

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»  
Завідувач кафедри ММіР  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему:  
**«Розробка виготовлення деталі Вал НП-90»**

Виконав здобувач вищої освіти II-го  
курсу групи ПМ(ТМ)-21-3СК  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Станіслав АРТЕМЕНКО

Керівник роботи к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Максим ГОДУНКО

Рецензент:  
\_\_\_\_\_

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Механіко-технологічний

факультет \_\_\_\_\_

Кафедра «Машинобудування, мехатроніка і робототехніка» \_\_\_\_\_

Освітнього ступеня бакалавр \_\_\_\_\_

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Артеменко Станіслав Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технології виготовлення деталі Вал НП-90

керівник роботи: Годунко Максим Олегович, доцент канд. техн наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № \_\_\_\_\_ від

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

2. Строк подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

3.1. Креслення деталі Вал НП-90 \_\_\_\_\_

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі \_\_\_\_\_

3.3. Річна програма випуску деталі Вал НП-90 8500 шт \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1. Загальна частина \_\_\_\_\_

4.2. Технологічна частина \_\_\_\_\_

4.3. Конструкторська частина \_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графічний матеріал - 3 л. ф.А1 \_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

## 7. Дата видачі

завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна частина	14.05.2024	
2	Технологічна частина	21.05.2024	
3.	Конструкторська частина	31.05.2024	
	Розробка презентації	14.06.2024	

С.М. \_\_\_\_\_ Студент \_\_\_\_\_ Артеменко \_\_\_\_\_

( підпис )

( прізвище та ініціали )

**Керівник проекту**

( підпис )

Годунко М.О.  
( прізвище та ініціали )

## **Анотація**

Кваліфікаційна робота складається з таких частин, як пояснювальна записка, кількість сторінок \_\_\_\_\_ та креслення, кількість листів 3 формату А1.

**1. Актуальність роботи.** Актуальність даної роботи полягає у використанні сучасного технологічного обладнання, що відповідає ринковим показникам якості, відповідного ріжучого інструменту та прогресивним режимам різання.

**2. Практична цінність роботи.** В цій роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі Вал НП-90 з використанням сучасного обладнання, в тому числі верстатів з ЧПУ, прогресивного ріжучого інструменту та режимів різання, що забезпечує отримання якісних показників виготовлення заданої деталі та гнучкість виробництва при зміні конструктивних параметрів деталей.

### **3. Оцінка найбільш важливої суті роботи виконаної роботи.**

Серед основних отриманих результатів варто виділити аналіз базового технологічного процесу заводу виробника заданої деталі та визначення недоліків. Також було вибрано спосіб виготовлення заготовки та економічно обгрунтовано дане питання. Потім обрано методи обробки поверхонь, складено найбільш раціональний технологічний процес обробки та представлено його структуру. Обрано необхідне обладнання. Розраховано припуски та операційні розміри, режими різання та зроблено технологічне нормування операцій. Також приділено увагу допоміжним пристроям для закріплення деталі, її контролю, та запропоновано їх конструкції.

**Ключові слова:** технологічний процес, режими різання, затискні пристрої, нормування операцій.

## **Annotation**

The qualification work consists of such parts as an explanatory note, the number of pages \_\_\_\_\_ and drawings, the number of sheets 3 in A1 format.

**1. Relevance of the work.** The relevance of this work lies in the use of modern technological equipment that meets market quality indicators, appropriate cutting tools and progressive cutting modes.

**2. Practical value of work.** In this work, a technological process for the production of the NP-90 shaft part was developed using modern equipment, including CNC machines, progressive cutting tools and cutting modes, which ensures obtaining quality indicators of the production of the given part and production flexibility when changing the structural parameters of the parts.

**3. Evaluation of the most important essence of the work performed.**

Among the main results obtained, it is worth highlighting the analysis of the basic technological process of the factory of the manufacturer of the specified part and the identification of shortcomings. Also, the method of manufacturing the workpiece was chosen and this issue was economically substantiated. Then surface treatment methods were selected, the most rational processing technological process was compiled and its structure was presented. The necessary equipment is selected. Allowances and operating dimensions, cutting modes were calculated, and technological normalization of operations was carried out. Attention is also paid to auxiliary devices for fixing the part, its control, and their design is proposed.

**Keywords:** technological process, cutting modes, clamping devices, normalization of the operation.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Загальна частина	
1.1. Службове призначення деталі в складальній одиниці.....	9
1.2. Аналіз технологічності деталі і технічних умов на її виготовлення.....	9
1.2.1. Аналіз матеріала деталі.....	11
1.2.2. Аналіз точності деталі.....	13
1.3. Визначення типу виробництва.....	16
2. Технологічна частина	
2.1. Аналіз базового технологічного процесу.....	19
2.2. Вибір способу виготовлення заготовки і його економічне обґрунтування .....	19
2.3. Вибір методів обробки поверхонь деталі.....	21
2.4. Побудова плану технологічного процесу механічної обробки деталі і вибір технологічних баз.....	25
2.4.1. Побудова плану технологічного процесу механічної обробки деталі.....	26
2.4.2. Вибір технологічних баз.....	27
2.5. Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення.....	27
2.6. Вибір затискних пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів.....	33
2.7. Визначення припусків та операційних розмірів .....	35
2.8. Визначення режимів різання.....	37
2.9. Технічне нормування операцій.....	39
3. Конструкторська частина	
3.1. Розробка конструкції пристосування для встановлення і закріплення деталі.....	43
3.1.1. Опис побудови та роботи пристрою.....	43

3.1.2. Розрахунок сили затиску деталі .....	44
3.1.3. Розрахунок параметрів силового приводу.....	45
3.1.4.Розрахунок на міцність слабких ланцюгів пристроїв.....	46
3.2. Розробка конструкції контрольного пристрою.....	47
Висновки.....	49
ЛІТЕРАТУРА.....	50

## ВСТУП

Соціально-економічний розвиток держави неможливий без інтенсифікації виробництва на основі науково-технічного прогресу, без застосування безвідходних технологій та екологічно чистих виробництв.

В усіх галузях народного господарства необхідно наполегливо проводити політику на більш швидке технічне переозброєння виробництва, створення і випуск машин та обладнання, які поліпшують умови праці робітників, підвищують продуктивність та будуть економічними по відношенню до матеріальних ресурсів.

До сучасних видів машин, які широко застосовуються у всіх галузях виробництва, відносяться і гідравлічні машини різного призначення. Застосування гідравлічних машин дозволяє розширити технологічні можливості обладнання, зменшити масу агрегатів та поліпшити умови праці робітників. Найбільший ефект гідравлічні машини дають в агрегатах, що працюють в сільськогосподарській техніці.

Деталь вал НП-90 входить в конструкцію аксіально-шпунжерного гідронасоу НП90. Він виготовляється на Кропиницькому підприємстві ВАТ "Гідросила" і застосовується в гідравлічній системі переважно сільськогосподарських машин.

## 1. Загальна частина

### 1.1. Службове призначення деталі в складальній одиниці

Деталь вал НП-90 входить в конструкцію насоса підживлення, який є в свою чергу складальною одиницею аксіально-плунжерного гідронасоса НП90. Аксіально-плунжерний гідронасос НП90 призначений для нагнічування робочої рідини в робочі системи закритого типу із безступінчастим регулюванням при ручному керуванні на господарських та інших машинах в районах з помірним і тропічним кліматом.

Деталь вал НП-90 призначена для передачі крутного моменту з валу гідронасоса, який в свою чергу обертається від двигуна, на ведучу шестерню насоса підживлення. Вал аксіально-плунжерного гідронасоса НП 90 з'єднується з валом насоса підживлення за допомогою паза на торці першого і двох лисок, профрезерованих на останньому з одного кінця. А ведуча шестерня насоса підживлення з'єднується з розгляданим валом за допомогою сегментної шпонки, яка встановлюється в паз вифрезерований на валу. Вільні від навантажень поверхні вала мають високу шорсткість так як вони ковзають по відповідних поверхнях кришок насоса підживлення, які в свою чергу є опорами для даного вала.

Як вище зазначалося, насос підживлення входить до складу аксіально-плунжерного гідронасоса НП90 і при встановленому режимі роботи останнього насоса підживлення постійно подає робочу рідину в трубопровід низького тиску, а також здійснює поповнення її витікань. Конструкція насоса передбачає високу точність виготовлення деталей, які входять до його складу та високі вимоги до якості їх матеріалу.

### 1.2. Аналіз технологічності деталі і технічних умов на її виготовлення

Аналіз технологічності деталі і технічних умов на її виготовлення є важливою частиною процесу проектування та виробництва. Цей аналіз включає оцінку конструктивних, технологічних та економічних аспектів, що впливають

на можливість і ефективність виготовлення деталі. Ось основні кроки і чинники, що слід враховувати під час аналізу:

#### 1. Оцінка конструкції деталі

- Форма та розміри: Простота форми, відсутність складних контурів та важкодоступних ділянок сприяють технологічності.
- Матеріал: Вибір матеріалу впливає на спосіб обробки, вартість і властивості готової деталі.
- Точність та шорсткість поверхонь: Високі вимоги до точності і шорсткості ускладнюють виготовлення і збільшують вартість.

#### 2. Вибір технологічного процесу

- Методи обробки: Залежно від матеріалу та конструкції деталі, вибираються відповідні методи обробки (механічна, термічна, хімічна тощо).
- Послідовність операцій: Визначення оптимальної послідовності операцій для досягнення необхідних характеристик деталі.
- Оснащення та інструменти: Вибір відповідного оснащення, ріжучих інструментів, приладів і пристосувань.

#### 3. Оцінка економічності

- Вартість матеріалів: Оцінка витрат на матеріали, включаючи відходи.
- Трудомісткість: Час, необхідний для виконання всіх операцій, і вартість робочої сили.
- Енерговитрати: Споживання енергії під час виробничого процесу.

#### 4. Технічні умови на виготовлення

- Допуски та посадки: Визначення допусків і посадок на розміри, які мають бути дотримані під час виготовлення.
- Технічні вимоги до матеріалів: Вказівки щодо якості та властивостей матеріалів.
- Контроль якості: Методи і засоби контролю, які застосовуються для перевірки відповідності деталі технічним умовам.

- Маркування та пакування: Вимоги до маркування і пакування готових деталей.

#### 5. Аналіз технологічних ризиків

- Можливі дефекти: Ідентифікація можливих дефектів, які можуть виникнути під час виготовлення, та розробка заходів для їх запобігання.

- Виправлення дефектів: Методи корекції та повторної обробки дефектних деталей.

Деталь вал НП-90 виготовлена з легованої конструкційної сталі 18ХГТ і після обробки лезовим інструментом проходить дифузійне насичення неметалами. Остання обставина має велике значення у відношенні стійкості поверхні деталі до атмосфери з корозійно-активними агентами. В якості заготовки використовують круглий прокат.

Взагалі деталь не має нетехнологічних поверхонь, так як усі оброблювані поверхні легкодоступні для обробки стандартними ріжучими інструментами, нетрудоємкі, а з точки зору точності і чистоти не представляють значних технологічних ускладнень.

#### 1.2.1. Аналіз матеріалу деталі

Аналіз матеріалу деталі є важливим етапом у процесі проектування та виготовлення, оскільки матеріал визначає багато характеристик кінцевого продукту, включаючи його механічні, фізичні, хімічні властивості, а також вартість. Ось основні аспекти, які слід враховувати при аналізі матеріалу деталі:

##### 1. Вимоги до матеріалу

##### Механічні властивості:

- Міцність: Здатність матеріалу витримувати навантаження без руйнування.

- Твердість: Спроможність протистояти проникненню іншого тіла.

- Жорсткість: Спроможність матеріалу зберігати форму при навантаженні.

- В'язкість: Здатність матеріалу поглинати енергію удару.

- Пластичність: Здатність матеріалу змінювати форму без руйнування.

Фізичні властивості:

- Густина: Вага матеріалу на одиницю об'єму.
- Теплопровідність: Здатність проводити тепло.
- Електропровідність: Здатність проводити електричний струм.
- Коефіцієнт теплового розширення: Зміна розмірів при зміні температури.

Хімічні властивості:

- Корозійна стійкість: Здатність протистояти хімічному або електрохімічному руйнуванню.
- Стійкість до агресивних середовищ: Опір хімічним реактивам і агресивним середовищам.

## 2. Технологічні властивості матеріалу

- Оброблюваність: Легкість, з якою матеріал піддається механічній обробці.
- Зварюваність: Здатність матеріалу утворювати міцні з'єднання при зварюванні.
- Литійні властивості: Здатність матеріалу приймати бажану форму при литті.
- Обробка тиском: Спроможність до обробки методом кування, штампування тощо.

## 3. Вартість матеріалу

- Ціна за одиницю маси: Вартість матеріалу з урахуванням його фізичних властивостей.
- Доступність: Наявність матеріалу на ринку.
- Відходи виробництва: Кількість відходів при обробці матеріалу і можливість їх переробки.

Виходячи із службового призначення деталі, яка працює в умовах значного тиску, агресивних середовищ, а відповідно повинна мати значну міцність, високу корозійну стійкість для її виготовлення пропонується

використовувати хромомарганцеву сталь 18ХГТ-В. Хромомарганцева конструкційна легована сталь 18ХГТ-В за ГОСТ4543-71 схильна до утворення внутрішнього окислення при цементації. Тому для підвищення твердості контактних поверхонь передбачається дифузійне насичення її неметалами, що підвищує твердість, контактну витриманість та корозійну стійкість. Хімічний склад і фізико-хімічні властивості матеріалу надані в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Хімічний склад матеріалу деталі

Марка матеріалу	Вміст елементів, %							
	C	Mn	Si	S,P	Mg	Cu	Cr	Ti
18ХГТ-В	0,17-0,23	0,8-1,1	-	≤0,035	-		1.0-1.3	0.03-0.09

Таблиця 2

Механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	$\sigma_B$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	НВ
	МПа		%		
18ХГТ-В	100	900	9	50	217

Для сталі 18ХГТ-В передбачені загартування до температури 880-950 °С з охолодженням на повітрі і відпущення з температури 200 °С з охолодженням на повітрі або в мастилі.

1.2.2. Аналіз точності деталі

Аналіз точності деталі включає оцінку відповідності виготовленої деталі заданим розмірам, формі та параметрам поверхні. Це важливий етап контролю якості, який забезпечує відповідність готової деталі технічним умовам та вимогам експлуатації. Основні аспекти аналізу точності деталі:

1. Розмірна точність

- Допуски на розміри: Визначають допустимі відхилення від номінальних розмірів. Наприклад, якщо номінальний розмір становить 50 мм, а допуск  $\pm 0,02$  мм, то розмір деталі повинен бути в межах 49,98 мм до 50,02 мм.

- Посадки: Визначають взаємне положення деталей у з'єднанні (наприклад, вал-втулка). Посадки поділяються на натяг, зазор і перехідні.

## 2. Геометрична точність

- Форма: Відхилення від заданої форми, наприклад, відхилення від прямолінійності, круговості, плоскості.

- Розташування: Відхилення від заданого розташування елементів деталі, наприклад, паралельність, перпендикулярність, співвісність.

- Профіль поверхні: Відхилення від заданого профілю поверхні, наприклад, криволінійність.

## 3. Шорсткість поверхні

- Параметри шорсткості: Визначають стан поверхні, наприклад, середнє арифметичне відхилення профілю ( $R_a$ ), максимальна висота нерівностей ( $R_z$ ).

- Вимоги до шорсткості: Визначаються залежно від функціонального призначення деталі. Наприклад, для точних з'єднань шорсткість повинна бути мінімальною.

## 4. Контроль точності

- Методи вимірювання: Включають використання різних вимірювальних інструментів та приладів, таких як мікрометри, штангенциркулі, оптичні прилади, координатно-вимірювальні машини (КВМ).

- Інструменти контролю: Застосовуються калібри, шаблони, індикатори годинникового типу, лазерні вимірювальні системи.

- Частота контролю: Визначається в залежності від вимог до якості та обсягів виробництва. Може бути суцільний або вибірковий.

З проведеного аналізу креслення деталі можна зробити висновки, що поставлення розмірів на кресленні виконане комбінованим методом, допуски на них повністю відповідають діючим стандартам, вимоги, що ставляться до деталі при її виготовленні, задані правильно, доцільно і в повній мірі. Причому кожний з них є однозначним і представлений коректно.

Точність деталі передбачає ступінь наближення розмірів і геометричних параметрів реальної деталі заданим на кресленні. Аналіз точності деталі здійснюємо з метою виявлення технологічних можливостей забезпечення всіх вимог робочого креслення деталей, технічних вимог на їх виготовлення. Аналізу підлягають вимоги по точності розмірів, відносних поворотів та форми, а також величина шорсткості кожної поверхні, яка оброблюється. З цією метою виконуємо ескіз деталі з нумерацією поверхонь, які оброблюються, а дані аналізу наводимо в табл. 3, позначення поверхонь надане на рисунку 1.

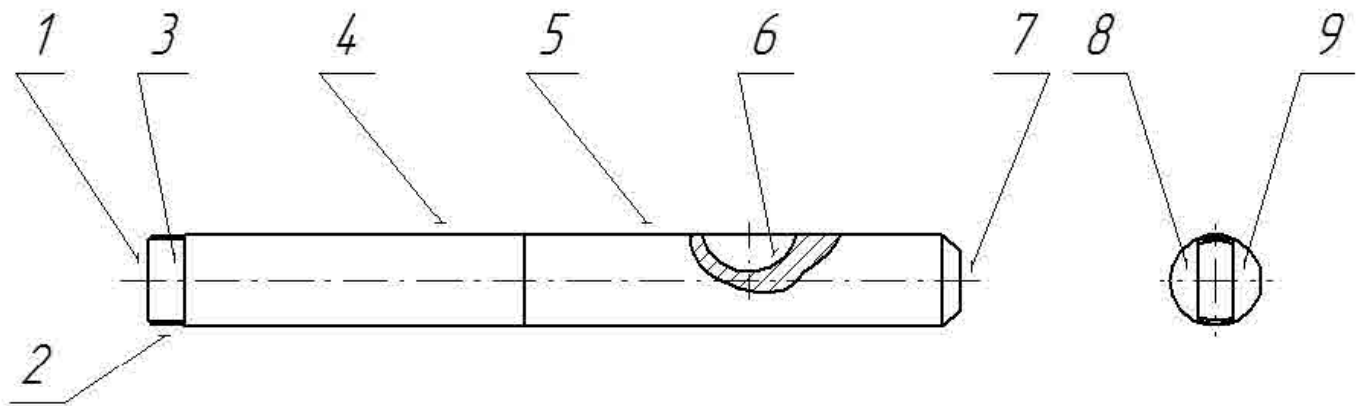


Рис.1. Ескіз деталі вал НП-90

Таблиця 3

Параметри точності деталі

Позначення поверхні	Назва поверхні	Розмір відхиленнями, заданими від даної поверхні	Квалітет точності	Точність відносних поворотів, відстаней, розміщення поверхні	Точність форми	Шорсткість поверхні (клас)	Вагомість поверхні, як конструкторської бази
Вал НП-90							
1,6	Торці	$140,6 \pm^{0,52}_{0,11}$	13	-	-	12,5	
2	Зовн. циліндрична	$\varnothing 15,2 \pm 0,2$	14	-	-	12,5	
3	Торець	$134,32 \pm 0,2$	12	$\left[ \begin{array}{ c c c } \hline \text{↗} & 0,127 & \text{В} \\ \hline \end{array} \right]$	$\left[ \begin{array}{ c c } \hline \text{○} & 0,024 \\ \hline \end{array} \right]$	12,5	
4	Зовн. циліндрична	$\varnothing 15,9_{-0,1}$	11	-	-	1,25	
5	Зовн. циліндрична	$\varnothing 15,877_{-0,008}$	5	$\left[ \begin{array}{ c c c } \hline \text{↗} & 0,127 & \text{В} \\ \hline \end{array} \right]$	-	0,2	
7	Шпонко-вий паз	$3,15 \pm^{0,037}_{0,04}$	11	$\left[ \begin{array}{ c c c } \hline \text{↗} & 0,127 & \text{В} \\ \hline \end{array} \right]$	-	6,3	
8,9	Лиски	$5,16 \pm 0,11$	13	-	-	6,3	

Аналіз креслення деталі вал показує, що креслення має всі необхідні розміри, вимоги точності, шорсткості. Проте вимоги точності і розміри поверхонь деталей надані не за нормалізованими рядами, що ускладнює механічну обробку і налагодження обладнання.

### 1.3. Визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва є важливим етапом у процесі організації виробництва, оскільки від нього залежить вибір технологічних процесів, обладнання, методів управління та планування. Тип виробництва визначається в залежності від обсягу випуску продукції, номенклатури виробів та ступеня повторюваності виробничих операцій. Основні типи виробництва включають одиничне, серійне та масове виробництво.

#### 1. Одиничне виробництво

- Характеристики:
  - Виробництво унікальних або малосерійних виробів.
  - Висока різноманітність продукції.
  - Низька повторюваність операцій.
  - Гнучкість у переналаштуванні обладнання.
- Приклади:
  - Виготовлення прототипів.
  - Ремонтно-відновлювальні роботи.
  - Виробництво спеціалізованого обладнання.

#### 2. Серійне виробництво

- Характеристики:
  - Виробництво виробів серіями.
  - Середня різноманітність продукції.
  - Середня повторюваність операцій.
  - Оптимізація переналаштування обладнання.
- Підвиди:

- Дрібносерійне виробництво: малі серії виробів, висока гнучкість.
- Середньосерійне виробництво: середні серії виробів, баланс між гнучкістю і стандартизацією.

- Крупносерійне виробництво: великі серії виробів, висока стандартизація і низька гнучкість.

- Приклади:

- Виробництво меблів.
- Виготовлення побутової техніки.

### 3. Масове виробництво

- Характеристики:

- Виробництво великої кількості однотипних виробів.
- Низька різноманітність продукції.
- Висока повторюваність операцій.
- Максимальна стандартизація і мінімізація переналаштувань

обладнання.

- Переваги:

- Висока продуктивність.
- Низька собівартість за рахунок великих обсягів виробництва.
- Висока якість завдяки стандартизації процесів.

- Приклади:

- Виробництво автомобілів.
- Виготовлення електроніки.

Щорічна програма виробництва деталей складає 8500 штук, і через їхню невелику масу не потрібне спеціальне обладнання чи підйомно-транспортні засоби для обробки. Вибір типу виробництва проводиться відповідно до ГОСТ3.110-74 за допомогою коефіцієнту закріплення операції (Кзо), що обчислюється за формулою  $K_{zo} = O/P$ , де O - кількість різних операцій на дільниці за прийнятим календарним терміном, а P - кількість робочих місць, що забезпечують виконання цих операцій. Однак у випадку відсутності базового технологічного процесу тип виробництва визначається загальною методикою

[2], враховуючи річну програму випуску та масу деталей. Розрахунки показали, що тип виробництва є дрібносерійним. У дрібносерійному виробництві обмежена номенклатура виробів виготовляється партіями, які повторюються через певний проміжок часу, і існує широка спеціалізація робочих місць. Часткова спеціалізація обладнання та використання верстатів з можливістю швидкої переналагодження можлива в дрібносерійному виробництві, а також широке застосування верстатів з ЧПК. Використання предметної форми організації є доцільним, де верстати розташовані в послідовності виконання технологічних операцій, а деталі обробляються партіями.

## 2. Технологічна частина

2.1. Вибір способу виготовлення заготовки і його економічне обґрунтування

Вибір способу виготовлення заготовки є важливим етапом в технологічному процесі, оскільки від цього залежить подальша обробка, вартість і якість готового виробу. Основні методи виготовлення заготовок включають лиття, кування, штампування, прокатування та інші. Кожен з них має свої переваги та недоліки. Економічне обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки враховує витрати на матеріали, обладнання, енергію, трудові ресурси та інші фактори.

Основні методи виготовлення заготовок

### 1. Лиття

- Переваги:
  - Можливість виготовлення складних форм.
  - Висока точність розмірів (при точному литті).
  - Відносно низька вартість для великосерійного виробництва.
- Недоліки:
  - Можливість утворення дефектів (пори, тріщини).
  - Висока вартість обладнання для точного лиття.
- Застосування:
  - Корпуси, деталі складної форми.
  - Великий обсяг виробництва.
- Економічне обґрунтування:
  - Низькі витрати на матеріал при великих обсягах виробництва.
  - Висока продуктивність процесу.

### 2. Кування

- Переваги:
  - Висока міцність і надійність заготовок.
  - Поліпшені механічні властивості завдяки обробці тиском.
- Недоліки:

- Висока вартість інструменту і обладнання.
- Обмеження на складність форми.
- Застосування:
  - Вал, осі, деталі, що зазнають великих навантажень.
- Економічне обґрунтування:
  - Висока витривалість і довговічність виробів.
  - Підвищення якості продукції за рахунок поліпшених механічних властивостей.

### 3. Штампування

- Переваги:
  - Висока продуктивність.
  - Низька вартість заготовки при великосерійному виробництві.
  - Точність і повторюваність розмірів.
- Недоліки:
  - Високі витрати на штампи та пресове обладнання.
  - Обмеження на товщину і складність заготовок.
- Застосування:
  - Пластини, обичайки, деталі з листового металу.
- Економічне обґрунтування:
  - Низька вартість при масовому виробництві.
  - Економія матеріалу за рахунок мінімізації відходів.

### 4. Прокатування

- Переваги:
  - Висока точність і якість поверхні.
  - Можливість отримання заготовок великої довжини.
- Недоліки:
  - Обмеження на складність форми.
  - Високі витрати на прокатні стани.
- Застосування:
  - Профілі, балки, рейки.

- Економічне обґрунтування:
  - Ефективність при виробництві великої кількості однотипних заготовок.
  - Низька собівартість продукції за рахунок високої продуктивності.

При виборі способу отримання заготовки враховується конструкція деталі, матеріал, а також тип виробництва. Враховуючи всі ці умови для отримання деталі вал в якості заготовки вибираємо прокат.

Заготовкою деталі вал НП-90 пропонуємо використовувати прокат калібрований гарячекатаний круглий за ГОСТ7417-75. За даними табл. 62 стор.169 [5] прокат підвищеної точності має верхнє відхилення +0,1 нижнє -0,5, тобто допуск становить 0,6 мм, що відповідає 15 квалітету точності, шорсткість поверхні  $Ra=25\mu\text{м}$

## 2.2. Вибір методів обробки поверхонь деталі

Вибір методів обробки поверхонь деталі залежить від вимог до точності, шорсткості, механічних властивостей та економічних аспектів. Для кожної поверхні деталі можуть бути застосовані різні методи обробки в залежності від їх функціонального призначення. Розглянемо основні методи обробки поверхонь та їх відповідність різним вимогам.

### 1. Механічна обробка

#### Точіння

- Застосування: Обробка циліндричних поверхонь (внутрішніх і зовнішніх).

Переваги: Висока точність (до IT7), можливість отримання гладких поверхонь ( $Ra$  до 0,8 мкм). Недоліки: Відносно низька продуктивність при обробці великих обсягів.

#### Фрезерування

- Застосування: Обробка плоских поверхонь, пазів, складних контурів. Переваги: Висока продуктивність, універсальність. Недоліки: Відносно висока шорсткість ( $Ra$  до 1,6 мкм).

## Свердління

- Застосування: Отвори різного діаметра. Переваги: Висока продуктивність при створенні отворів. Недоліки: Обмежена точність (до IT9).

## Шліфування

- Застосування: Завершальна обробка для отримання високої точності та малої шорсткості. Переваги: Висока точність (до IT5), дуже низька шорсткість (Ra до 0,2 мкм). Недоліки: Низька продуктивність, висока вартість обладнання.

## 2. Електрофізичні та електрохімічні методи

### Електроерозійна обробка

- Застосування: Обробка твердих та важкооброблюваних матеріалів, складних контурів. Переваги: Висока точність, можливість обробки складних форм. Недоліки: Низька продуктивність, висока вартість.

### Електрохімічне оброблення

- Застосування: Обробка поверхонь зі складною геометрією, обробка отворів. Переваги: Висока точність, можливість обробки твердих матеріалів. Недоліки: Необхідність спеціального обладнання, екологічні проблеми.

## 3. Технології обробки з застосуванням тиску

### Холодне кування

- Застосування: Обробка заготовок для отримання високої міцності. Переваги: Поліпшення механічних властивостей, висока точність. Недоліки: Обмеження за складністю форми.

### Прокат

- Застосування: Отримання тонких листів та профілів. Переваги: Висока продуктивність, економія матеріалу. Недоліки: Обмежена складність форм.

## 4. Спеціальні методи

### Полірування

- Застосування: Завершальна обробка для отримання дзеркальних поверхонь. Переваги: Дуже низька шорсткість (Ra до 0,1 мкм). Недоліки: Низька продуктивність, висока вартість.

### Лазерна обробка

- Застосування: Обробка складних контурів, гравірування. Переваги: Висока точність, можливість обробки різних матеріалів. Недоліки: Висока вартість обладнання.

Побудову маршрутів обробки виконуємо з урахуванням закону копіювання похибок з урахуванням типових маршрутів механічної обробки поверхонь і таблиць економічної точності різних методів обробки [5].

Для деталі вал вихідна заготовка (прокат) має допуск на зовнішній діаметр  $\delta_3=0,6$  мм, що відповідає 15 квалітету точності. Зовнішня циліндрична поверхня 5 з  $\varnothing 15,877$  має допуск  $\delta_d=0,008$  мм, що відповідає 5 квалітету точності.

Потрібне уточнення:

$$\varepsilon = \delta_3 / \delta_d = 0,6 / 0,008 = 75$$

I маршрут обробки (згідно базового технологічного процесу):

1. Шліфування	$\delta_1=0,07$ мм	IT 10	$R_a=12,5$
2. Шліфування	$\delta_2=0,043$ мм	IT 9	$R_a=6,3$
3. Шліфування	$\delta_3=0,018$ мм	IT 7	$R_a=1,6$
4. Шліфування	$\delta_4=0,008$ мм	IT 5	$R_a=0,2$

Часткові уточнення по переходах становлять:

$$\varepsilon_1 = \delta_3 / \delta_1 = 0,6 / 0,07 = 8,57; \quad \varepsilon_2 = \delta_1 / \delta_2 = 0,07 / 0,043 = 1,63; \quad \varepsilon_3 = \delta_2 / \delta_3 = 0,043 / 0,018 = 2,39$$

$$\varepsilon_4 = \delta_3 / \delta_4 = 0,018 / 0,008 = 2,25$$

Загальне фактичне уточнення:

$$\varepsilon_{\phi} = \prod_{i=1}^n \varepsilon_{i_i} = 8,57 \cdot 1,63 \cdot 2,39 \cdot 2,25 = 75,118$$

Використовуючи типові маршрути обробки поверхонь [6] і керуючись вимогами креслення призначаємо II маршрут обробки поверхні:

1. Точіння попереднє	$\delta_1=0,07$ мм	IT 10	$R_a=6,3$
2. Точіння чистове	$\delta_2=0,018$ мм	IT 7	$R_a=2,5$
3. Шліфування	$\delta_3=0,022$ мм	IT 5	$R_a=0,2$

Часткові уточнення по переходах становлять:

$$\varepsilon_1 = \delta_3 / \delta_1 = 0,6 / 0,07 = 8,25;$$

$$\varepsilon_2 = \delta_1 / \delta_2 = 0,07 / 0,018 = 3,89;$$

$$\varepsilon_3 = \delta_2 / \delta_3 = 0,018 / 0,008 = 2,25.$$

Загальне фактичне уточнення:

$$\varepsilon_{\phi} = \prod_{bt=1}^n \varepsilon_{bt} = 8,57 \cdot 3,89 \cdot 2,25 = 75,01$$

За рекомендаціями [5] з можливих варіантів маршрутів обробки перевагу слід надати тим варіантам, які при відповідності до нерівності  $\varepsilon_{\text{потр.}} < \varepsilon_{\phi}$ , ближче відповідають рівності  $\varepsilon_{\text{потр.}} = \varepsilon_{\phi}$ . Таким чином для обох запропонованих маршрутів виконується поставлена умова, але II маршрут обробки є більш коротким, а відповідно менша тривалість процесу обробки і відповідно менше застосовується засобів для обробки.

На всі інші поверхні маршрути обробки призначаємо за наведеною методикою. Результати щодо вибраних маршрутів обробки надані в таблиці 4.

Таблиця 4

Таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь

Позначення поверхні	Допуск на поверхню за кресленням, мм	Шоркість поверхні, мкм	Допуск на заготовку поверхні, мм	Потрібне уточнення	Пропонуємий технологічний маршрут обробки	Економічні допуски на методи обробки	Частинні коефіцієнти уточнення	Загальний коефіцієнт уточнення
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вал НП-90								
1,6	0,63	12,5	5	7,9	1.Точ. чорнове	0,63	7,9	7,9
2	0,4	12,5	0,6	1,5	1.Точ.чорнове	0,27	2,22	2,22
3	0,4	12,5	5	12,5	1.Точ.чорнове	0,4	12,5	12,5
4	0,1	1,25	0,6	6	1.Точ.попереднє 2.Точ.чистове	0,27 0,07	2,22 3,86	8,56
5	0,008	0,2	0,6	75	1.Точ.попереднє 2.Точ.чистове 3.Шліфування	0,07 0,018 0,008	8,57 3,89 2,25	75,0

Інші поверхні отримані в суцільному матеріалі.

2.4. Побудова плану технологічного процесу механічної обробки деталі і вибір технологічних баз

2.4.1. Побудова плану технологічного процесу механічної обробки деталі

Маршрут обробки деталі:

005 Розрубка.

Обладнання: прес-ножиці Н-635

Рубати пруток на заготовки

010 Точильно-шліфувальна.

Верстат: точильно-шліфувальний 3Б634.

Точити дві фаски послідовно.

015 Токарна з ЧПК.

Верстат: ток. 16К20Ф3 (система ЧПК Н22-1М).

Точити зовнішню поверхню начисто, тонко, точити . фасонну поверхню, відрізати деталь.

020 Промивка.

Обладнання: миюча машина ГМ752.

Промити деталі.

025 Контрольна.

Обладнання: стіл ВТК ГМ1765

Перевірити зовнішній вигляд деталі.

030 Горизонтально-фрезерна.

Верстат: Горизонтально-фрезерний 6Р80

Фрезерувати дві лиски одночасно.

035 Слюсарна.

Обладнання: слюсарний верстак ГМ1765

Притупити гострі кромки, зачистити завусенці.

040. Горизонтально-фрезерна.

Верстат: Горизонтально-фрезерний 6Р80

Фрезерувати шпонковий паз.

045. Слюсарна.

Обладнання: слюсарний верстак ГМ1765

Притупити гострі кромки, зачистити заусенці.

050 Промивка.

Миюча машина ГМ752.

Промити від стружки і масла

055 Контроль.

Стіл ВТК ГМ3112

Перевірити зовнішній вигляд деталі і розміри

060 Дифузійне насичення неметалами комплексне.

065 Безцентрово-шліфувальна.

Верстат: безцентрово-шліфувальний 3E184KB2PMH44H

Шліфувати зовнішню поверхню на прохід попередньо.

070 Безцентрово-шліфувальна.

Верстат: безцентрово-шліфувальний 3E184KB2PMH44H

Шліфувати зовнішню поверхню на прохід остаточно.

#### 2.4.2. Вибір технологічних баз

Аналіз креслення деталей показує, що для всіх діаметральних розмірів деталі вал НП-90 конструкторською базою є вісь деталі. Тому за технологічну базу краще прийняти цю ж вісь, що дозволить уникнути похибок базування через несуміщення конструкторської і технологічної баз. Схеми базування по операціях надані в таблиці 5.

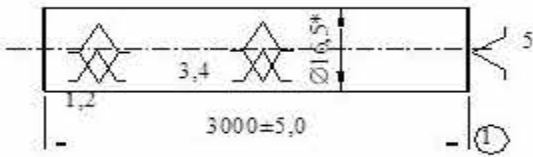
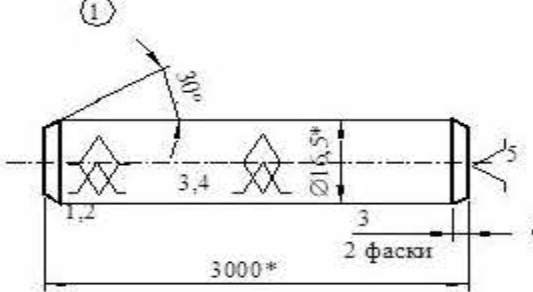
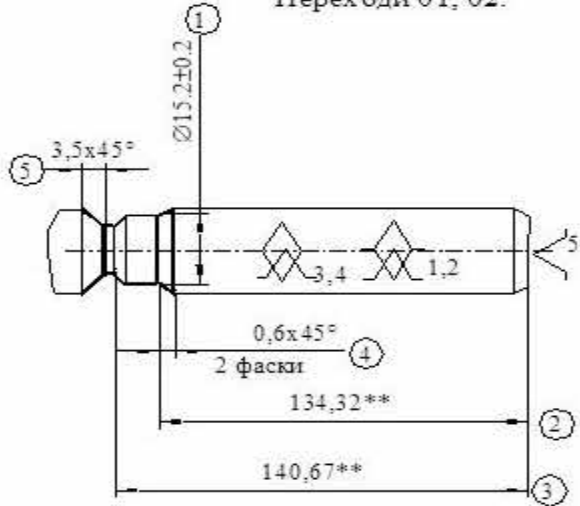
#### 2.5. Розробка структури технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення

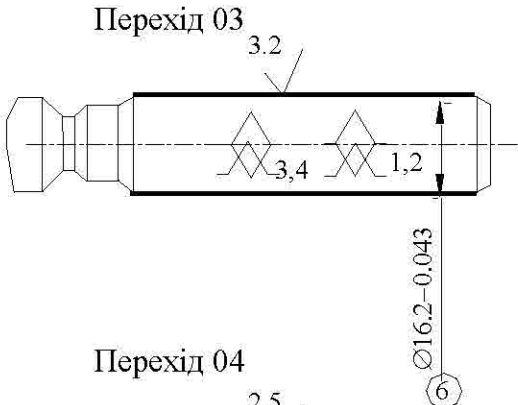
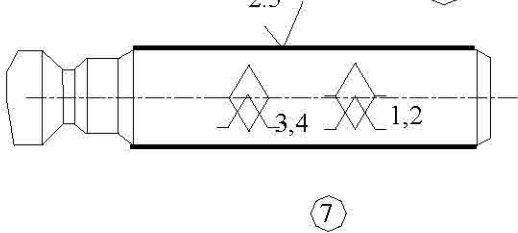
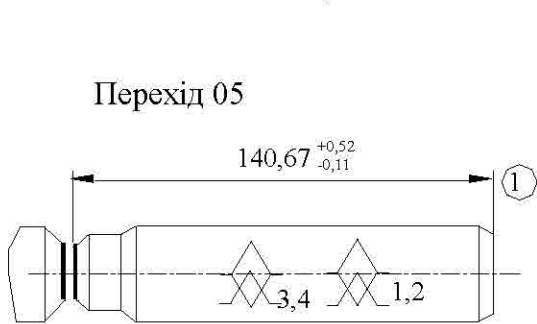
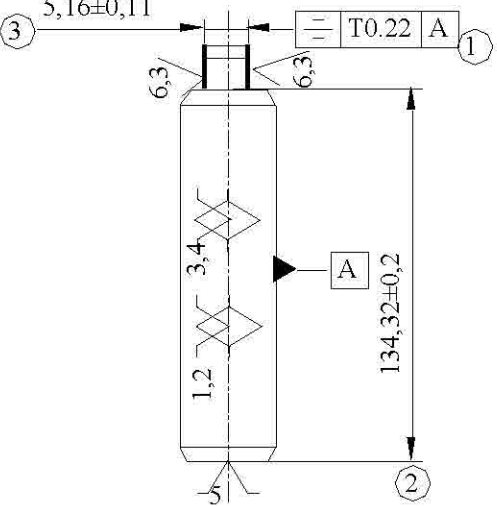
Виходячи з того, що тип виробництва деталі дрібносерійний, при розробці технологічного процесу будемо використовувати універсальне і спеціалізоване обладнання, верстати з ЧПК, що дає можливість швидко переналагоджувати верстат на обробку партії інших деталей.

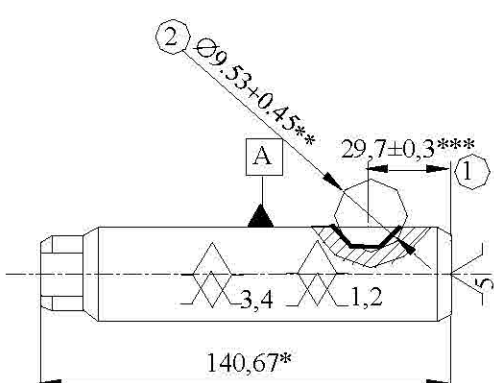
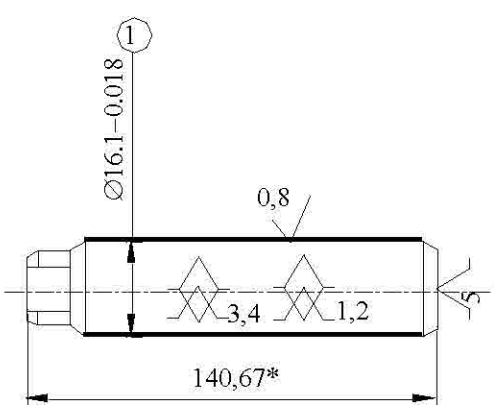
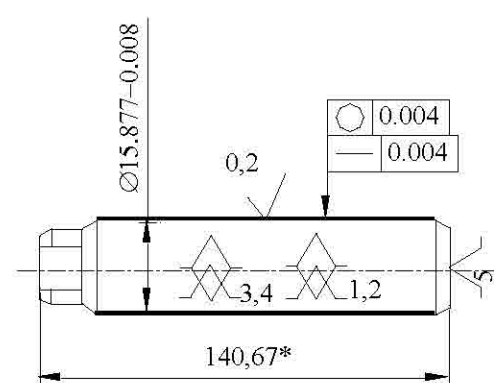
Маршрут обробки деталі і розроблені структура і зміст операцій надані в таблиці 5.

Таблиця 5

Структура та зміст технологічних операцій

Найменування операції	Найменування та модель верстату	Ескіз обробки зі схемою базування	Зміст операції
1	2	3	4
005 Рубка	Пресножиці Н-635	<p>Вал НП90-05.007</p>  <p>*Розмір для довідок</p>	<p>01. Встановити пруток в отвори ножей до упору. 02. Рубити пруток на заготовку, витримуючи розмір 1.</p>
010 Обдирочно-шліфувальна	Обдирочно-шліфувальний ЗБ634	 <p>*Розмір для довідок</p>	<p>01. Точити фаски, витримуючи розміри 1, 2 послідовно з двох боків.</p>
015 Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК HAAS ST-20	<p>Переходи 01, 02.</p>  <p>* Розмір забезпечується налагодженням</p>	<p>01. Встановити заготовку, закріпити. 02. Точити фасонну поверхню, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5. 03. Точити зовнішню поверхню попередньо, витримуючи розмір 6. 04. Точити зовнішню поверхню начисто, витримуючи розмір 7. 05. Відрізати деталь, витримуючи розмір 1.</p>

1	2	3	4
<p>020 Промивка 025 Контроль  030 Горизонтально-фрезерна</p>		<p>Перехід 03</p>  <p>Перехід 04</p>  <p>Перехід 05</p>  	<p>01. Встановити заготовки в пристрій, закріпити. 02. Фрезерувати дві лиски, витримуючи розміри 2, 3 і допуск симетричності 1, водночас. 03. Відкріпити, зняти деталі з пристрою.</p>

1	2	3	4
<p>035 Слюсарна</p> <p>040 Горизон- тально- фрезерна</p>	<p>Горизон- тально- фрезер- ний 6P80</p>		<p>19</p> <p>01. Встановити деталь в пристрій, закріпити. 02. Фрезерувати шпонковий паз, витримуючи розміри 1, 2, 3, 4 і допуск симетричності. 03. Відкріпити, зняти деталь.</p>
<p>045 Слюсарна</p> <p>050 Промивка</p> <p>055 Контроль</p> <p>060 Безцентрово- шліфу- вальна</p>	<p>Безцентрово- шліфу- вальний 3E184KB2 PMH44H</p>	 <p>1*. Розмір для довідок. 2*. Шорсткість забезпечується технологічно.</p>	<p>01. Встановити заготовку на транспортер вертату. 02. Шліфувати зовнішню поверхню, витримуючи розмір 1 напроход попередньо. 03. Перевірити розмір.</p>
<p>065 Безцентрово- шліфу- вальна</p>	<p>Безцентрово- шліфу- вальний 3E184KB2 PMH44H</p>		<p>01. Встановити заготовку на транспортер вертату. 02. Шліфувати зовнішню поверхню, витримуючи розмір 1, допуск прямолінійності 3, допуск круглості 2, шорсткість. 03. Перевірити розмір.</p>

Металорізальне обладнання вибираємо [6] враховуючи критерії мінімальних витрат часу на обробку, повне використання верстату за часом його роботи а також виходячи з мінімальної вартості обладнання. Характеристика вибраного обладнання надана в таблиці 6.

Таблиця 6

Металорізальні верстати для обробки деталей

№ операції	Найменування та модель верстату	Стисла технічна характеристика				
		Габаритні розміри робочого столу чи макс. діаметр обробки	Ряд частот обертання (хв <sup>-1</sup> )	Ряд подач (мм/об)	Потужність (кВт)	Габаритні розміри верстату (мм)
1	2	3	4	5	6	7
Вал НІІ-90						
005	Прес-ножиці Н-635	Спец.				
010	Точильно-шліфувальний 3Б634	Спец.				
015	Токарний з ЧПК HAAS ST-20	400	12,5-2000	3-1200(пр) 1,5-600(поп)	11	3360x 1710x 1750
020	Фрезерний з ЧПК 6P11Ф3-01	200x800	50-2240	25-1120	3	1525x 1875x 1515
050	Безцентрово-шліфувальний 3Е184КРМ Н44Н	3-80	2300(шл) 11-150(в)	20-2000	30	3220x 2375x 2255

2.6. Вибір затискних пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів

У відповідності до вибраної схеми базування вибираємо затискні пристрої для кожної операції механічної обробки. Враховуючи дрібносерійний

тип виробництва для закріплення вибираємо спеціальні пристрої з механічним і пневматичним приводом. (табл.7) [6,7].

Таблиця 7

Затискні пристрої для деталі

Номер операції	Найменування операції	Стандарт	Вид приводу
1	2	4	5
Вал НІІ-90			
005	Ніж, упор	-	механічний
010	Ніж	-	механічний
015	Патрон токарний	2675-80	механічний
030	Спец.призматичний	-	пневматичний
040	Спец.пристрій	-	Пневматичний
060	Ніж	-	Механічний
065	Ніж	-	мехаічний

Ріжучий інструмент вибираємо з урахуванням дрібносерійного типу виробництва, методу і стадії обробки, матеріалу деталі [6,7].

Таблиця 8

Ріжучий інструмент для механічної обробки деталі

Номер			Найменування інструменту	Стандарт на конструкцію інструменту	Різальна частина	
Операції	Позиції	Переходу			Матеріал	Стандарт
1	2	3	4	5	6	7
Вал НІІ90-05.007						
005	-	02	Ніж			
010	-	02	Шліф.круг ПІІ400x40x203	2424-83	25А	
015		02	Різець фасонний	спец.	Р6М5	19265-73
		03	Різець прохідний	18879-73	T15K6	3882-74
		04	Різець прохідний	18879-73	T30K6	3882-74
		05	Різець відрізний	18884-73	T15K6	3882-74
030		02	Фреза Ø80x8	3755-78	T15K6	3882-74
040		02	Фреза цільна	ОСТ2.441.1 3-87	10Р6М5	19265-73
060		02	Шліф.круг	2424-83	24А	
065			ПІІ500x250x305			

Вимірювальний інструмент вибираємо з урахуванням дрібносерійного типу виробництва, точності вимірювання, розмірів поверхонь, що перевіряються[6,7].

Таблиця 9

Вимірювальний інструмент і контрольні пристрої для деталі

Номер			Параметр деталі, який контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт на конструкцію			
Операції	Позиції	Переходи						
1	2	3	4	5	6			
Вал НП-90								
005	-	02	$3 \pm 5,0$	Рулетка	7502-80			
010		02	$3 \times 30^\circ$	калібр	спец			
015		02	$15,2 \pm 0,2$	скоба	СТП23.113.01.078-78			
			$3,5 \times 45^\circ$	калібр	Спец			
			$0,6 \times 45^\circ$	калібр	6507-78			
		03	$16,35 - 0,043$	мікрометр МК 0-25	спец.			
		04	$16,2 - 0,018$	скоба	спец			
		05	$140,67^{+0,52}_{-0,1}$	калібр				
030		02	$5,16 \pm 0,11$	Скоба	Спец.			
			$134,32 \pm 0,2$	Калібр-втулка	Спец.			
			<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; height: 15px;"></td><td style="width: 20px; height: 15px;"></td></tr></table>				Індикатор ІЧ 10кл1	577-68
040		02	$3,15 + 0,037$	Калібр	спец			
			$3,36 \pm 0,2$	Глибиномір	спец.			
060		02	$16,1 - 0,018$	Індикатор 1МИГкл0	9696-82			
065		02	$15,9 - 0,008$	Індикатор 1МИГкл0	9692-82			

## 2.7. Визначення припусків та операційних розмірів

Для поверхні 5 (зовнішня циліндрична) деталі вал НП-90 розрахунок припусків виконуємо за методикою [2].

Характеристика поверхні 5: зовнішня циліндрична  $\varnothing 15,877 - 0,008$ , шорсткість  $Ra = 0,2$  мкм, довжина обробки  $l = 146,1 \pm 0,4$ .

Маршрут обробки поверхні:

- 1.Точіння чистове
- 2.Точіння тонке
- 3.Дифузійне насичення.

4.Шліфування попереднє.

5.Шліфування остаточне.

Заготовка: прокат калібрований підвищеної точності, допуск  $\delta_3=0,6\text{мм}$  (верхнє відхилення  $+0,1$ , нижнє  $-0,5$ ).

Значення елементів припуску заготовки вибираємо з табл. 4.3[2], для механічної обробки – з табл. 4.5 [2].

Для всіх переходів базою є вісь зовнішньої циліндричної поверхні і торець деталі, деталь встановлюється в трикулачковому патроні; тому похибка встановлення в радіальному напрямку дорівнює 0, що має значення для розміру, що розраховується.

Таблиця 10

Розрахунок припусків і граничних розмірів за технологічними переходами на обробку зовнішньої циліндричної  $\varnothing 15,877-0,008$ .

Технологічні переходи обробки отвору	Елементи припуску, мкм			Розрахунок овий припуск	Розрахунок овий Розмір,	Допуск, $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні відхилення припуски, мкм		
	$R_z$	T	$\rho$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{\text{пр}}$	$2Z_{\max}$	
Заготовка	60	60	462		17,219	600	17,2	17,8			
Точ. чисто ве	30	30	18,5	2x582	16,055	70	16,06	16,13	1140	1670	
-тонке	3	-	9,25	2x78	15,899	18	15,899	15,918	161	212	
Шліфув. попер.	3	-	-	2x12	15,875	11	15,875	15,886	24	32	
Шліфув. отаточне	0,8	-	-	2x3	15,869	8	15,869	15,877	6	9	
Разом										1131	1923

Сумарне значення просторових відхилень  $\rho$  для деталі типу тіла обертання при встановленні в самоцентруючому патроні по зовнішньому діаметру з притисканням до торцевої поверхні при консольному закріпленні за табл. 4.7[2] визначається за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot l = 3 \cdot 154 = 462 \text{ мкм}$$

де  $\Delta_k=3\text{мкм/мм}$ -питома кривизна заготовки (табл.4.8 [2])

$l=154 \text{ мм}$  – виліт деталі з патрону (з карти наладки верстату).

Залишкові просторові відхилення по переходах визначаємо за формулою:

$$\rho_{зал} = k_y \times \rho_{кор}$$

1 перехід – точіння чистове  $\rho_1=0,04 \times 462=18,5 \text{ мкм}$

2 перехід – точіння тонке  $\rho_2=0,02 \times 462=9,25 \text{ мкм}$

3, 4 переходи – шліфування  $\rho_3=0$ .

Визначаємо мінімальні припуски по переходах за формулою:

$$2Z_{min} = 2(R_{z-c-1} + T_{i-1} + \rho_{кор})$$

Мінімальні припуски:

- під точіння чистове:

$$2Z_{min1} = 2(60 + 60 + 426) = 2 \cdot 582 \text{ мкм}$$

- під точіння тонке:

$$2Z_{min2} = 2(30 + 30 + 18) = 2 \cdot 78 \text{ мкм}$$

- під шліфування попереднє:

$$2Z_{min3} = 2(3 + 9) = 2 \cdot 12 \text{ мкм}$$

- під шліфування остаточне:

$$2Z_{min4} = 2(3 + 0) = 2 \cdot 3 \text{ мкм}$$

Визначаємо розрахункові розміри по переходах починаючи з кінцевого (з креслення) шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином, маючи розрахунковий розмір після останнього переходу, (в даному випадку шліфування остаточного 15,869 мм), для інших переходів отримуємо:

- для точіння чистового

$$d_{p3} = 15,869 + 0,006 = 15,875 \text{ мм}$$

- для точіння тонкого

$$d_{p2} = 15,875 + 0,0245 = 15,8995 \text{ мм}$$

- для шліфування попереднього

$$d_{p1}=15,8995+0,157=16,0565\text{мм}$$

- для шліфування остаточного

$$d_{p3}=16,0565+1,164=17,2205\text{мм}$$

Визначення граничних розмірів виконуємо, починаючи з кінцевого розміру (з креслення). Результати наведені в табл.2.12.

$$d_{\max 4}=d_{\min 4}+\delta_4=15,869+0,008=15,877\text{ мм}$$

$$d_{\max 3}=d_{\min 3}+\delta_3=15,875+0,011=15,886\text{ мм}$$

$$d_{\max 2}=d_{\min 2}+\delta_2=15,9+0,018=15,918\text{ мм}$$

$$d_{\max 1}=d_{\min 1}+\delta_1=15,57+0,07=16,64\text{ мм}$$

$$d_{\max \text{зар}}=d_{\min \text{зар}}+\delta_{\text{зар}}=17,2+0,6=17,8\text{ мм}$$

Граничні значення припусків визначаємо, як різницю найбільших або найменших граничних розмірів за формулами:

$$Z_{\min}^{\text{пр}}=d_{\max i}-d_{\max i-1}$$

$$Z_{\max}^{\text{пр}}=d_{\min i}-d_{\min i-1}$$

- для шліфування остаточного:

$$2Z_{\min}^{\text{пр}4}=15,875-15,869=0,006\text{мм}$$

$$2Z_{\max}^{\text{пр}4}=15,886-15,877=0,009\text{мм}$$

- для шліфування попереднього:

$$2Z_{\min}^{\text{пр}3}=15,899-15,875=0,024\text{мм}$$

$$2Z_{\max}^{\text{пр}3}=15,918-15,886=0,032\text{мм}$$

- для точіння тонкого:

$$2Z_{\min}^{\text{пр}2}=16,06-15,899=0,161\text{мм}$$

$$2Z_{\max}^{\text{пр}2}=16,13-15,918=0,212\text{мм}$$

- для точіння чистового:

$$2Z_{\min}^{\text{пр}1}=17,2-16,06=1,14\text{мм}$$

$$2Z_{\max}^{\text{пр}1}=17,8-16,13=1,67\text{мм}$$

Загальні припуски:

$$Z_{0 \min}=1,331\text{мм}$$

$$Z_{0 \max}=1,923\text{мм}$$

Загальний номінальний припуск

$$Z_{0 \text{ ном}} = Z_{0 \text{ мин}} + H_3 - H_d = 1,331 + 0,5 - 0,008 = 1,823 \text{ мм}$$

$$D_{3 \text{ ном}} = D_{3 \text{ ном}} + Z_{0 \text{ ном}} = 15,869 + 1,823 = 17,692 \text{ мм}$$

Де  $H_3$  – нижнє відхилення заготовки;

$H_d$  – нижнє відхилення деталі

Перевірка

$$Z_{\text{max}4}^{\text{пр}} - Z_{\text{min}4}^{\text{пр}} = 0,009 - 0,006 = 0,003 \text{ мм} \quad \delta_4 - \delta_3 = 0,011 - 0,008 = 0,003 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{max}3}^{\text{пр}} - Z_{\text{min}3}^{\text{пр}} = 0,032 - 0,024 = 0,008 \text{ мм} \quad \delta_3 - \delta_2 = 0,018 - 0,011 = 0,007 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{max}2}^{\text{пр}} - Z_{\text{min}2}^{\text{пр}} = 0,212 - 0,161 = 0,051 \text{ мм} \quad \delta_2 - \delta_1 = 0,07 - 0,018 = 0,052 \text{ мм}$$

$$Z_{\text{max}1}^{\text{пр}} - Z_{\text{min}1}^{\text{пр}} = 1,67 - 1,14 = 0,53 \text{ мм} \quad \delta_3 - \delta_1 = 0,6 - 0,07 = 0,53 \text{ мм}$$

За сортаментом приймаємо прокат найближчого діаметру  $\varnothing 18 \pm^{0,1}_{0,5}$

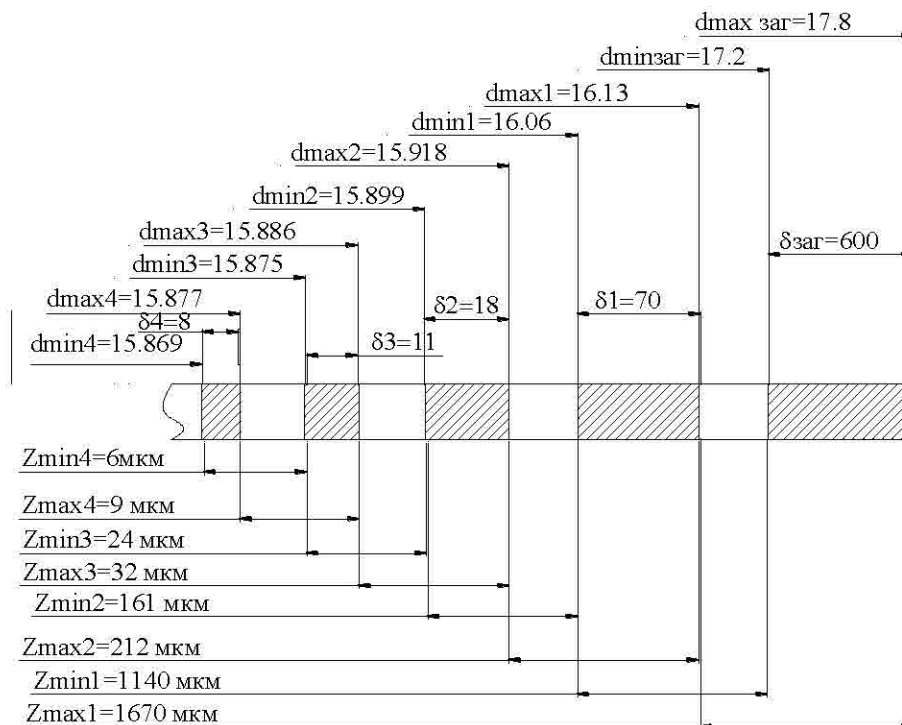


Рис.2.3.Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку зовнішньої циліндричної  $\varnothing 15,877-0,008$

На інші поверхні деталі вал припуски розраховуються в залежності від дійсного розміру деталі. Вибрані припуски розбиваємо по переходах у відповідності до маршруту обробки поверхні.

## 2.8. Визначення режимів різання

Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом.

На операцію 020 – горизонтально-фрезерної обробки лисок деталі вал НП-90 задані такі вихідні умови:

1. Верстат: горизонтально-фрезерний 6Р80
2. Інструмент: фреза дискова  $\varnothing 100$ , кількість зубців  $z=10$ , матеріал різальної частини Т5К10.
3. Зміст операції: обробка деталей з двократним поворотом деталі. Довжина обробки  $\ell=52$  мм.
4. Глибина фрезерування  $t=4$  мм, ширина фрезерування  $B=17$  мм. Подача на зуб за табл. 33 т.2 [7] при обробці сталі сплавом Т5К10 становить  $S_z=0,12$  мм/зуб.

Швидкість різання при фрезеруванні лиски визначаємо за формулою:

$$V_1 = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot Z^p};$$

Коефіцієнти визначаємо за табл. 39 т.2 [7]

де  $C_v=332$ ;

$q=0,2$ ;

$X=0,1$ ;

$Y=0,4$ ;

$U=0,2$ ;

$P=0$ ;

$m = 0,2$

Поправочний коефіцієнт  $K_v$  визначаємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv};$$

де  $K_{mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$  - поправочний коефіцієнт, який

враховує матеріал деталі, яка обробляється (табл. 1.2, т.2 [7])

$K_{nv} = 1$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні

заготовки на швидкість різання, табл.5;

$K_{uv} = 0,65$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, табл.6.

$$K_v = 1,25 \cdot 0,65 = 0,81$$

Стійкість фрези  $T = 180$  хв.

$$V = \frac{332 \cdot 60^{0.2}}{180^{0.2} \cdot 4^{0.1} \cdot 0.12^{0.4} \cdot 17^{0.2} \cdot 20^0} \cdot 0.81 = 89 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3.14 \cdot D_f} = \frac{1000 \cdot 89}{3.14 \cdot 60} = 472 \text{ хв.}^{-1}$$

Корегуємо швидкість обертання шпинделя за паспортними даним верстату:

$$n_d = 315 \text{ хв.}^{-1}$$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3.14 \cdot D_f \cdot n_d}{1000} = \frac{3.14 \cdot 60 \cdot 315}{1000} = 59 \text{ м/хв}$$

Хвилинна подача

Корегуємо подачу за паспортними даними верстату  $S_{хв,д} = 1250$  мм/хв..

Окружна сила різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^{y_p} \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp};$$

Коефіцієнти визначаємо за табл.41 [7]

де:  $C_p = 30$ ;  $x = 0,83$ ;  $y = 0,65$ ;  $u = 1,0$ ;  $q = 0,83$ ;  $w = 0$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n = \left( \frac{24}{190} \right)^{1.0} = 1,27;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 30 \cdot 5^{0.86} \cdot 0.2^{0.85} \cdot 10^{1.0} \cdot 20 \cdot 1.27}{108^{0.83} \cdot 1250^0} = 239.2 \text{ Н};$$

Кружний момент:

$$M_{KP} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{239.2 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 119.6 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{239.2 \cdot 42.82}{1020 \cdot 60} = 1.67 \text{ кВт}$$

Виконуємо перевірку потужності верстата

$$N_p \leq 1.2 N_{\text{дв}} \cdot \eta$$

Тоді

$$1,67 < 1,2 \cdot 2,2 \cdot 0,85 = 16,3 \text{ кВт}$$

Умова виконується, тому режими різання вибрані вірно.

Основний час обробки:

$$t_0 = \frac{l + l_{ep} + l_{nep}}{S_{xв}} = \frac{157 + 2 + 2}{1250} = 0.258 \text{ хв}$$

На всі інші операції режими різання визначаємо аналогічно, результати заносимо в табл. 11.

Таблиця 11

Режими різання на операціях механічної обробки

Номер			t, мм	S <sub>o</sub> , мм/об S <sub>хв</sub> , мм/хв	V, М/хв	n, Хв <sup>-1</sup>	t <sub>o</sub> , хв
операції	позиції	Перехо- ду					
Вал НІІ-90							
005		02	-	-	-	п <sub>подв.р.</sub> =36	0.041
010		02	3	ручна			20
015		02	4,5	0,08	37,61	726	0,086
		03	0,97	0,06	113	2000	1,13
		04	0,1	0,03	113	2000	2,27
		05	3	0,08	37,61	726	0,155
030		02	6,35	71	50	200	0,44
040		02	3,1	10	39,25	1250	1,0
060		02	0,2 <sup>.....</sup>	2000	35		0,148
065		02	0,023	1910	32		0,155

2.9. Технічне нормування операцій

Для умов дрібно серійного виробництва норма штучного часу визначається за формулою:

$$t_{\text{ум-к}} = t_{\text{ум}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{N};$$

де  $t_{\text{шт.}}$  – штучний час

$t_{\text{п-з}}$  - підготовчо-заключний час

$N$  – об'єм партії деталей.

Розрахунок норми часу на фрезерну операцію обробки деталі вал нп-90

Зміст операції:

1. Встановити в пристрій деталь, закріпити.
2. Фрезерувати площину.
3. Переустановити деталь.
4. Повторити п.1,2,3 .
5. Відкріпити, зняти деталі.
6. Контроль робітником 10% деталей.

Основний час на обробку чотирьох площин становить  $t_0=1,28$  хв.

(п.2.13.1).

Допоміжний час на окремі прийоми визначається за формулою:

$$t_{\text{д}} = (t_{\text{вз}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{уп}} + t_{\text{вим}}) \cdot k_{\text{ме}};$$

де  $t_{\text{в.з.}}$  – час на встановлення і зняття деталей за табл. 5.6 [2] при встановленні на призму з упором деталі в торець масою 1,2 кг становить 0,051 хв.

$t_{\text{з.в.}}$  – час на закріплення і відкріплення деталі рукояткою пневматичного затискувача за табл. 5.7 [2] становить  $t_{\text{з.в.}}=0,024 \cdot 2=0,048$  хв.

$t_{\text{уп.}}$  – час на прийоми управління за табл. 5.8 [2]:

- включити та виключити верстат кнопкою:

$$0,01 \cdot 2 = 0,04 \text{ хв.}$$

- підвести або відвести інструмент до деталі при обробці в горизонтальному напрямку:

$$0,04 \cdot 2 \cdot 2 = 0,16 \text{ хв.}$$

$t_{\text{вим.}}$  – час на вимірювання деталей шаблонами фасонними простого

профілю з точністю вимірювання до 0,25 мм становить 0,07 хв. при 10% деталей, що контролюються, отримуємо:

$$t_{\text{вим}} = \frac{0,07 \cdot 10}{100} = 0,007 \text{ хв}$$

Час допоміжний становить:

$$t_d = (0.051 + 0.048 + 0.04 + 0.16 + 0.007) \cdot 1.2 = 0.3672 \text{ хв}$$

Оперативний час:

$$t_{on} = t_o + t_d = 1.28 + 0.3672 = 1.6472 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця і відпочинок становить 7% за табл.6.1 [2]

$$t_{\text{об.відп.}} = \frac{1,6472 \cdot 7}{100} = 0,1153 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_d + t_{\text{об.відп.}} = 1.28 + 0.3672 + 0.1153 = 1.7625 \text{ хв.}$$

Визначаємо склад підготовчо-заключного часу:

- час на встановлення спеціального пристосування, яке встановлюється вручну і закріплюється чотирма болтами  $t_{\text{п-зл}}=14$  хв.;
- час на встановлення фрез (1 штука): 2хв.;
- встановлення двох стоек, що підтримують хобот: 2 хв.;
- встановлення упора: 2 хв.;
- отримання інструмента і пристосувань до початку і їх здача після обробки партії деталей: 7 хв.;

$$t_{\text{пз}} = 14 + 2 + 2 + 2 + 7 = 27 \text{ хв.}$$

Об'єм партії деталей, що обробляються водночас:

$$N = \frac{N_3}{S_{\text{п}}} = \frac{5600}{12} = 467;$$

де  $S_{\text{п}}=12$  – кількість запусків деталі на рік

$N_3=5000$  шт. - річна програма запуску деталей

Штучно-калькуляційний час:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{N} = 1.7625 + \frac{27}{417} = 1.8272 \text{ хв};$$

На інші операції розрахунок норми часу проводимо аналогічно з урахуванням особливостей і структури кожної операції, результати записуємо в табл. 2.15

Таблиця 12

Норма часу на обробку деталей, хв.

Номер операції	$t_o$	$t_d$	$t_{\text{обсл., відп.}}$	$t_{\text{шт}}$	$t_{\text{п-з}}$	$t_{\text{шт-к.}}$
1	2	3	4	5	6	7
Вал НІІ-90						
005	0,041	0,1	0,00057	0,14157	9	0,14158
010	0,18	0,027	0,0057	0,20757	9	0,2139
015	3,641	2,329	0,4776	6,448	17,9	6,4606
030	0,44	0,2088	0,0651	0,71393	23	0,9225
040	1,0	0,438	0,331	1,76855	23	1,78478
060	0,148	0,157	0,0087	0,31372	24	0,33066
065	0,155	0,159	0,0083	0,32228	24	0,3392

### 3.Конструкторська частина

3.1. Розробка конструкції пристрою для встановлення і закріплення деталі

3.1.1 Опис будови та роботи пристрою.

У відповідності до розробленої схеми базування деталі на операцію 040 обробки деталі вал спроектований спеціальний затискний пристрій.

Технологічною базою для встановлення деталі є вісь зовнішньої циліндричної поверхні та торець деталі. Ці ж елементи згідно до креслення деталі є і конструкторською базою. Таким чином виконується принцип єдності баз.

Реалізація розробленої схеми базування в даному пристрої виконується завдяки встановленню деталі на дві призми. З метою осьової орієнтації деталі використовується упор 2. Всі настановні елементи пристосування змонтовані на плиті 1, яка в свою чергу встановлена на лапах 26. Плита має пази для монтажу і закріплення пристосування на столі верстату.

Для забезпечення нерухомості деталі під впливом сил різання використовується вилка – затискувач 11, який є відкидним. Притискання затискувача до деталі виконується механічно за рахунок різьбового з'єднання. Проте в умовах середньо серійного типу виробництва слід забезпечити швидкодію процесу затискування з метою зменшення допоміжного часу. Тому в проектуемому технологічному процесі рекомендується виконати модернізацію пристосування, а саме встановити пневматичний затискний пристрій. В пропонуемому затискному пристосуванні шток є нерухомим, затискання здійснюється за рахунок переміщення пневмоциліндру, до якого приєднаний фланець важеля-затискувача. При подачі стиснутого повітря в безштокову порожнину відбувається вертикальне переміщення циліндру, внаслідок чого важіль, приєднаний до кришки пневмоциліндру обертається навколо вісі, за рахунок чого здійснюється затискання деталі.

На деталі згідно до змісту операції слід виконувати квадрат. Тому в конструкції пристосування передбачається ділильний механізм, який

виконується у вигляді диску з пазами. Ділильний механізм встановлюється на циліндричній частині валу і закріплюється гвинтом. Вал встановлюється в призми з забезпеченням контакту з упором таким чином, щоб фіксатор входив в призми з забезпеченням перпендикулярності поверхонь, що фрезеруються, при обробці деталей повертається навколо своєї вісі з обов'язковим закріпленням деталі. Для спрощення вивільнення деталі при переустановленні використовується рукоятка, яка обертається навколо вісі, і обертання якої обмежене площиною вилки, де встановлена ця рукоятка.

### 3.1.2 Розрахунок сили затиску деталі.

В процесі різання на деталь діє тангенційна складова сили різання і момент від сил різання. Тангенційна складова сили різання  $P_z$  створює момент, в результаті дії якого створюється умова для зсування деталей. Утримування деталі відбувається за рахунок сил тертя, які виникають в місці контакту деталі з установчими елементами призм. Сили тертя створюються за рахунок сили тиску в результаті пересування пневмоциліндру.

Умова рівноваги заготовки така:

$$\Sigma M_{\text{різ}} = \Sigma M_{\text{тер.}}$$

При ексцентричному прикладанні сили різання при фрезеруванні лиски в встановленій на призму заготовці циліндричної форми умова рівноваги має вигляд

$$P_z \cdot h \cdot k_c = W \cdot \left( f \cdot \frac{D}{2} + f \cdot \frac{D}{4} \cdot \sin(\alpha/2) \right)$$

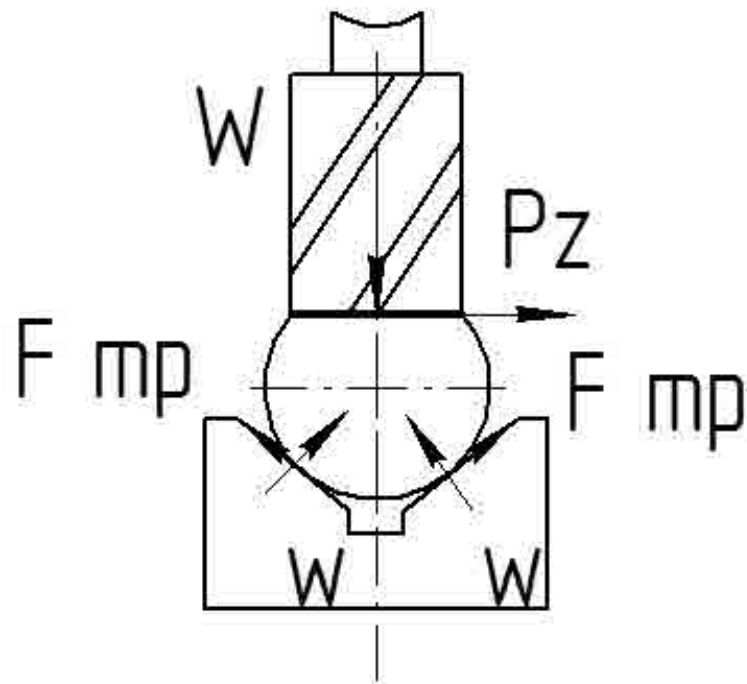


Рис.3.1 Розрахункова схема затискного пристрою

Звідки

$$W = \frac{4P_z h \cdot \sin(\alpha/2)k_c}{2fD \cdot \sin(\alpha/2) + fD} = \frac{4 \cdot 239.2 \cdot 4 \cdot \sin(90/2) \cdot 1.5}{2 \cdot 0.16 \cdot 40 \cdot \sin(90/2) + 0.16 \cdot 40} = 421.1 \text{ Н}$$

### 3.1.3 Розробка затискного пристрою та його приводу.

Затискання деталі відбувається при подачі повітря в безштокову порожнину. Враховуючи те, що затискання деталі здійснюється важелем, слід враховувати передаточне відношення механізму затиску. Тому сила, що діє на штоку пневмоциліндру, визначається як:

$$W \cdot l_1 = Q \cdot l_2$$

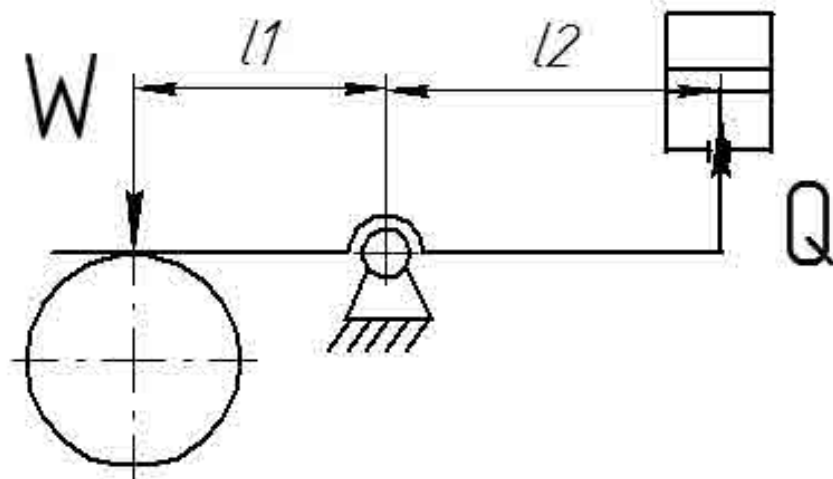


Рис. 3.2 Схема фрезерного пристрою

Звідки

$$Q = \frac{W \cdot l_1}{l_2} = \frac{421.1 \cdot 110}{70} = 661.73 \text{ Н}$$

Так як затискання відбувається при подачі повітря в без штокову порожнину, діаметр визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot P_e \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{661.73 \cdot 4}{3.14 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 0.75}} = 7.72 \text{ см}$$

З ряду стандартних значень діаметрів пневмоциліндрів вибираємо  $D_n=100\text{мм}$ .

### 3.1.4 Розрахунок слабких ланцюгів пристрою на міцність.

В даному пристосуванні слабким ланцюгом є вісь, на якій встановлений важіль-затискувач, за допомогою якого фіксується деталь. Під дією сили затиску вісь працює на крутіння. Діаметр деталі:  $d=15 \text{ мм}$

$$\tau_{\text{сп}} = \frac{Q}{F} = \frac{661.73 \cdot 4}{3.14 \cdot 15^2 \cdot 10^{-6}} = 3.74 \cdot 10^6 \text{ Па} = 3.74 \text{ МПа} \leq 200 \text{ МПа}$$

де  $Q$  - зусилля, яке сприймає вісь, Н;

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - \text{площина поперечного перерізу вісі, м}^2;$$

$[\tau_{зр}] = 200 \text{ МПа}$  – допустима межа міцності на крутіння для сталі 20.

Таким чином, умова міцності виконується.

### 3.2. Розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою

#### 3.2.1. Опис конструкцій та роботи пристрою

Контрольний пристрій призначений для контролю допуску симетричності  $0,110$  виступу  $5,16 \pm 0,11$  і розміру  $29,67 \pm 0,4$  в деталі вал НП-90.

Склад пристрою:

1. контрольно-вимірювальний пристрій в зборі;
2. індикатор типу ИЧ-5 ГОСТ577-68;
3. контрольний зразок 8364-4292-06.

Технічна характеристика:

Границі виміру, мм .....	0-1
Похибка на всі границі виміру, мм.....	0,040
Варіації, мм.....	0,003
Габаритні розміри, мм.....	260x107x158

Індикатор за допомогою гвинта закріплений в державці, яка встановлена в основі. На основі також закріплена призма, в якій знаходиться підпружинений палець. Контролюєма деталь встановлюється на призму так, щоб палець увійшов в шпонковий паз деталі. При контролі розміру  $29,67$ , розмір деталі порівнюють з дійсним розміром контрольного зразка. По контрольному зразку стрілка індикатора настроюється на  $0$ .

При контролі розміру  $29,67 \pm 0,4$  деталь вважати придатною при відхиленні стрілки індикатора на  $\pm 400$  мкм, враховуючи дійсний розмір контрольного зразка. Замір допуску симетричності виконувати при повороті

деталі на  $180^\circ$ . Деталь вважати придатною при різниці показів стрілки індикатора на 110 мкм. Схема вимірювального пристрою надана на рис. 3.3.

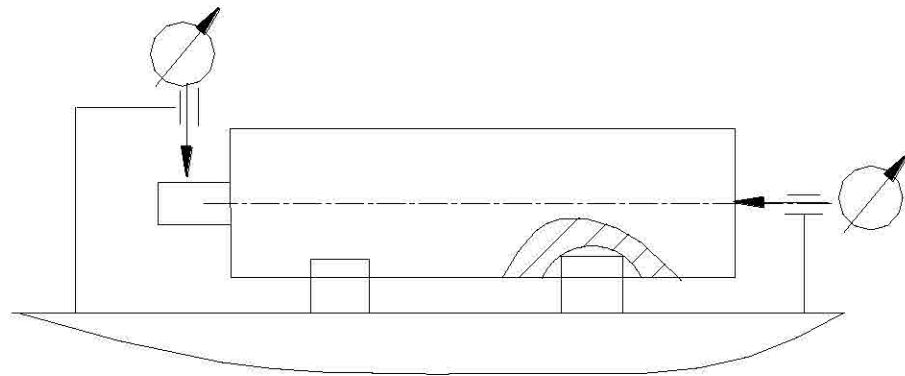


Рис.3.3. Кінематична схема вимірювання.

## **ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ**

В кваліфікаційній роботі на тему: «Розробка виготовлення деталі Вал НП-90» проаналізовано базовий техпроцес з підприємства, запропоновано раціоналізацію та представлено новий технологічний процес виготовлення даної деталі.

У технологічній частині розроблено якісно новий технологічний процес, у якому враховано всі вимоги до виготовлення деталі, раціонально підібране технологічне обладнання та спроектовано допоміжні пристрої на фрезерну операцію.

Використання верстатів з ЧПК дало можливість отримати такі якісні показники як: продуктивність, гнучкість та підвищення точності обробки деталі. Було скорочено площу виробничого обладнання завдяки технологічним можливостям обраних верстатів та покращено економічну складову розробленої технології.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.-Мн.:Выш. Школа, 1983.
2. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/В.М. Чуенков, Н.Ф. Бессонова, Д.А. Вейс.-3-е изд. Переработанное и дополненное-М.: Машиностроение, 1980.
3. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие/П.А. Руденко-К.: Выща школа, 1991.
4. Методические указания к выполнению курсового проекта по технологии машиностроения для студентов специальности 8,090215-Кировоград. КИСХМ-1986.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т1.,2-М.: Машиностроение, 1982.
6. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя.-М.: Издательство стандартов, 1992.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технологического нормирования работ на металлорежущих станках.-М.: Машиностроение, 1974.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II-Москва.: Экономика, 1990.
9. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./Под редакцией Б.Н. Вардашкина, -М.: Машиностроение, 1984.
10. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-2-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, 1990.
11. А.К. Кутай. Справочник контрольного мастера.-Л.: Лениздат, 1980.
12. Справочник технолога-машиностроителя. /Под редакцией А.Г. Косиловой.-М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1956.