьому, для запобігання пошкодження пневматичної системи підводу повітря від мережі дільниці до мережі пристосування та її розгерметизації, поворот платформи із закріпленими корпусами здійснюється на кут  $\pm 90^0$  від початкового положення.

Після почергової обробки всіх корпусів тиск повітря в мережі пристосування знімається й відбувається демонтування оброблених корпусів та встановлення інших.

Загалом пристосування призначене для обробки внутрішніх колодязів корпусів насосів НШЗ2-У2, але при зміні розташування базуючих деталей на поворотній платформі, упорній бобищі та притискних фланцях пневматичних циліндрів його можна використовувати для закріплення корпусів зазначених насосів наприклад при фрезеруванні площини кріплення кришки, фрезеруванні фланців та днища тощо на столах різних верстатів. При зміні ж розмірів основних несучих та базуючих деталей, дане пристосування може бути використане й для закріплення корпусів інших насосів при відновленні їх різних поверхонь.

### 2.3. Розрахунки за елементами пристосування

Згідно до наведеної на рис. 2.3 схеми пристосування, для ефективного та надійного закріплення корпусів необхідно визначитися із потрібним зусиллям притискання фланців та розрахувати основні параметри силових пневматичних циліндрів.

*2.3.1. Розрахунок параметрів силових пневматичних циліндрів.* З огляду на повні конструктивні ідентичність всіх трьох силових пневматичних циліндрів розрахунок проводимо для одного. Розраховуємо основні геометричні параметри пневматичного циліндра спираючись на наступні вихідні дані.

1. Приймаємо максимальну швидкість прямого і зворотного ходу поршня циліндру  $V_n = 0,05 \text{ м/с}$ . [5, 8].

2. Час розгону при прямому ході -  $f = 0,02 \text{ с}$  [5, 8].

3. Тиск у напірній лінії системи -  $P = 5,0 \text{ МПа}$ .

4. ККД циліндра -  $\eta = 0,95$ .

Визначаємо силу інерції поршня циліндру під час розгону за формулою:

$$P_{ин} = \frac{P_{cm}}{g \cdot f} \cdot V, \quad (2.1)$$

де  $P_{cm}$  - статичний тиск в циліндрі, Н.

Так, як зусилля від поршня циліндра безпосередньо передається через його шток на притискний фланець то:

$$P_{cm} = P_{nid}, \quad (2.2)$$

де  $P_{nid}$  - потрібне зусилля, яке приймаємо з технологічних міркувань.

Приймаємо величину зусилля, яке розвиває пневматичний циліндр  $P_{cm} = 30,0 \text{ кН}$ .

Тоді сила інерції поршня під час розгону складе [5, 8]:

$$P_{in} = \frac{30000}{9,81 \cdot 0,02} 0,05 = 7645,3 \text{ Н.}$$

Фактична сила:

$$P_{\phi} = P_{cm} + P_{in}, \quad (2.3)$$

де  $P_{cm}$  - статична сила;

$P_{in}$  - сила інерції під час розгону.

$$P_{\phi} = 30000,0 + 7645,3 = 37645,3 \text{ Н}$$

Розрахункове зусилля:

$$P_p = \frac{P_{\phi}}{\eta} = \frac{37645,3}{0,95} = 39626,6 \text{ Н} \quad (2.4)$$

Внутрішній діаметр циліндру визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_p}{P \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 39626,6}{5 \cdot 3,14}} = 100,5 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Отримане значення округлюємо до стандартного значення, приймаємо  $D_y = 100,0 \text{ мм}$ .

Визначаємо діаметр штоку циліндра:

$$d_{um} = D \cdot (0,2 \dots 0,7);$$

$$d_{um} = 100,0 \cdot 0,25 = 25,0 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_{um} = 25,0 \text{ мм}$ .

Визначаємо товщину стінки циліндра:

$$\delta_{cm} = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{[\sigma]_p + 1,2P}{[\sigma]_p - 1,2P}} - 1, \quad (2.6)$$

де  $[\sigma]_p$  - допустима напруга при розтягуванні,  $[\sigma]_p = 180 \text{ МПа}$ .

$P$  - тиск у напірній лінії,  $P = 5,0 \text{ МПа}$ .

$$\delta_{cm} = \frac{100}{2} \sqrt{\frac{180 + 1,2 \cdot 5,0}{180 - 1,2 \cdot 5,0}} - 1 = 8,1 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $\delta_{cm} = 8,0 \text{ мм}$ .

Потужність циліндра при статичному навантаженні складає:

$$N = P_{cm} \cdot V = 30000 \cdot 0,05 = 1500 \text{ Вт} = 1,5 \text{ кВт}. \quad (2.7)$$

2.3.2. Розрахунок гвинтів кріплення установочної бобишки до поворотної платформи (рис. 2.3). Кріплення здійснюємо за допомогою чотирьох гвинтів  $M8 \times 40.109.40X.019$  ГОСТ 11738-84 позиція 27 в специфікації на креслення загального виду пристосування. При загальній кількості гвинтів 4 шт. розрахунок проводимо для одного гвинта.

Напруження зрізу в різьбі гвинта визначаємо за формулою:

$$\tau_{zp} = \frac{Q_3}{\pi \cdot d_1 \cdot K \cdot H \cdot K_m} \leq [\tau_{zp}] \text{ МПа}, \quad (2.8)$$

де  $Q_3$  – зусилля затягування від моменту затяжки [5, 8];

$d_1$  – внутрішній діаметр різьби ( $d_1 = 6,918 \text{ мм}$ ) [5, 8];

$K$  – коефіцієнт повноти різьби ( $K = 0,87$ ) [5, 8];

$H$  – висота головки гвинта ( $H = 13 \text{ мм}$ ) [5, 8];

$K_m$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження за витками різьби, з урахуванням пластичних деформацій [5, 8] ( $K_m = 0,75$ ).

В свою чергу:

$$Q_3 = \frac{M_{зам}}{\frac{d_c}{2} \operatorname{tg}(\psi + \rho') + \frac{1}{3} f \frac{D_{кл}^3 - d_c^3}{D_{кл}^2 - d_c^2}} H, \quad (2.9)$$

де  $M_{зам}$  – момент затяжки, регламентований при складанні спряження ( $M_{зам} = 8000 \text{ Н}$ );

$d_c$  – середній діаметр різьби;



$\psi$  - кут підйому різьби ( $\psi=2^{\circ}30'$ );

$\rho'$  - кут тертя різьби:

$$\rho' = \frac{\rho}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (2.10)$$

де  $\rho$  - кут тертя,  $\operatorname{tg} \rho = f = 0,15$ , тобто  $\rho = 8^{\circ}32'$ ;

$\alpha$  - кут профілю різьби ( $\alpha = 60^{\circ}$ ).

Тоді:

$$\rho' = \frac{8^{\circ}32'}{\cos 30^{\circ}} = \frac{8^{\circ}32'}{0,866} = 9^{\circ}51'.$$

I, нарешті,  $D_{кл}$  – діаметр ключа ( $D_{кл} = 7,2$  мм).

Визначаємо зусилля затягування від моменту затяжки:

$$Q_3 = \frac{8000}{\frac{7,42}{2} \operatorname{tg}(2^{\circ}30' + 9^{\circ}51') + \frac{1}{3} \cdot 0,15 \frac{7,42^3 - 7,2^3}{7,42^2 - 7,2^2}} = 27304,5 \text{ Н}.$$

Підставивши усі необхідні величини отримуємо напруження зрізу в різьбі гвинта [5, 8]:

$$\tau_{зр} = \frac{27304,5}{3,14 \cdot 6,918 \cdot 13 \cdot 0,87 \cdot 0,75} = 148,2 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження на зріз  $[\tau] = 0,3 \sigma_m$ .

Межа текучості для матеріалу гвинта (ст. 40Х)  $\sigma_m = 900$  МПа, тоді  $[\tau_{зр}] = 0,3 \cdot 900 = 270$  МПа [5, 8].

Тобто умова міцності гвинтів на зріз виконується [5, 8]:

$$\tau_{зр} < [\tau_{зр}] - 148,2 \text{ МПа} < 270 \text{ МПа}.$$

Напруження зрізу в різьбі гайки. Так як гвинти закручуються безпосередньо в тіло деталі (деталь “Бобишка”) приймаємо довжину різьбової ділянки (товщину гайки) яка дорівнює – 30 мм [4, 5, 8]

$$\tau_{зр} = \frac{Q_3}{\pi \cdot d \cdot K \cdot H \cdot K_m} = \frac{27304,5}{3,14 \cdot 8 \cdot 0,87 \cdot 30 \cdot 0,75} = 149,0 \text{ МПа};$$
$$149,0 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 270,0 \text{ МПа}$$

Напруження розтягування у гвинті:

$$\sigma_p = \frac{4Q_3}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (2.11)$$

де  $[\sigma_p]$  – допустиме напруження матеріалу гвинтів при розтягуванні:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{n}, \quad (2.12)$$

де  $n$  – коефіцієнт запасу при регламентованому зусиллі початкового зтягування ( $n = 1,5$ )[5, 8];

Тоді:

$$[\sigma_p] = \frac{900}{1,5} = 600 \text{ МПа.}$$

Напруження розтягування у гвинті:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 27304,5}{3,14 \cdot 6,918} = 502,7 \text{ МПа.}$$

Тобто:  $\sigma_p < [\sigma_p]$  -  $502,7 \text{ МПа} < 600 \text{ МПа}$ .

Умова виконується – стійкість гвинтів гарантується.

## 2.4. Техніка безпеки при роботі із пристосуванням

При роботі із застосуванням пристосування необхідно керуватися загальними правилами техніки безпеки при роботі на верстатах та технологічному обладнанні, так як пристосування призначене для використання разом із такими видами технологічного обладнання і без нього не використовуються.

Загальні правила техніки безпеки при використанні розробленого пристосування наступні.

1. Із пристосуванням забороняється працювати робітникам, молодшим вісімнадцятирічного віку.

2. Забороняється працювати із пристосуванням з явними ознаками наявних дефектів та пошкоджень, які можуть спричинити травмування працівника при їх застосуванні, а саме: із розгерметизацією силових пневматичних циліндрів, поломки або згину силових штоків, ушкодженням притискних та упорних фланців, їх напрямних пальців та штифтів або порушеннями кріплення елементів пристосування або ж самого пристосування до столу верстату.

Крім того, до роботи із пристосуванням слід допускати працюючих тільки після проведення первинного інструктажу. В подальшому робітнику необхідно дотримуватися наступних правил техніки безпеки при роботі із пристосуванням.

Перед початком роботи на верстаті із пристосуванням необхідно:

- привести в порядок робочий одяг;
- перевірити технічний стан пристосування;
- перевірити пневматичну систему на відповідність тиску стисненого повітря у мережах та відсутність втрат тиску;
- підготувати засоби індивідуального захисту та перевірити їх справність та комплектність.

## 2.5. Розробка кошторису витрат на проектування і виготовлення пристосування оригінальної конструкції

Визначення собівартості розробки конструкції та виготовлення оригінального пристосування проводимо за формулою:

$$C_{уст} = B_n + B_m + B_{м} + B_{нс} + \sum B_{се} + \sum B_{ме} + \sum Z_{од} + \sum B_{соц} + \sum P_{уст} + Ц_e, \quad (2.13)$$

де  $B_n$  - витрати на проектування нової конструкції пристосування;

$B_m$  - витрати на розробку технології виготовлення пристосування;

$B_{нс}$  - вартість покупних виробів для укомплектування пристосування;

$B_{м}$  - вартість основних та допоміжних матеріалів пристосування;

$\sum B_{ме}$  - сумарні витрати на електроенергію технологічну;

$\sum B_{се}$  - сумарні витрати на енергію силову;

$\sum Z_{од}$  - сумарна основна і додаткова заробітна плата;

$\sum B_{соц}$  - сумарні витрати на соціальні заходи;

$\sum P_{уст}$  - витрати на утримання і експлуатацію обладнання та устаткування;

$Ц_e$  - загально-цехові витрати.

### 2.5.1. Визначення витрат на проектування конструкції пристосування.

Розраховуємо витрати на проектування деталей пристосування за формулою:

$$B_n = T_{кон} \cdot Z_{сг} \cdot (1 + 0,01K_{соц}) (1 + 0,01П_{св}), \quad (2.14)$$

де  $T_{кон} = H_{ор} T_{кон.дет}$  - сумарна трудомісткість проектно-конструкторських робіт, год.;

$H_{ор} = 21$  - кількість оригінальних деталей, які проектуються;

$T_{кон.дет} = 0,8$  год - усереднена кількість годин на розробку конструкторської документації по кожній деталі;

$Z_{cz} = 120$  грн/год - середньогодинна заробітна плата конструктора;

$K_{соц} = 22\%$  - відрахування на соціальне страхування;

$P_{св} = 75\%$  - відсоток посередніх витрат.

$$B_n = 21 \cdot 0,8 \cdot 120 \cdot (1 + 0,01 \cdot 22)(1 + 0,01 \cdot 75) = 4304 \text{ грн.}$$

2.5.2. *Витрати на розробку технології виготовлення деталей пристосування* [5, 8].

$$B_m = T_m \cdot Z_{cz} \cdot (1 + 0,01 K_{соц})(1 + 0,01 P_{св}),$$

де  $T_m$  - сумарна трудомісткість проектно-конструкторських робіт, год.;

приймаємо  $T_m = 15$  год - кількість годин на розробку конструкторської документації;

$Z_{cz} = 130$  грн/год - середньогодинна заробітна плата технолога;

$K_{соц} = 22\%$  - відрахування на соціальне страхування;

$P_{св} = 75\%$  - відсоток посередніх витрат.

$$B_n = 15 \cdot 130 \cdot (1 + 0,01 \cdot 22)(1 + 0,01 \cdot 75) = 3843 \text{ грн.}$$

2.5.3. *Витрати на основні та допоміжні матеріали.*

Витрати на основні та допоміжні матеріали визначаємо за формулою:

$$B_m = \sum M C_m \alpha_m,$$

де  $C_m = 204$  грн - ціна 1 кг металу [12];

$M = 16,4$  кг - сумарна маса матеріалу деталей (з креслень);

$\alpha_m = 1,05$  - коефіцієнт який враховує транспортно-заготівельні витрати.

$$B_m = 204 \cdot 16,4 \cdot 1,05 = 3512,88 \text{ грн.}$$

2.5.4. *Вартість покупних виробів, які використовуються під час виготовлення пристосування.*

До витрат на інші матеріали відносимо вартість складових елементів пристосування:

- вартість болтів для кріплення елементів пристосування –  $B_{болти} = 191$  грн. [13];
- вартість ущільнюючих кілець пневмоциліндрів -  $B_{кілець} = 300$  грн. [14];

- вартість трубопроводів -  $B_{\text{труб}} = 270,0 \text{ грн.}$  [15]

Отже загальні витрати на деталі та стандартні вироби при виготовленні пристосування складе:

$$B_{\text{на}} = 191 + 300 + 270 = 761 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати на енергію визначаємо за формулою:

$$B_{\text{се}} = \frac{N_y K_o K_N K_z t_{\text{ум}}}{\eta_m \eta_c} \frac{\text{Ц}_e}{60},$$

де  $N_y = 4,5 \text{ кВт}$  - усереднена потужність двигунів металорізальних верстатів;

$K_o = 0,7$  - коефіцієнт одночасної роботи двигунів;

$K_N = 0,6$  - усереднений коефіцієнт завантаження обладнання за потужністю;

$K_z = 0,5$  - коефіцієнт, який враховує завантаження електродвигунів за

часом;

$t_{\text{ум}} = 1,6 \text{ год}$  - штучний (калькуляційний час) на виготовлення деталей пристосування на верстатах [5, 8];

$\eta_m = 0,9$  - ККД електродвигунів;

$\eta_c = 0,96$  - коефіцієнт, який враховує втрати електроенергії [5, 8].

$$B_{\text{се}} = \frac{4,5 \cdot 0,7 \cdot 0,6 \cdot 0,5}{0,9 \cdot 0,96} \cdot 1,6 \cdot 6 = 10,5 \text{ грн.}$$

2.5.5. Витрати на основну та додаткову заробітну плату визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{од}} = \sum_{i=1}^m l_{\text{год}} \frac{t_{\text{ум}}}{60} (1 + 0,01\alpha)(1 + 0,01\beta),$$

де  $m = 21$  - число операцій технологічного процесу виготовлення деталей;

$l_{\text{год}}$  - годинна тарифна ставка, грн/год.; приймаємо для верстатників 5-го розряду (згідно рекомендацій [14])  $l_{\text{год}} = 120 \text{ грн/год.}$  ;

$t_{\text{ум}}$  - усереднений калькуляційний час на виконання операції виготовлення одної деталі;  $t_{\text{ум}} = 0,18 \text{ год.}$  ;

$\alpha = 20\%$ ;  $\beta = 12\%$  - відсотки додаткової заробітної плати за відпрацьований й невідпрацьований час.

$$Z_{\text{од}} = 21 \cdot 120 \cdot 0,18 \cdot (1 + 0,01 \cdot 22)(1 + 0,01 \cdot 12) = 619,79 \text{ грн.}$$

2.5.7. *Витрати на утримання та експлуатацію обладнання* [5, 8]:

$$P_{уст} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{умi} C_{zi}}{100 \cdot 60},$$

де  $C_{zi} = 312,5$  грн/год - цехова собівартість проведення металорізальних робіт.

$$P_{уст} = \frac{21 \cdot 0,18 \cdot 312,5}{100} = 11,81 \text{ грн.}$$

2.5.8. *Цехові витрати.* Цехові витрати складають 37,5% від суми заробітних плат виробничих робітників при виробництві деталей пристосування [5, 8]:

$$Ц_с = \frac{K_{цех} Z_{од}}{100}; \quad Ц_с = \frac{37,5 \cdot 326,8}{100} = 122,55 \text{ грн.}$$

Тоді собівартість оригінального пневматичного пристосування для закріплення корпусів насосів НШ32У-2 при розточуванні їх колодязів становитиме:

$$C_{пр} = 4304 + 3843 + 3512,88 + 761 + 10,5 + 619,78 + 11,81 + 122,55 = 14354,71 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість пристосування для закріплення корпусів насосів НШ32У-2 при розточуванні їх колодязів складає при його проектуванні, виготовленні й складанні 14354,71 грн. Балансова вартість пристосування для підприємства буде така сама в зв'язку із відсутністю необхідності його монтажу та налагодження.

## ВИСНОВКИ

На основі результатів наукового розділу, розроблений технологічний процес відновлення корпусу насосу НШ32У-2 із застосуванням розробленого методу шліфування колодязів в зоні розташування максимального зносу (в зоні камери нагнітання) радіусом, який дорівнює радіусу перешліфованих під зменшений ремонтний розмір шестерень не по всьому периметру колодязів, а по окремій його частині. Розроблена технологія відноситься до ресурсозберігаючих так як дає можливість повторного використання зношених корпусів із зменшенням негативного впливу на них в процесі відновлення. Під час розрахунків технологічних процесів відновлення корпусів насосів НШ32У-2 було визначено перелік технологічних операцій, обґрунтовано підібрано сучасне технологічне обладнання, ріжучий, вимірювальний інструмент, проведені розрахунки норм часу по переходах і операціях та визначено загальний час потрібний на відновлення корпусу. Використання сучасного високоточного верстатного обладнання дозволяє не тільки забезпечити високі показники якості відновлювальних операцій, а й значно скорочує виробничий час.

Застосування запропонованої і розробленої в *конструкторській частині* роботи конструкції оригінального затискного пристосування із пневматичним приводом для затискання корпусів насосів НШ32-У2 під час проведення технологічних металообробних операцій. Застосування розробленого пристосування дозволяє суттєво підвищити продуктивність при відновленні корпусів за рахунок високого ступеня точності та скорочення часу на проведення базування корпусу при механічній обробці. Пристосування дозволяє одночасно провести базування трьох корпусів насосів НШ32-У2 із можливістю зміни їх просторового положення у закріпленому стані для більш точного й швидкого підведення потрібного корпусу насосу в робочу зону розточувальної координатної головки. Скорочення ж часу закріплення та базування корпусу дозволяє зменшити витрати підприємства та беззаперечно полегшує роботу виробничого персоналу. Проведені в необхідній кількості проектні та перевірочні розрахунки основних елементів пристосування дозволяють гарантувати його ефективну, надійну та довговічну роботу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. С.О.Магопець Передумови ремонту насосів НШ методом зменшених ремонтних розмірів. // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування. Випуск №1. - Кіровоград, КІСМ, 1997. - С. 73 - 75.

2. Ю.В.Кулешков, С.О.Магопець, О.С.Магопець Зміна ефективності витискання робочої рідини при відновленні насосів типу НШ під зменшений ремонтний розмір. // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування. Випуск №4. - Кіровоград, КІСМ, 1998. - С. 151 - 157.

3. Булей И.А., Иващенко Н.И., Мельников В.Д. Проектирование ремонтных предприятий сельского хозяйства. - К: Вища школа. - 1981.

4. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники. Киев: УМКВО. - 1989.

5. І.А.Булей Проектування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин. – К.: Вища школа, 1993. – 286 с.

6. Кулешков Ю.В., Матвієнко О.О., Руденко Т.В. Методика стендових випробувань шестеренного насоса. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». Кіровоград, КНТУ 2011. № 24 (ч.ІІ). С. 97–110.

7. 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.

8. 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.

9. Чумаков П.В., Мартынов А.В., Коломейченко А.В. Оценка технического состояния круглых шестеренных гидронасосов навесных гидросистем тракторов – DOI 10.15507/2658-4123.030.202003.426-447. Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30, № 3. С. 426–447.

10. Волошина Л.В. Ресурсозберігаюча технологія формування зносостійких покриттів на деталях рухомого складу. „Вагони нового покоління: із ХХ в ХХІ

11.сторіччя” Тези доповідей II-ї Всеукраїнської конференції. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. Харків : УкрДУЗТ, 2019, Вип. 184(додаток), С. 42 – 43.



12. 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.

12. <https://cvetprokat.com.ua/uk/alyuminiy/alyuminievye-prutki/>

13. <https://metrex.kiev.ua/ua/g3711516-bolty-vinty-sterzhni>

14. <https://hydraulic.com.ua/20-28-6-2-7-8-k53-pu-k53-020-pu>

15. <https://etp.com.ua/ua/pricelists>

16.

[https://nubip.edu.ua/sites/default/files/zbirnik\\_tez\\_2017\\_kramarovski\\_chitannya.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/zbirnik_tez_2017_kramarovski_chitannya.pdf)