

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ *Віталій ІВАНОВ*

« \_\_\_\_ » *червня 2021* р.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИВОДУ ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА  
МОДЕЛІ 165**

Кваліфікаційна робота (проєкт) бакалавра

Спеціальність – *133 «Галузеве машинобудування»*

Освітня програма – *«Металорізальні верстати та системи»*

Студент

*Владислав ЛЕБІДЬ*

Керівник

*Сергій ЄМЕЛЬЯНЕНКО*

Нормоконтроль

*Юлія ДЕНИСЕНКО*

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра становить 84 сторінок, в тому числі 24 рисунків, 5 таблиць, бібліографії із 25 джерел на трьох сторінках, дванадцяти додатків на 19 сторінках.

Металорізальні верстати є одним з основних видів заводського устаткування, призначеним для виробництва всіх машин, інструментів та приладів. Їх технічний рівень в значній мірі характеризують виробничу потужність країни. Більшість верстатів, які використовуються в нашій країні є застарілими та потребують модернізації.

В дипломній роботі було проведено модернізацію приводу головного руху токарно-гвинторізного верстату 165.

Метою дипломною роботи було: проектування нового приводу головного руху для верстату 165. Для виконання цього завдання було обрано шлях модернізації коробки швидкостей базової моделі верстата. Також в дипломній роботі описаний технологічний процес виготовлення шпинделя токарно-гвинторізного верстата. Також описані всі стадії проектування спеціального пристрою, а саме повідкового патрону. Питанням для розділу охорони праці була оцінка природного освітлення у економічному відділі.

ВЕРСТАТ 165, ПРИВІД ГОЛОВНОГО РУХУ, ПАТРОН ПОВІДКОВИЙ, ШПИНДЕЛЬ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	10
1 Загальні відомості про базову модель верстата.....	11
1.1 Призначення, область застосування .....	11
1.2 Основні вузли верстата.....	12
1.3 Технічна характеристика верстата 165 .....	13
2 Кінематичний розрахунок модернізованого привода металорізального верстата 165 .....	15
2.1 Вибір структурної формули привода.....	15
2.2 Визначення кількості валів у приводі.....	15
2.3 Виконання первісного варіанта кінематичної схеми .....	16
2.4 Складання структурних формул у розгорнутому вигляді .....	16
2.5 Побудова структурних сіток.....	17
2.7 Побудова графіка частот обертання шпинделя .....	20
2.8 Визначення кількості зубців зубчастих коліс .....	22
2.9 Підрахування фактичних частот обертання шпинделя.....	25
2.10 Оцінка точності кінематичного розрахунку .....	26
2.11 Кінцевий варіант кінематичної схеми привода .....	27
3 Проектування конструкції привода головного руху .....	28
3.1 Проектний розрахунок і методика конструювання привода верстата .....	28
3.2 Розрахунок валів .....	32

					<b>ВІ 19510116 ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Лебідь В.В.			<b>Модернізація привода токарно-гвинторізного верстату моделі 165</b>	Літ.	Лист	Листів
Перевір.		Ємельяненко С.С.				7	110	
Реценз.								
Н. Контр.		Денисенко Ю.О.						
Затв.		Іванов В.О.						

3.3 Уточнюючий (перевірний) розрахунок валів.....	33
3.4 Геометричний розрахунок зубчастих коліс .....	37
3.5 Розрахунок зубів коліс на контактну міцність.....	38
3.6 Розрахунок зубів зубчастих коліс на згинання.....	38
4 Розрахунок механізмів переключення блоків .....	41
5 Технологія виготовлення шпинделя вертата 165.....	48
5.1 Розробка опису маршрутного технологічного процесу обробки деталі .....	48
5.2 Розробка операційного технологічного процесу обробки деталі ....	66
6 Верстатний пристрій.....	69
6.1 Обґрунтування необхідності створення верстатного пристрою.....	69
6.2 Уточнення цілі технологічної операції.....	69
6.3 Виявлення кількісних та якісних даних про заготовку.....	71
6.4 Визначення умов в котрих буде виготовлятись та використовуватись проєктований пристрій .....	73
6.5 Складання переліку виконуваних функцій .....	74
6.6 Розробка та обґрунтування схеми базування.....	75
6.7 Побудова функціональної структури верстатного пристрою .....	78
6.8 Розробка та обґрунтування схеми закріплення.....	79
6.9 Обґрунтування вибору привода .....	84
6.10 Розрахунок точності пристрою.....	84
6.11 Опис пристрою та принцип його роботи.....	85
Перелік джерел посилання .....	87

## ВСТУП

Металорізальні верстати є одним з основних видів заводського устаткування, призначеним для виробництва всіх машин, інструментів та приладів. Металорізальні верстати та їх технічний рівень в значній мірі характеризують виробничу потужність країни.

Металорізальні верстати є основним видом заводського устаткування, призначеним для виробництва всіх сучасних машин, приладів, інструментів і інших виробів, тому кількість металорізальних верстатів, їх технічний рівень в значній мірі характеризують виробничу потужність країни.

Машинобудування являється основою науково-технічного прогресу в різних галузях народного господарства. Безперервне вдосконалення і розвиток машинобудування зв'язані з прогресом верстатобудування, оскільки металорізальні верстати разом з деякими іншими видами технологічного оснащення забезпечують виготовлення любых нових видів обладнання.

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БАЗОВУ МОДЕЛЬ ВЕРСТАТА

## 1.1 Призначення, область застосування

Токарно-гвинторізний верстат 165 призначений для обробки деталей великих та середніх розмірів, в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва. На даному верстаті можна виконувати внутрішнє та зовнішнє точіння, включаючи точіння конусних поверхонь, розточування, свердління та нарізання різей. Технічні характеристики та жорсткість конструкції вузлів верстата дозволяють обробку з великими швидкостями різання, із застосуванням різців із швидкорізальної сталі, або оснащених пластинами з твердого сплаву. На верстаті можна обробляти як деталі із чорних так із кольорових металів. Даний верстат за рахунок жорсткості конструкції, параметрів шпинделя, каретки та приводу має великі показники точності. Також верстат виділяється великою надійністю та невибагливістю.

Клас точності даного верстата Н. Шорсткість обробленої поверхні V6. Технічна характеристика і жорсткість верстатів дозволяють повністю використовувати можливості швидкорізального і твердосплавного інструменту при обробці як чорних, так і кольорових металів.

## 1.2 Основні вузли верстата

Основні вузли верстата показані на рисунку 1.1.

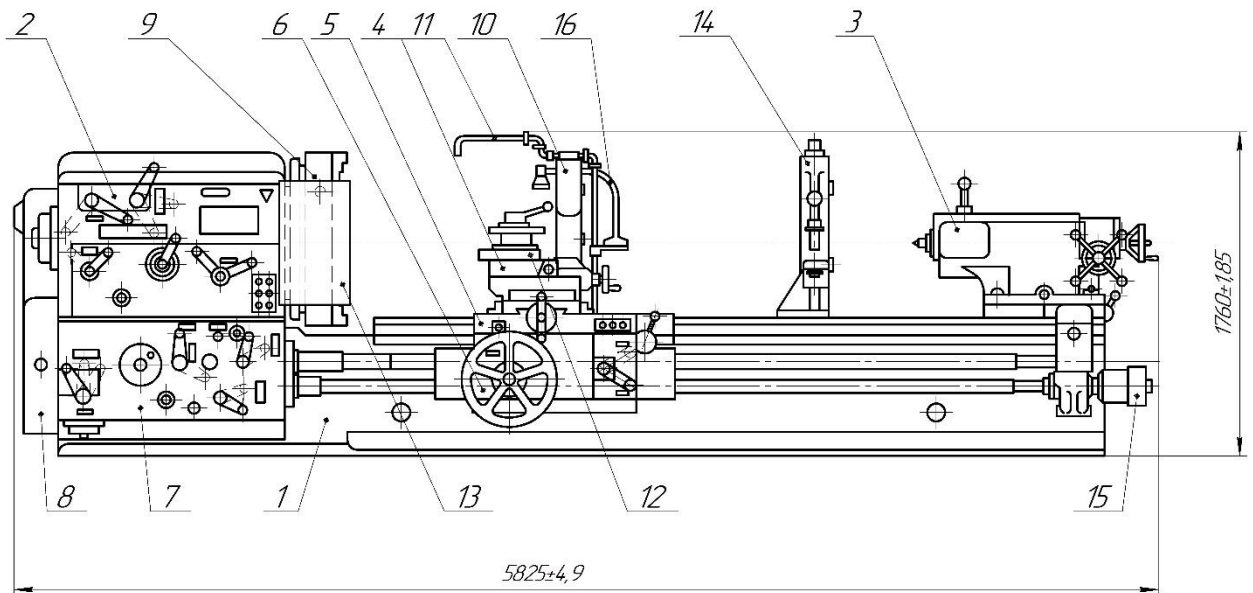


Рисунок 1.1 – Загальний вид базової моделі верстата 165

На рисунку 1.1 показані основні вузли базової моделі верстата:

1 – Станина; 2 – передня бабка; 3 – задня бабака; 4 – супорт; 5 – каретка; 6 – фартух; 7 – шестерні змінні; 8 – шпиндель; 9 – патрон, 10 – люнет рухомий; 11 – охолодження; 12 – огороження; 13 – огороження патрона; 14 – люнет нерухомий; 15 – електрообладнання; 16 – електротруборозводка.

### 1.3 Технічна характеристика верстата 165

Технічні характеристики верстата 165 показано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики верстату

<b>Основні параметри верстата</b>	<b>Значення</b>
Клас точності по ГОСТ 8-82	Н
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над станиною, мм	1000
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом, мм	600
Найбільша довжина заготовки (РМЦ), мм	2800
Висота встановлюваного різця, мм	45 x 45
Найбільша маса заготовки в центрах, кг	5000
<b>Шпиндель</b>	
Діаметр наскрізного отвору в шпинделі, мм	85
Найбільший діаметр затискається прутка, мм	80
Число ступенів частот прямого обертання шпинделя	24
Частота прямого обертання шпинделя, об / хв	5...5000
Гальмування шпинделя	так
<b>Подача</b>	
Найбільше поздовжнє переміщення супорта	2520
Найбільше поперечне переміщення супорта, мм	600
Число ступенів поздовжніх подач	32
Межі поздовжніх подач, мм / об	0,2...3,05
Межі поперечних подач, мм / об	0,07...1,04
<b>Різцеві салазки (верхній супорт)</b>	
Найбільше переміщення резцових салазок, мм	240
Ціна поділки лімба переміщення резцових салазок, мм	0,05
<b>Електрообладнання</b>	
Кількість електродвигунів на верстаті	3

Продовження таблиці 1.1



Електродвигун головного приводу, кВт	22
Електродвигун швидких переміщень супорта, кВт	1,5
Насос охолодження (помпа)	є
<b>Розміри верстата</b>	
Габарити верстата, мм	5825 x 2100 x 1760
Маса верстата, кг	12500

## 2 КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОГО ПРИВОДА МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА 165

Модернізацію коробки швидкостей за завданням виконуємо за вихідними:  $n_{дв} = 1460 \text{ хв}^{-1}$ ,  $n_{min} = 4 \text{ хв}^{-1}$ ,  $\varphi = 1,26$ ,  $Z = 18$ .

### 2.1 Вибір структурної формули привода

Структурна формула приводу має такий вигляд:

$$Z = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_i,$$

де  $Z$  – кількість швидкісних ступенів коробки швидкостей за завданням;

$i$  – порядок розміщення деякої групи в напрямку передачі руху;

$P$  – кількість передач у групі.

Для кількості передач  $Z = 18$  можуть бути такі структурні формули:  $Z = 6 \cdot 3$ ;  $Z = 9 \cdot 2$ ;  $Z = 3 \cdot 3 \cdot 2$ ;  $Z = 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$ , та деякі інші варіанти. Слід зазначити, що з точки зору математики формули рівнозначні, тому що відповідають вимогам  $Z = 18$ . Формули є рівнозначними з математичної точки зору, тому що відповідають вимогам  $Z = 16$ , але з точки зору механіки вони зовсім різні. Найбільш оптимальним варіантом з усіх представлених є варіант  $Z = 3 \cdot 3 \cdot 2$ .

### 2.2 Визначення кількості валів у приводі

У приводі верстата можливість визначення валів пов'язана із структурною формулою. За формулою визначемо цю залежність, яка є дуже простою.

$$B = m + 1,$$

де  $m$  – кількість груп передач привода.

Для обраної оптимальної структурної формули  $Z = 3 \cdot 3 \cdot 2$ ,  $m = 3$ , тоді за формулою кількість валів  $B = 4$ .

## 2.3 Виконання первісного варіанта кінематичної схеми

Кінематична схема коробки швидкостей верстата в первісному вигляді зображено на рисунку 2.1.

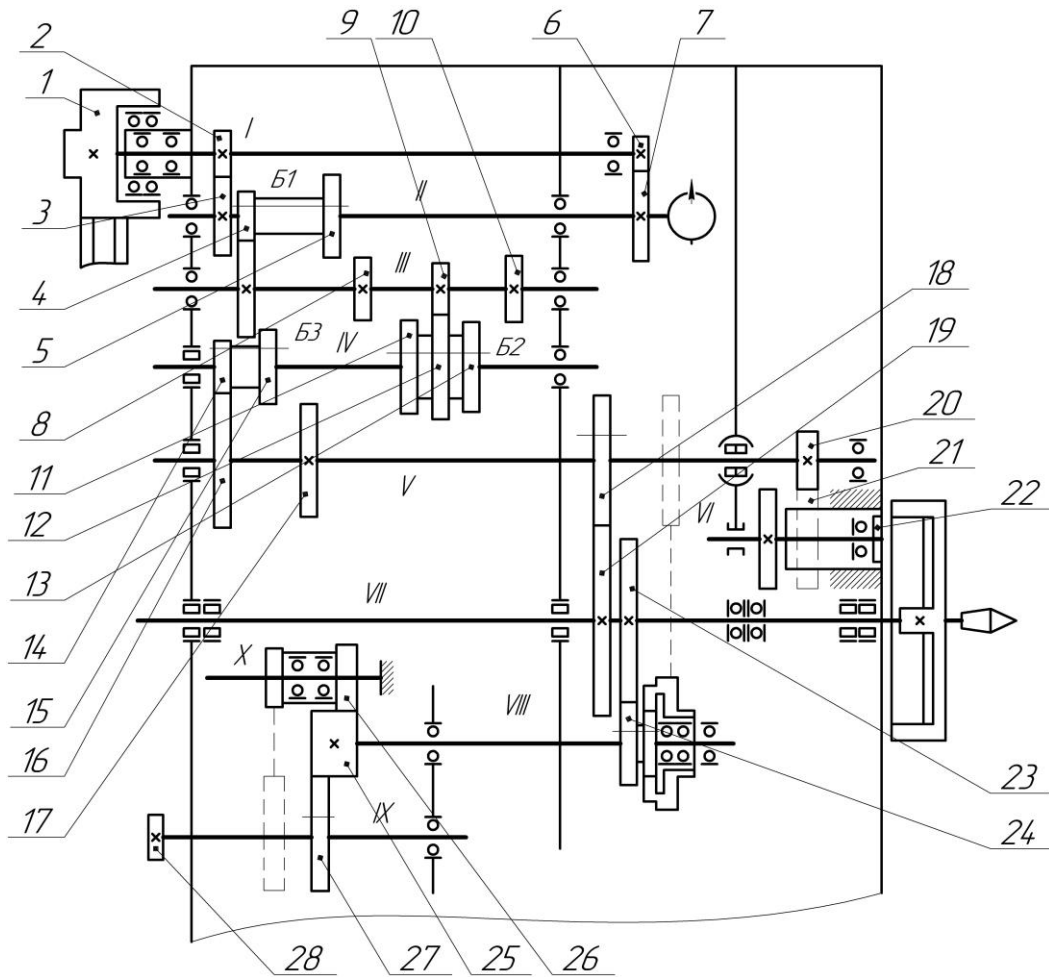


Рисунок 2.1 – Кінематична схема коробки швидкостей верстата в первісному вигляді

## 2.4 Складання структурних формул у розгорнутому вигляді

У розгорнутому вигляді структурна формула містить в собі й характеристику і має такий вигляд:

$$Z = P_1 (X_1) \cdot P_2 (X_2) \cdot P_3(X_3) \cdot \dots \cdot P_m(X_m)$$

Запишемо формули спочатку у загальному вигляді:

а)  $Z = P_1 (X_1) \cdot P_2 (X_2) \cdot P_3(X_3)$

$$\parallel \quad | \quad 0$$

б)  $Z = P_1 (X_1) \cdot P_2 (X_2) \cdot P_3(X_3)$

- |    ||    0
- в)  $Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$   
       ||    0    |
- г)  $Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$   
       |    0    ||
- д)  $Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$   
       0    |    ||
- е)  $Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$   
       0    ||    |

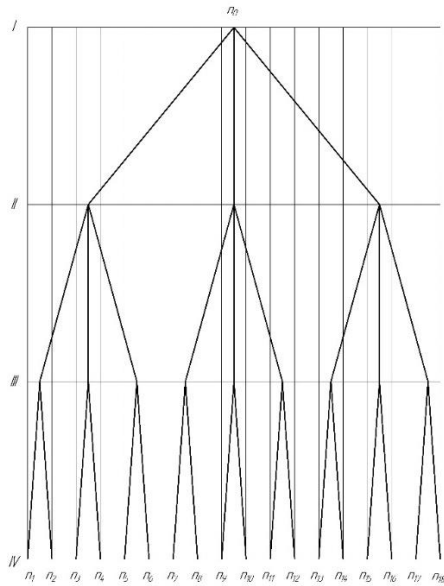
Отримаємо такі значення після підстановки кількості переключень:

- а)  $Z = 3(6) \cdot 3(2) \cdot 2(1)$   
       ||    |    0
- б)  $Z = 3(2) \cdot 3(6) \cdot 2(1)$   
       |    ||    0
- в)  $Z = 3(6) \cdot 3(1) \cdot 2(3)$   
       ||    0    |
- г)  $Z = 3(3) \cdot 3(1) \cdot 2(9)$   
       |    0    ||
- д)  $Z = 3(1) \cdot 3(3) \cdot 2(9)$   
       0    |    ||
- е)  $Z = 3(1) \cdot 3(6) \cdot 2(3)$   
       0    ||    |

## 2.5 Побудова структурних сіток

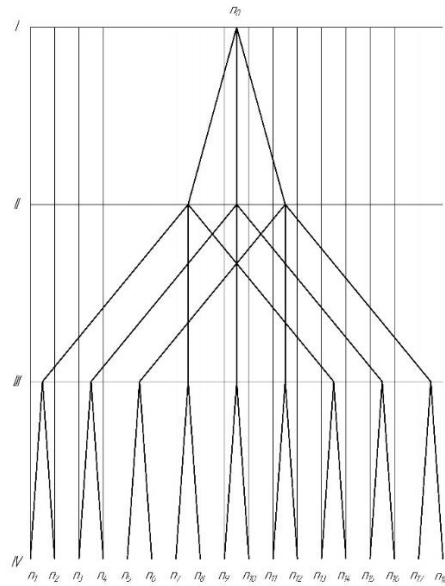
Структурні сітки – це симетричні діаграми, котрі у розгорнутому вигляді відображають структурні формули та кількість груп переключень, характер переключень в залежності від того, яку групу відіграє роль також вказують на кількість валів. Сітка будується на фоні або ж на полі сітки, котре в свою чергу складається із вертикальних ліній, кількість яких відповідає кількості швидкісних ступенів привода та горизонтальних, які визначають

вали. Нульова точка частот розміщується посередині лінії, оскільки сітка симетрична діаграма, що відповідає першому валу. Відстань береться між вертикалями такою, що рівна характеристиці  $X=1$ .



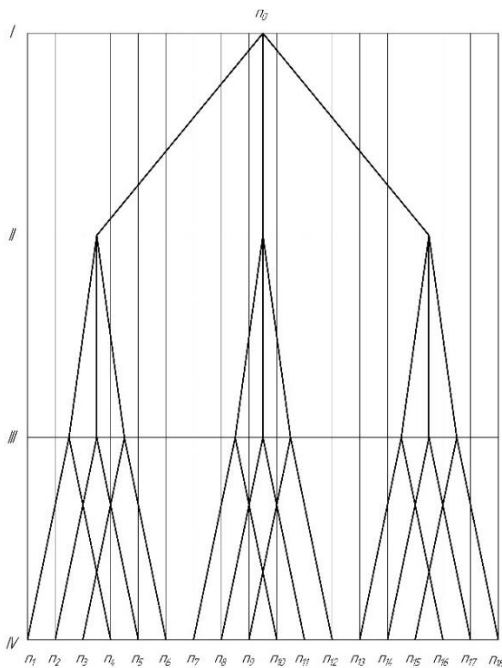
а)  $Z = 3 (6) \cdot 3 (2) \cdot 2(1)$

|| | 0



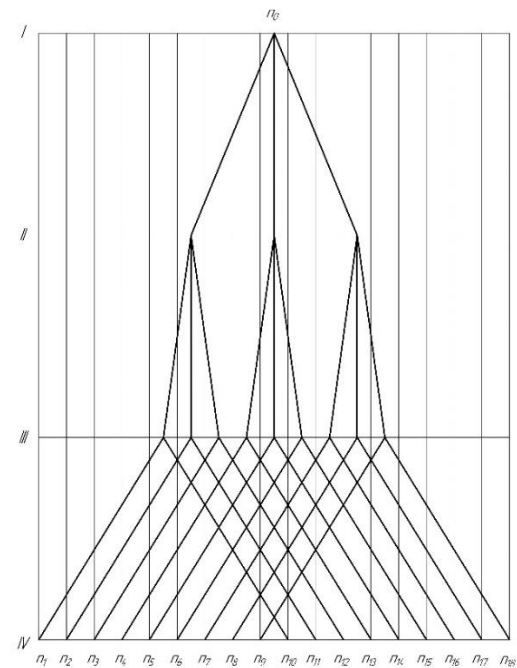
б)  $Z = 3 (2) \cdot 3 (6) \cdot 2(1)$

| || 0



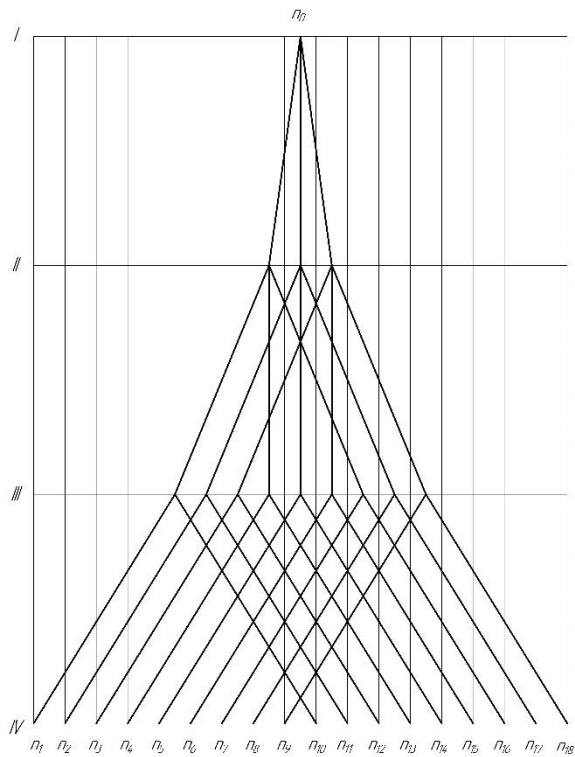
в)  $Z = 3 (6) \cdot 3 (1) \cdot 2(3)$

|| | 0



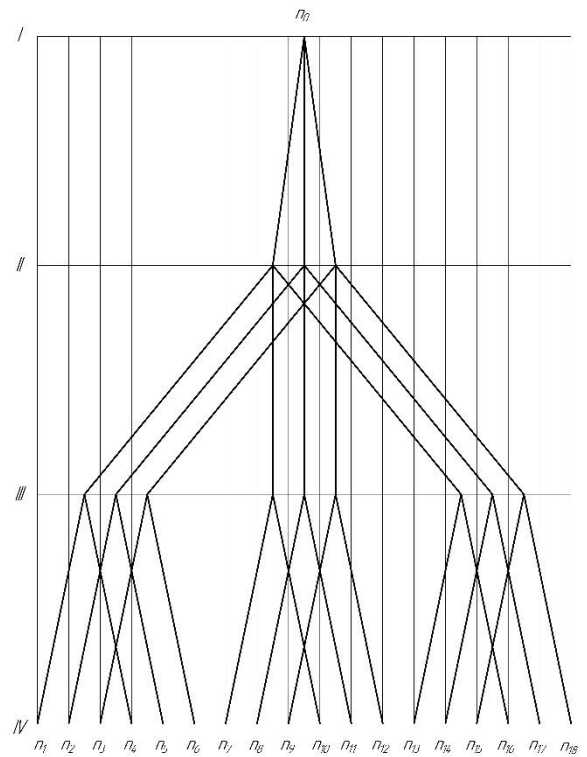
г)  $Z = 3 (3) \cdot 3 (1) \cdot 2(9)$

| || 0



$$\text{д) } Z = 3 (1) \cdot 3 (3) \cdot 2(9)$$

$$\text{II} \quad \text{I} \quad \text{0}$$



$$\text{е) } Z = 3 (1) \cdot 3 (6) \cdot 2(3)$$

$$\text{I} \quad \text{II} \quad \text{0}$$

## 2.6 Аналіз структурних сіток

При побіжному порівнянні структурних сіток видно, що вони виглядають по різному. Варіант вважається оптимальним, у котрого відрізки, які визначають передатне відношення між валами, розходяться поступово від від першого валу до четвертого. Серед показаних найкращий п'ятий варіант, котрий було визначено при порівнянні наведених варіантів, а перший – найгірший. Оптимальним варіантом структурних сіток є п'ятий, а отже варто зупинитися на ньому для подальшого графоаналітичного розрахунку

## 2.7 Побудова графіка частот обертання шпинделя

Мінімальна частота  $n_{\min} = 4 \text{ хв}^{-1}$ , знаменник ряду частот обертання  $\phi = 1,26$ , кількість передач  $Z = 18$ . З цих даних розраховуємо геометричний ряд частот та отримуємо такі значення:  $n_1 = 4$ ,  $n_2 = 5$ ,  $n_3 = 6$ ,  $n_4 = 8$ ,  $n_5 = 10$ ,  $n_6 = 12,5$ ,  $n_7 = 16$ ,  $n_8 = 20$ ,  $n_9 = 25$ ,  $n_{10} = 31,5$ ,  $n_{11} = 40$ ,  $n_{12} = 50$ ,  $n_{13} = 63$ ,  $n_{14} = 80$ ,  $n_{15} = 100$ ,  $n_{16} = 125$ ,  $n_{17} = 160$ ,  $n_{18} = 200$ . Частота обертання двигуна  $n_{\text{дв}} = 1460 \text{ хв}^{-1}$ .

Також додаємо в графік ще один вал, який потрібен для зменшення передатних відношень.

Передавальних відношень окремих передач в групах та фактичних значень частот обертання, структурна сітка не дає. Щоб визначити ці величини треба побудувати інший графік – графік частот обертання. Даний графік являється фактичною картиною частот обертання вихідного органу нашого приводу.

Для побудови графіку потрібно знати:

- а) знаменник ряду частот обертання  $\phi$  ;
- б) фактичні частоти обертання від  $n_1 = n_{\min}$  до  $n_z = n_{\max}$ ;
- в) частота обертання обраного приводу двигуна  $n_{\text{дв}}$ ;
- г) повна кінематична схема приводу, яка крім групових передач може мати і поодинокі передачі.

Ще один вал вводимо в графік частот, щоб зменшити передавальні відношення.

На рисунку 2.2 зображено графік частот обертання шпинделя приводу верстата (без розрахунку передатних відношень).

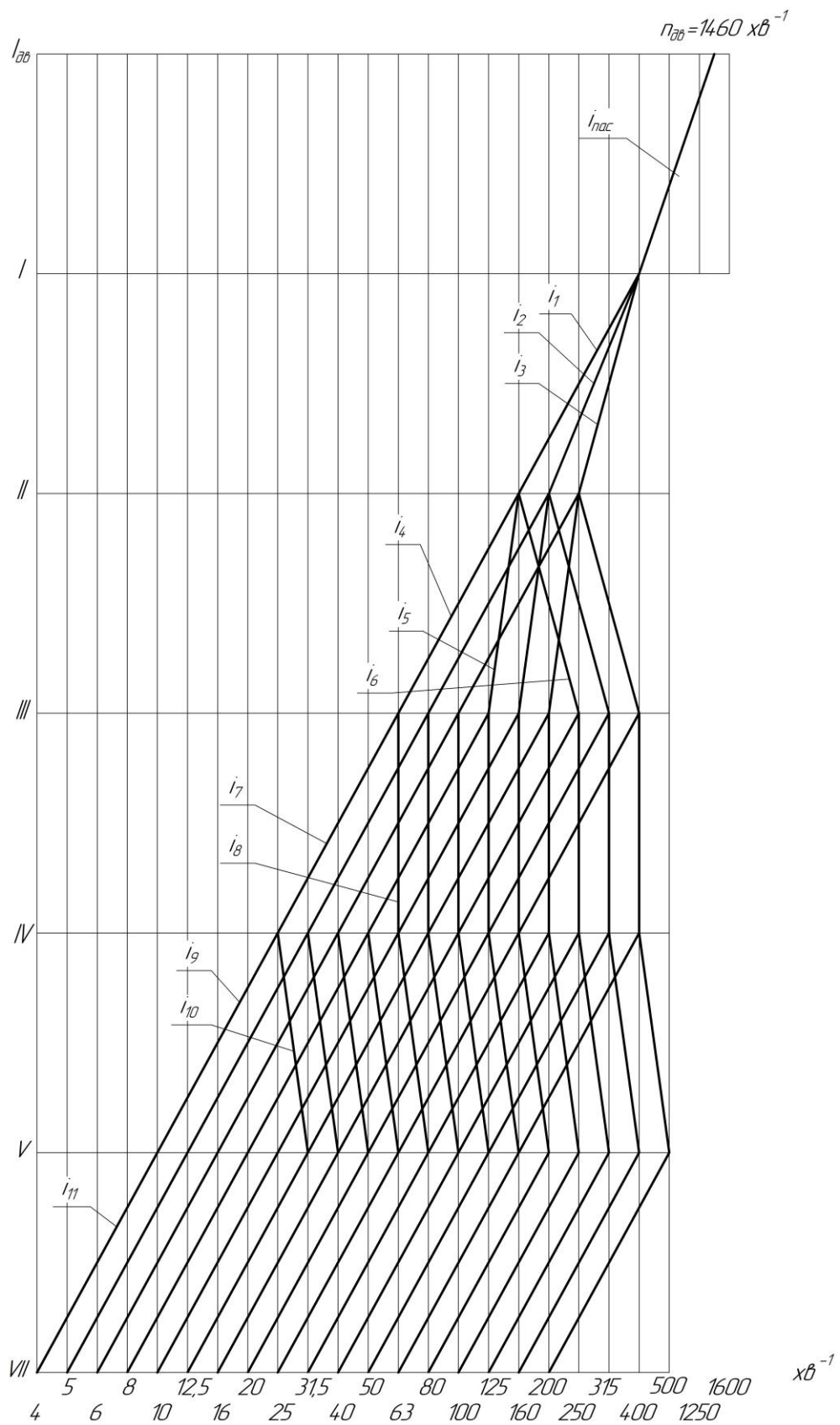


Рисунок 2.2 – Графік частот обертання шпинделя привода верстата (без розрахунку передатних відношень)



В першу чергу при розробці кінематичної схеми верстата потрібно вирішити питання вибору типу приводу. Привід - джерело руху і сукупність механізмів, котрі до кінцевих ланок верстата передають рух.

Верстат може мати кілька джерел руху або один. Механізувати та автоматизувати верстат, спростити управління, скоротити кінематичні ланцюги дозволяє застосування декількох двигунів. Від загального двигуна вони повинні отримувати рух, якщо потрібно суворий взаємозв'язок між окремими кінематичними ланцюгами. При проектуванні нового верстата вибір приводу має істотне значення, так як це є одним з основних умов створення високоякісної й економічної продукції.

## 2.8 Визначення кількості зубців зубчастих коліс

На первісному варіанті кінематичної схеми позначені як  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  і т. д., можна визначити кількість зубців зубчастих коліс у кожній парі, коли побудовано ГЧО. Також існують правила для визначення кількості зубців зубчастих коліс. Перше правило заключається у тому, що у двоваловій передачі залишається незмінною сума зубів зубчастих коліс, тобто можна написати, що  $\Sigma Z = Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = Z_5 + Z_6 = \text{const}$  (між першим та другим валами, наприклад). Найменша кількість зубів на одному колесі може бути 18 – 20, виходячи з цього визначають суму  $Z$ . Тоді  $\Sigma Z_{\text{max}} \approx 120$ , відповідно  $\Sigma Z_{\text{min}} \approx 40$ . Друге правило заключається у тому, що передатні відношення записують через кількість зубів зубчастих коліс і прирівнюють їх до передатних відношень з ГЧО через знаменник геометричного ряду. Це має такий вигляд:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1}{\varphi^2}; \quad \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{1}{\varphi}; \quad \frac{Z_5}{Z_6} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1} = 1.$$

Подані два рівняння (за першим та другим правилами) розв'язують спільно. Тоді значення  $Z_1$  та  $Z_2$  визначають так:

$$i_1 = \frac{1}{\varphi^4}, \quad \sum Z = 67, \quad Z_1 = \frac{67}{1 + 2,52} = 19; \quad Z_2 = 67 - 19 = 48. \quad \frac{19}{48}$$

$$i_2 = \frac{1}{\varphi^3}, \quad \sum Z = 67, \quad Z_3 = \frac{67}{1+2} = 22; \quad Z_4 = 67 - 22 = 45. \quad \frac{22}{45}$$

$$i_3 = \frac{1}{\varphi^2}, \quad \sum Z = 67, \quad Z_5 = \frac{67}{1+1,59} = 26; \quad Z_6 = 67 - 26 = 41. \quad \frac{26}{41}$$

$$i_4 = \frac{1}{\varphi^5}, \quad \sum Z = 75, \quad Z_7 = \frac{75}{1+3,17} = 18; \quad Z_8 = 75 - 18 = 57. \quad \frac{18}{57}$$

$$i_5 = \frac{1}{\varphi^2}, \quad \sum Z = 75, \quad Z_9 = \frac{75}{1+1,59} = 29; \quad Z_{10} = 75 - 29 = 46. \quad \frac{29}{46}$$

$$i_6 = \frac{\varphi}{1}, \quad \sum Z = 75, \quad Z_{12} = \frac{75}{1+1,26} = 33; \quad Z_{11} = 75 - 33 = 42. \quad \frac{42}{33}$$

$$i_7 = \frac{1}{\varphi^4}, \quad \sum Z = 78, \quad Z_{13} = \frac{78}{1+2,52} = 22; \quad Z_{14} = 78 - 22 = 56. \quad \frac{22}{56}$$

$$i_8 = \frac{1}{1}, \quad \sum Z = 78. \quad \frac{39}{39}$$

$$i_9 = \frac{1}{\varphi^4}, \quad \sum Z = 81, \quad Z_{17} = \frac{81}{1+2,52} = 23; \quad Z_{18} = 81 - 23 = 58. \quad \frac{23}{58}$$

$$i_{10} = \frac{\varphi}{1}, \quad \sum Z = 81, \quad Z_{20} = \frac{81}{1+1,26} = 36; \quad Z_{19} = 81 - 36 = 45. \quad \frac{45}{36}$$

$$i_{11} = \frac{1}{\varphi^4}, \quad \sum Z = 78, \quad Z_{21} = \frac{78}{1+2,52} = 22; \quad Z_{22} = 78 - 22 = 56. \quad \frac{22}{56}$$

На рисунку 2.3 зображено графік частот обертання шпинделя з підібраними передаточними відношеннями(колесами).

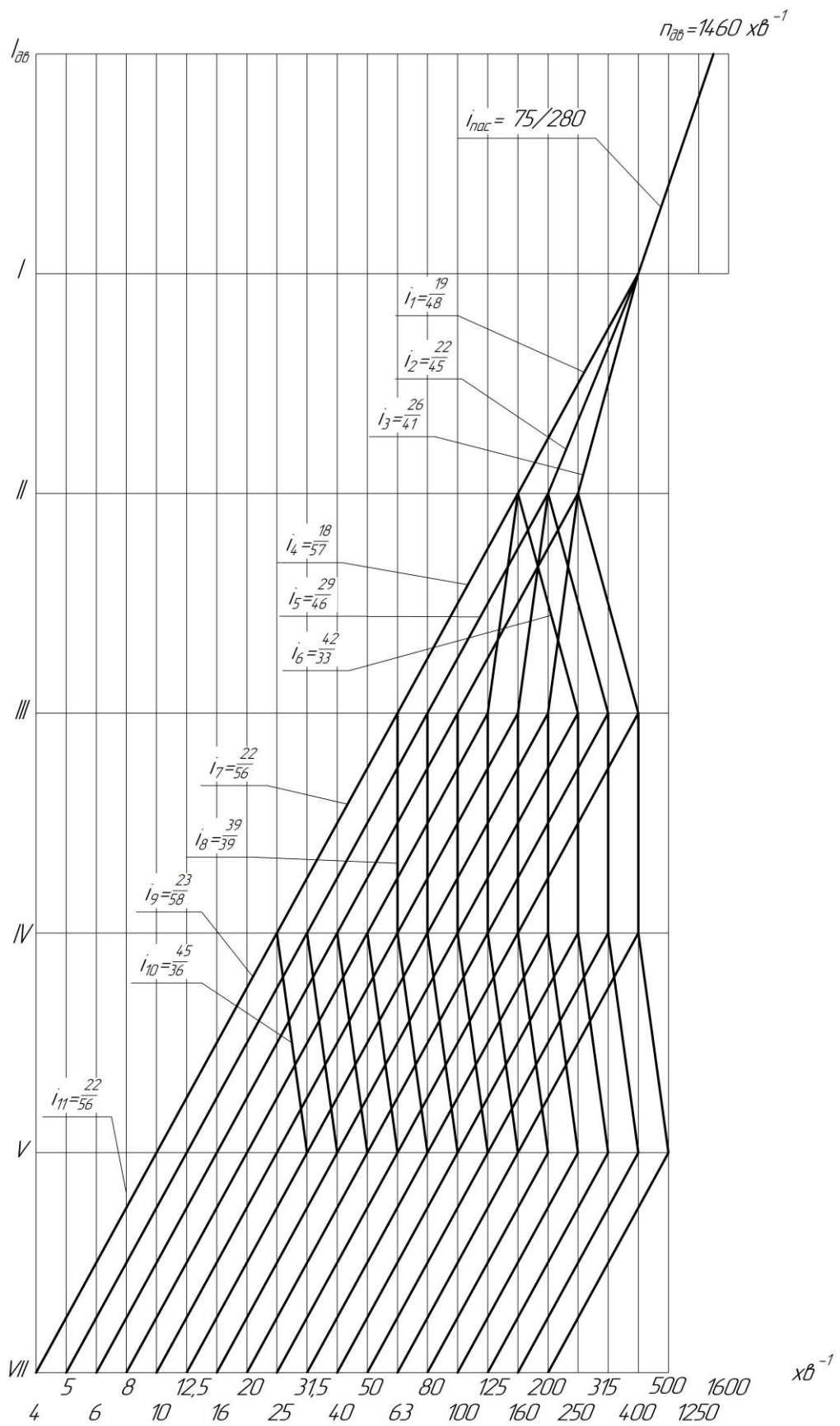


Рисунок 2.3 - Графік частот обертання шпинделя з підібраними передаточними відношеннями(колесами)

## 2.9 Підрахування фактичних частот обертання шпинделя

Шляхом складання відповідних рівнянь кінематичного балансу, можна визначити фактичні частоти обертання шпинделя, якщо прораховані усі передатні відношення привода. Користуючись ГЧО можна скласти такі рівняння. На структурних сітках точка на валу одна і відповідає точці  $n_0$ , тому вихідною точкою для таких розрахунків є частота  $800 \text{ хв}^{-1}$ . Якщо перемножити передатні відношення  $i_1, i_4, i_6, i_8$ , можна отримати першу або найменшу частоту. Потрібно записати так:

$$\begin{aligned}n_1 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{19}{48} \cdot \frac{18}{57} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 3,93 \text{ хв}^{-1}, \\n_2 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{22}{45} \cdot \frac{18}{57} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 4,85 \text{ хв}^{-1}, \\n_3 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{26}{41} \cdot \frac{18}{57} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 6,3 \text{ хв}^{-1}, \\n_4 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{19}{48} \cdot \frac{29}{46} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 7,85 \text{ хв}^{-1}, \\n_5 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{22}{45} \cdot \frac{29}{46} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 9,6 \text{ хв}^{-1}, \\n_6 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{26}{41} \cdot \frac{29}{46} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 12,58 \text{ хв}^{-1}, \\n_7 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{19}{48} \cdot \frac{42}{33} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 15,85 \text{ хв}^{-1}, \\n_8 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{22}{45} \cdot \frac{42}{33} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 19,58 \text{ хв}^{-1}, \\n_9 &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{26}{41} \cdot \frac{42}{33} \cdot \frac{22}{56} \cdot \frac{23}{58} \cdot \frac{22}{56} = 25,39 \text{ хв}^{-1}, \\n_{10} &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{19}{48} \cdot \frac{18}{57} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 31,56 \text{ хв}^{-1}, \\n_{11} &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{22}{45} \cdot \frac{18}{57} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 38,98 \text{ хв}^{-1}, \\n_{12} &= 1460 \cdot 0,274 \cdot \frac{26}{41} \cdot \frac{18}{57} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 50,56 \text{ хв}^{-1}, \\n_{13} &= 1460 \cdot 0,139 \cdot \frac{19}{48} \cdot \frac{29}{46} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 63,01 \text{ хв}^{-1},\end{aligned}$$

$$n_{14} = 1460 \cdot 0,139 \cdot \frac{22}{45} \cdot \frac{29}{46} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 77,82 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{15} = 1460 \cdot 0,139 \cdot \frac{26}{41} \cdot \frac{29}{46} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 100,94 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{16} = 1460 \cdot 0,139 \cdot \frac{19}{48} \cdot \frac{42}{33} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 127,2 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{17} = 1460 \cdot 0,139 \cdot \frac{22}{45} \cdot \frac{42}{33} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 157,11 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{18} = 1460 \cdot 0,139 \cdot \frac{26}{41} \cdot \frac{42}{33} \cdot \frac{39}{39} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{22}{56} = 203,79 \text{ хв}^{-1}.$$

## 2.10 Оцінка точності кінематичного розрахунку

Визначимо похибку між фактичними числами обертів вихідного вала та стандартизованими використовуючи формулу:

$$\Delta = \pm \frac{n_{\phi} - n_{cm}}{n_{cm}} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де  $n_{\phi}$ ,  $n_{cm}$  – відповідно фактичні та стандартизовані частоти обертання шпинделя.

Відповідність частот обертання шпинделя перевіримо на 18 частоті за формулою 2.1:

$$\Delta_{18} = \frac{203,79 - 200}{200} \cdot 100\% = 0,018 \cdot 100\% = -1,8\%,$$

що знаходиться у межах допуску  $[\Delta] = \mp 2,6 \%$ .

Можна зробити висновок, що розрахунок виконаний вірно, після оцінки точності кінематичного розрахунку.

## 2.11 Кінцевий варіант кінематичної схеми привода

З дотриманням вимог ГОСТ 2.770 – 68 і 2.703 – 68 виконують кінцевий варіант кінематичної схеми, перший з яких є стандартом на умовні позначення на кінематичних схемах, а другий – правилом виконання кінематичних схем. На рисунку 2.4 подано кінцевий варіант кінематичної схеми привода.

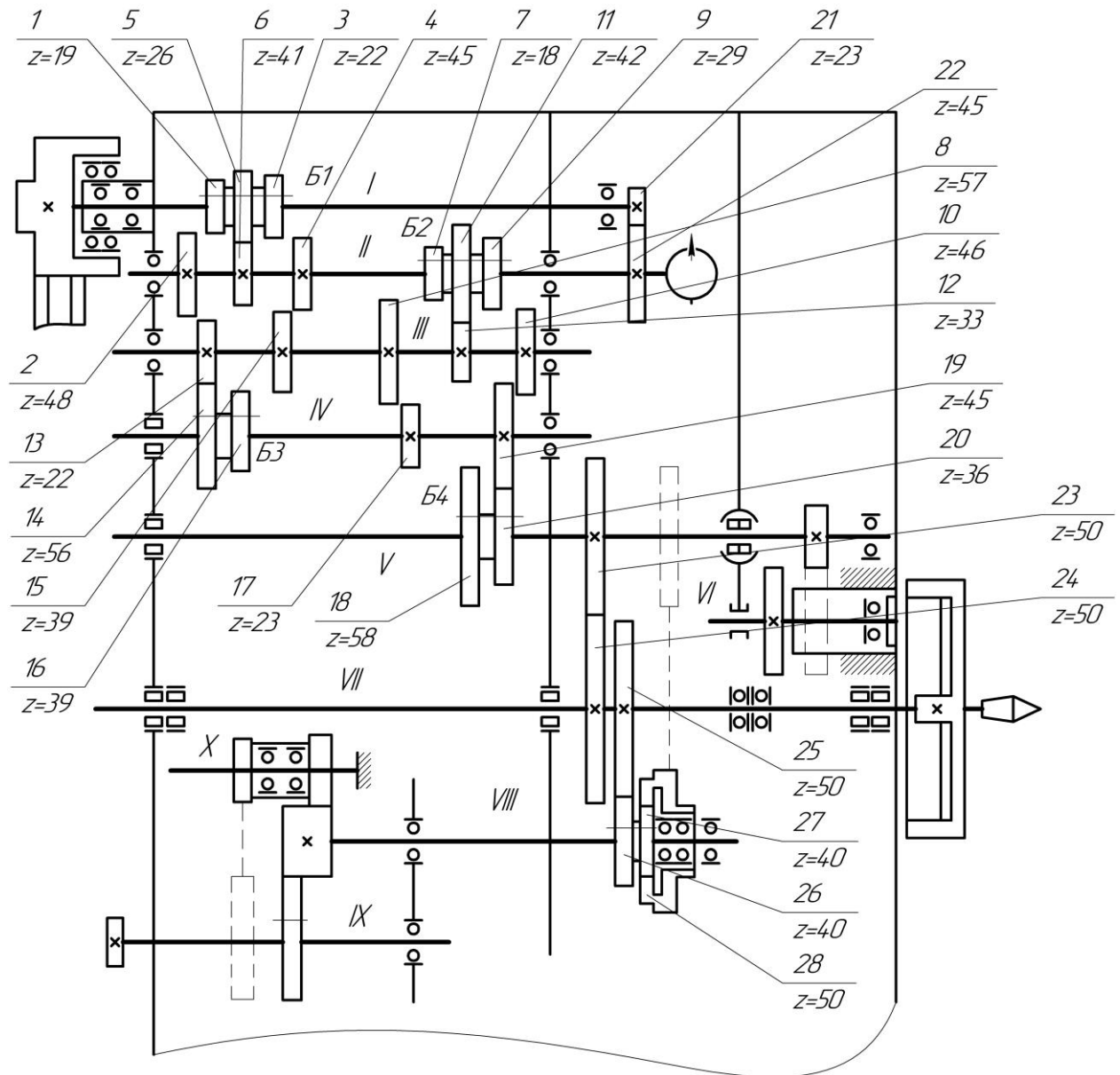


Рисунок 2.4 – Кінцевий варіант кінематичної схеми привода

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ

#### 3.1 Проектний розрахунок і методика конструювання привода верстата

Розрахунок почнемо із визначення міжосьової відстані між валами майбутньої коробки швидкостей.

Для цього використаємо формулу:

$$a_{wi} = m \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} = 0,5 \cdot \sum z \cdot m, \quad (3.1)$$

де  $m$  – модуль зубчастих коліс, мм;

$z_1$  – кількість зубців на шестерні;

$z_2$  – кількість зубців на колесі;

$\sum z$  – сумарна кількість зубців колеса та шестерні між валами (з кінематичного розрахунку).

Модуль зубчастих коліс на кожній передачі потрібно обрати заздалегідь, умовно із джерел технічної літератури (паспорт верстата), заручившись досвідом проектування коробок швидкостей.

Модулі від 2,5 – 3,0 мм до 6,0 – 8,0 мм мають зубчасті передачі, котрі використовуються у корбках швидкостей частіше на верстатах середніх розмірів.

За формулою 3.1 знайдемо міжосьову відстань між валами, використовуючи дані за кількістю зубів із кінематичного розрахунку. Для розрахунку візьмемо значення модуля 4,0 мм між всіма валами, тобто:

$$\text{між валом I та II: } a_{wi} = 0,5 \cdot 67 \cdot 4 = 134 \text{ мм}$$

$$\text{між валом II та III: } a_{wi} = 0,5 \cdot 75 \cdot 4 = 150 \text{ мм}$$

$$\text{між валом III та IV: } a_{wi} = 0,5 \cdot 78 \cdot 4 = 156 \text{ мм}$$

$$\text{між валом IV та V: } a_{wi} = 0,5 \cdot 81 \cdot 4 = 162 \text{ мм}$$

Далі перейдемо до розрахунку діаметрів валів майбутньої коробки швидкостей.

Щоб визначити діаметри валів потрібно визначити навантаження, які

на них діють, а саме крутні моменти та діючі сили. Для цього необхідно при найбільших режимах розрахувати сили різання та знайти потужність двигуна. Використаємо потужність базової моделі для типових моделей верстата. Не номінальні, а розрахункові навантаження використовують та вводять під час розрахунку коробок швидкостей:

$$T_{pi} = T_j \cdot K, \quad (3.2)$$

$$F_p = F_t \cdot K, \quad (3.3)$$

де  $T_{pi}$  – розрахунковий крутний момент на  $i$  – му валу, Н· м;

$T_j$  – момент на попередньому валу, Н· м;

$F_t$  – колова сила, що прикладена до валу, Н;

$K$  – коефіцієнт навантаження,  $K = 1,2$ .

Без урахування коефіцієнта навантаження крутний момент розраховують за такою формулою:

$$T_j = \frac{P}{\omega}, \quad (3.4)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.5)$$

Без урахування коефіцієнта навантаження колову силу розраховують за такою формулою:

$$F_t = \frac{2T_j}{d_z}, \quad (3.6)$$

де  $d_z$  – ділильний діаметр зубчатого колеса.

$$d_z = m \cdot z_i, \quad (3.7)$$

Для першого валу розрахуємо колову силу та крутний момент за формулами:

Для першого валу  $n = 1460 \text{ хв}^{-1}$  та  $P$  – потужність двигуна  $P = 4 \text{ кВт}$ .

Для першого вала (також для інших валів) за формулою 3.5 розрахуємо кутову швидкість.



$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 200}{30} = 20,93 \text{ рад/с}$$

За формулою 3.4 розраховують крутний момент без урахування коефіцієнта навантаження (також для інших валів).

$$T_1 = \frac{4 \cdot 10^3}{20,93} = 191,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За формулою 3.2 розраховується розрахунковий крутний момент (також для інших валів).

$$T_{p1} = 191,08 \cdot 1,2 = 229,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За формулою 3.7 визначимо ділительний діаметр зубчастого колеса (також для інших валів).

$$d_1 = 4 \cdot 6 = 104 \text{ мм}$$

Колова сила без урахування коефіцієнта навантаження розраховується за формулою 3.6 (також для інших валів).

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 229,3 \cdot 10^3}{104} = 4409 \text{ Н}$$

За формулою 3.3 визначаємо розрахункову колову силу (також для інших валів).

$$F_{p1} = 4409 \cdot 1,2 = 5291 \text{ Н}$$

Для другого валу:

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 80}{30} = 8,37 \text{ рад/с}$$

$$T_2 = \frac{4 \cdot 10^3}{8,37} = 477 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p2} = 477 \cdot 1,2 = 573 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_2 = 4 \cdot 42 = 168 \text{ мм}$$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot 573 \cdot 10^3}{168} = 6824 \text{ Н}$$

$$F_{p2} = 6824 \cdot 1,2 = 8189 \text{ Н}$$

Для третього валу:

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 25}{30} = 2,61 \text{ рад/с}$$

$$T_3 = \frac{4 \cdot 10^3}{2,61} = 1528 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p3} = 1528 \cdot 1,2 = 1834 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_3 = 4 \cdot 39 = 156 \text{ мм}$$

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot 1834 \cdot 10^3}{156} = 23517 \text{ Н}$$

$$F_{p3} = 23517 \cdot 1,2 = 218221 \text{ Н}$$

Для четвертого вала:

$$\omega_4 = \frac{3,14 \cdot 12,5}{30} = 1,3 \text{ рад/с}$$

$$T_4 = \frac{4 \cdot 10^3}{1,3} = 3057 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p4} = 3057 \cdot 1,2 = 3668 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_4 = 4 \cdot 45 = 180 \text{ мм}$$

$$F_{t4} = \frac{2 \cdot 3668 \cdot 10^3}{180} = 40764 \text{ Н}$$

$$F_{p4} = 40764 \cdot 1,2 = 48917 \text{ Н}$$

Для п'ятого вала:

$$\omega_5 = 4 = 0,41 \text{ рад/с}$$

$$T_5 = \frac{4 \cdot 10^3}{0,41} = 9554 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p5} = 9554 \cdot 1,2 = 11464 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_5 = 4 \cdot 58 = 232 \text{ мм}$$

$$F_{t5} = \frac{2 \cdot 525,48 \cdot 10^3}{232} = 98835 \text{ Н}$$

$$F_{p5} = 98835 \cdot 1,2 = 118603 \text{ Н}$$

## 3.2 Розрахунок валів

Розрахунок проводимо в два етапи:

- попередній розрахунок;
- уточнюючий розрахунок.

Приблизний діаметр валу визначаємо при попередньому розрахунку а потім уточнюємо його конструкцію. Для розрахунку допустимі напруження на кручення приймаємо  $[\tau] = 20$  МПа. Діаметр вихідного кінця валу знаходять за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_p}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (3.8)$$

За формулою 3.8 визначаємо для першого валу діаметр вихідного кінця валу (також для інших валів):

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{229,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 140}} = 20,15 \text{ мм}$$

Беремо діаметр валу під підшипники  $d_1 = 20$  мм.

З кінематичного розрахунку відомо, що вал I шліцьовий. Тому за ГОСТом 1139 – 81 призначаємо шліці за розмірами 6х 6х26 із центруванням за внутрішнім діаметром валу. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може бути такою: d – 6 х 23H7/g6 х 26H12/a11 х 6D9/f7.

Для другого валу:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{573 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 140}} = 27,35 \text{ мм}$$

Беремо діаметр валу під підшипники  $d_2 = 30$  мм.

З кінематичного розрахунку відомо, що вал II шліцьовий. Тому за ГОСТом 1139 – 81 призначаємо шліці за розмірами 8х 6х32 із центруванням за внутрішнім діаметром валу. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може бути такою: d – 8 х 32H7/g7 х 36H12/d10 х 6D9/f8.

Для третього валу:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{1834 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 140}} = 34,01 \text{ мм}$$

Беремо діаметр валу під підшипники  $d_2 = 35$  мм.

Для четвертого валу:

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{3668 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 140}} = 39,21 \text{ мм}$$

Беремо діаметр валу під підшипники  $d_2 = 40$  мм.

Вал IV також шліцьовий. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може бути такою:  $d - 8 \times 42H7/g6 \times 46H12/d10 \times 8D9/f7$ .

Для п'ятого валу:

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{11464 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 140}} = 48,36 \text{ мм}$$

Беремо діаметр валу під підшипники  $d_2 = 50$  мм.

Вал V також шліцьовий. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може бути такою:  $d - 8 \times 52H7/g6 \times 58H12/d10 \times 10D9/f7$ .

### 3.3 Уточнюючий (перевірний) розрахунок валів

Виконаємо розрахунок коефіцієнта запасу міцності для небезпечних перерізів найбільш навантаженого валу. Вал обирається на основі виконаної конструкції коробки швидкостей.

Умова міцності валу визначається за формулою:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S], \quad (3.9)$$

де  $[S]$  – допустимий коефіцієнт запасу міцності; значення  $[S]$  знаходиться у межах 1,3–1,5; оберемо  $[S] = 1,4$ ;

$S_\sigma$  – коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями;

$S_\tau$  – коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями;

$S$  – загальний (розрахунковий) коефіцієнт запасу міцності. Його й потрібно визначити.

Складова попередньої формули – коефіцієнт запасу міцності за нормальним напруженням  $S_\sigma$  – визначається за формулою

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_V + \psi_a \cdot \sigma_m}$$

де  $\sigma_{-1}$  – межа напружень при симетричному циклі;

$K_\sigma$  – коефіцієнт, для шліцьового валу  $K_\sigma = 1,65$ ;

$\varepsilon_\sigma = 0,92$  – масштабний фактор;

$\psi_\sigma = 0,15$  – коефіцієнт;

$\sigma_m$  – середнє напруження,  $\sigma_m = 0$ ;

$\sigma_V$  – амплітуда нормальних напружень на згинання.

В останній формулі невизначеними є:

$\sigma_{-1}$  – межа напружень при симетричному циклі;

$\sigma_V$  – амплітуда нормальних напружень на згинання.

Для визначення  $\sigma_{-1}$  потрібно знати  $\sigma_B$ ,  $\sigma_B$  для сталі 45 дорівнює 780 МПа, тоді  $\sigma_{-1} \approx 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 780 = 335$  МПа;

$\sigma_V$  – амплітуда нормальних напружень на згинання – визначається формулою 3.10:

$$\sigma_V = \frac{M}{W_{\text{нетто}}}, \quad (3.10)$$

до якої надходить сумарний момент  $M_\Sigma$  на згинання та параметр  $W_{\text{нетто}}$ .

Сумарний згинальний момент  $M_\Sigma$  на валу необхідно знайти для розрахунку  $\sigma_V$ . Для визначення діючих сил та реакцій побудуємо схему (рисунок 3.1) і визначимо реакції опор у площинах XZ, YZ.

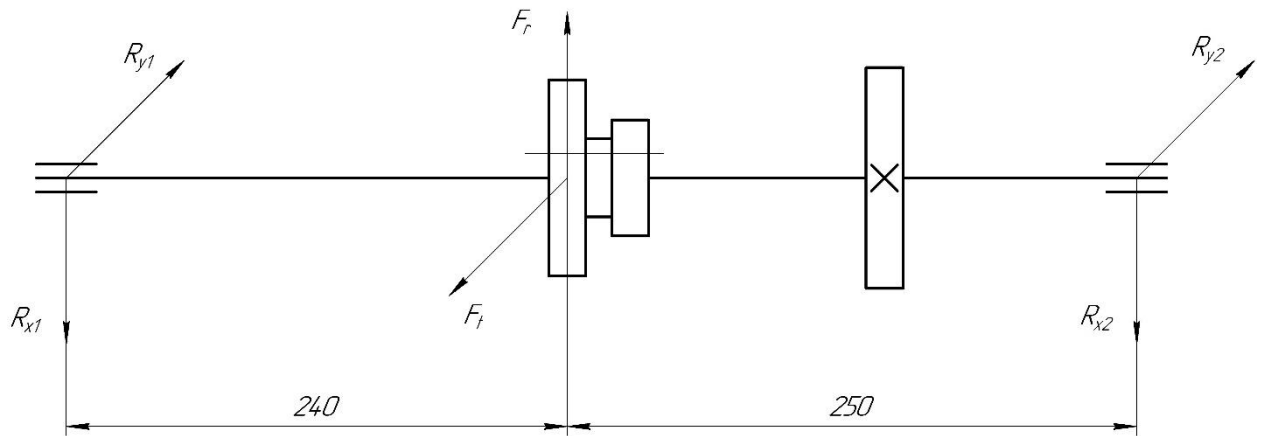


Рисунок 3.1 – Схема діючих сил та реакцій опор V валу коробки

Реакції опор у площині XZ:

$$R_{y1} = \frac{F_t \cdot 240}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 240}{240 + 250} = 3356 \text{ Н},$$

$$R_{y2} = \frac{F_t \cdot 250}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 250}{240 + 250} = 3496 \text{ Н}.$$

Реакції опор у площині YZ:

$$R_{x1} = \frac{F_r \cdot 240}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 240}{240 + 250} = 3356 \text{ Н},$$

$$R_{x2} = \frac{F_r \cdot 250}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 250}{240 + 250} = 3496 \text{ Н}.$$

Згинальні моменти:

$$M_x = R_{x1} \cdot 251 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Нмм},$$

$$M_y = R_{y1} \cdot 251 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Нмм}.$$

Сумарний згинальний момент

$$M_z = \sqrt{(8,05 \cdot 10^5)^2 + (8,05 \cdot 10^5)^2} = 11,5 \cdot 10^3 \text{ Нмм}$$

На рисунку 3.2 зображено епюри згинальних та крутних моментів при уточнюючому розрахунку валу.

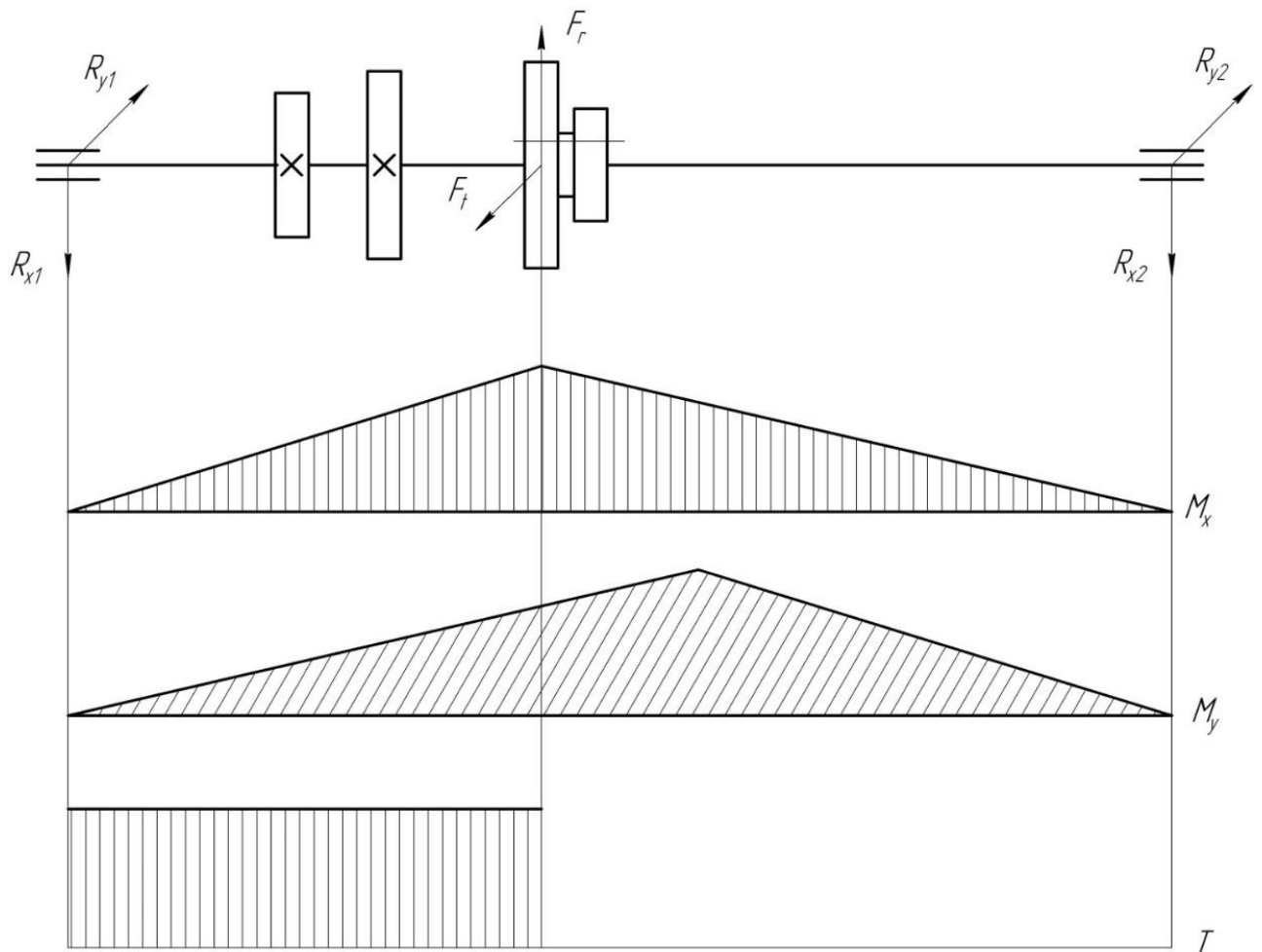


Рисунок 3.2 - Епюри згинальних та крутного моментів при уточнюючому розрахунку валу

Також визначено сумарний згинальний момент. За формулою 3.10 розраховуємо амплітуду нормальних напружень на згинання:

$$\sigma = \frac{M_{\Sigma}}{W_{\text{нетто}}} = \frac{8,05 \cdot 10^3}{1,25 \cdot 10^3} = 6,44 \text{ МПа,}$$

де  $W_{\text{нетто}}$  – розраховано як

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2d} = \frac{3,14 \cdot 58^3}{32} - \frac{6 \cdot 4 \cdot (58 - 4)^2}{2 \cdot 58} = 2,1 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

За рекомендаціями окремі значення параметрів такі:

$$\tau_{-1} \approx (0,5 - 0,58) \cdot \sigma_{-1}; \quad \varepsilon_{\tau} = 0,74; \quad \psi_{\tau} = 0,1; \quad \tau_m = 6$$

Підстановка значень у формулу дає результат:

$$S_{\tau} \approx 12,5$$

За формулою 3.9 розрахуємо загальний коефіцієнт запасу міцності:

$$S = \frac{1,7 \cdot 11,7}{\sqrt{(1,7)^2 + (11,7)^2}} = 1,75 > 1,4.$$

### 3.4 Геометричний розрахунок зубчастих коліс

Розрахуємо ділильні, зовнішні та внутрішні діаметри всіх зубчастих коліс коробки швидкостей. Зовнішні діаметри розрахуємо за формулою:

$$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m.$$

Внутрішні діаметри розрахуємо за формулою:

$$d_{a2} = d_{w1} - 2,5 \cdot m.$$

Результати занесемо у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Розрахунок діаметрів коліс привода

Кількість зубців коліс	Ділильний діаметр $m \cdot z$ , мм	Зовнішній діаметр $m \cdot (z+2)$ , мм	Внутрішній діаметр $m \cdot (z-2,5)$ , мм
$Z_1 = 19$	76	84	66
$Z_2 = 48$	192	200	182
$Z_3 = 22$	88	96	78
$Z_4 = 45$	180	188	170
$Z_5 = 26$	104	112	94
$Z_6 = 41$	164	172	154
$Z_7 = 18$	72	80	62
$Z_8 = 57$	228	236	218
$Z_9 = 29$	116	124	106
$Z_{10} = 46$	184	192	174
$Z_{11} = 42$	168	176	158
$Z_{12} = 33$	132	140	122
$Z_{13} = 22$	88	96	78

Продовження таблиці 3.1

$Z_{14} = 56$	224	232	214
---------------	-----	-----	-----



$Z_{15} = 39$	156	164	146
$Z_{16} = 39$	156	164	146
$Z_{17} = 23$	92	100	82
$Z_{18} = 58$	232	240	222
$Z_{19} = 45$	180	188	170
$Z_{20} = 36$	144	152	134

### 3.5 Розрахунок зубів коліс на контактну міцність

Допустимі контактні напруження коліс розраховують за формулою:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL}}{S_H} \cdot z_r \cdot z_v \cdot K_L \cdot K_{XH}, \quad (3.11)$$

де  $\sigma_{Hlimb}$  – межа контактної міцності поверхневих шарів зубів;

для вуглецевих сталей із твердістю поверхонь зубів менше HB 350:

$$\sigma_{Hlimb} = 2HB + 70$$

де  $K_{HL}$  – коефіцієнт довговічності, для верстатів дорівнює 1;

$S_H$  – коефіцієнт безпеки, при однорідній структурі матеріалу 1,1 ;

$z_r$  – коефіцієнт шорсткості;

$z_v$  – коефіцієнт швидкості;

$K_L$  – коефіцієнт змащування;

$K_{XH}$  – коефіцієнт розміру коліс.

З практичних міркувань

$$z_r \cdot z_v \cdot K_L \cdot K_{XH} = 0,9$$

Підставимо в формулу 3.11 значення та проведемо розрахунок:

$$[\sigma_{H1,2}] = \frac{2 \cdot 230 + 70}{1,1} \cdot 0,9 = 434 \text{ МПа}$$

### 3.6 Розрахунок зубів зубчастих коліс на згинання

Допустимі контактні напруження на згинання

$$\sigma_{Hlimb} [\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flimb} \cdot K_{FL}}{S_F} \cdot K_{Fc}, \quad (3.12)$$

де  $\sigma_{Flimb}$  – границя тривалості зуба на згинання,

$$\sigma_{Flimb} = HB + 250 ;$$

$K_{FL}$  – коефіцієнт довговічності, для верстатів  $K_{FL} = 1$ ;

$S_F$  – коефіцієнт безпеки,  $S_F = 1,7$ ;

$K_{FC}$  – коефіцієнт, що враховує одностороннє навантаження  $K_{FC} = 1$ ;

Тоді за формулою 3.12 визначимо допустимі контактні напруження:

$$[\sigma_F] = \frac{230 + 250}{1,7} \cdot 1 = 282 \text{ МПа}$$

Приймаємо значення  $[\sigma_F] = 282 \text{ МПа}$

Розрахунок зубів коліс на згинання виконують за формулою 3.13:

$$\sigma_F = 2 \cdot Y_F \cdot Y_E \cdot Y_\beta \cdot \frac{T \cdot K_F}{z \cdot b \cdot m^2} \leq [\sigma_F], \quad (3.13)$$

де  $Y_F$  – коефіцієнт, що враховує форму зуба и залежить від еквівалентної кількості зубів,  $Y_F = 4,25$ ;

$Y_E$  – коефіцієнт, що враховує перекриття зубів. Для прямозубих коліс

$$Y_E = \frac{1}{E} = \frac{1}{\left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2}\right)\right]} = \frac{1}{\left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{28} + \frac{1}{32}\right)\right]} = 0,55;$$

$Y_\beta = 1$  – для прямозубих коліс;

$K_F$  – коефіцієнт, який складається з таких складових

$$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{FV},$$

де  $K_{F\beta}$  – коефіцієнт розподілу навантаження по ширині вінця,

$$K_{F\beta} = 1,0;$$

$K_{FV}$  – коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження,  $K_{FV} = 1,25$

Тоді за формулою 3.13 виконаємо розрахунок зубів на згинання:

$$\sigma_F = 2 \cdot 4,25 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot \frac{89 \cdot 1,25}{28 \cdot 15 \cdot 3^2} = 36 \text{ МПа} \leq 282 \text{ МПа}$$

На рисунку 3.3 зображено конструкцію модернізованої коробки верстата.

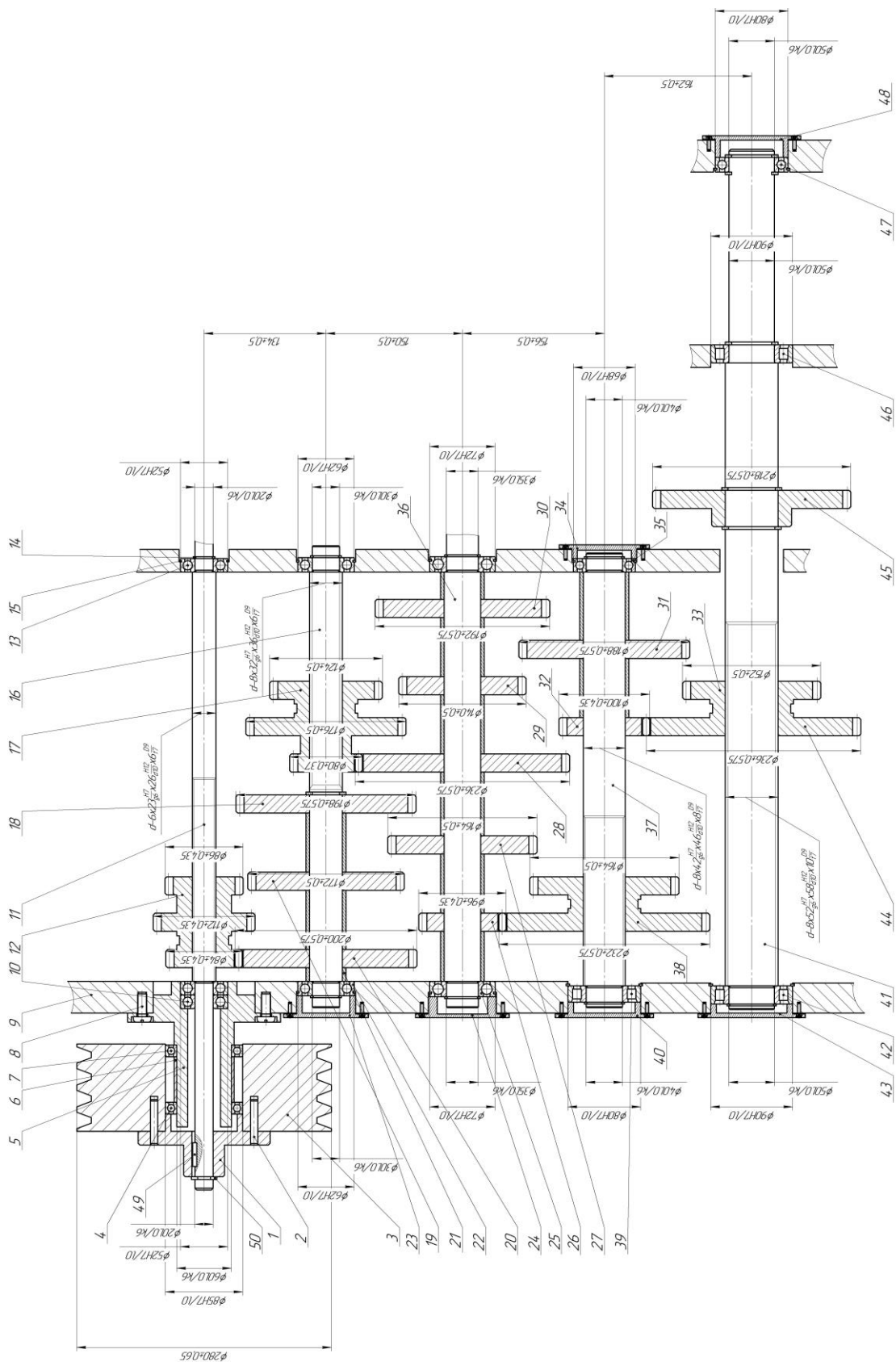


Рисунок 3.3 – Конструкція модернізованої коробки швидкостей верстата

## 4 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ БЛОКІВ

Під управлінням верстатом розуміють сукупність впливів на його механізми, що забезпечують виконання технологічного циклу обробки. Система керування – це пристрій або сукупність пристроїв, що реалізують цю сукупність впливів на механізми верстата.

Система керування верста складається з: механічних, електричних, гідравлічних або пневматичних пристроїв, які використовуються для того щоб передавати команду на виконавчий орган; керуючого органу – кнопки, кінцеві перемикачі, рукоятки; виконавчого органу (рейка, вилка, важель), що переміщує відповідну частину верстата.

Системи керування верстатом поділяються на ручні та автоматичні. Ручний спосіб управління використовується в більш старих моделях верстатів, або в простих верстатах. При ручному управлінні всі перемикання здійснюються робочим за допомогою важелів, рукояток, штурвалів.

В даній моделі верстата використовується саме ручний механізм перемикання швидкостей. Перемикання здійснюється за допомогою рукояток, які переміщують рухомі блоки зубчастих коліс (для кожного блоку своя рукоятка). Робочим органом даного механізму являються повзун та вилка. Вилка закріплена на повзуні, який в свою чергу рухається по напрямній скалці. Повзун же переміщується завдяки зачепленню з зубчастим сектором який повертається за допомогою рукоятки.

Конструкцію перемикачів нашої коробки швидкостей зображено на рисунку 4.1.

Коли робочий переміщує важель 5 зубчастий сектор 6 також здійснює поворот (рух передається за допомогою вісі 4). Вісь обмежена втулкою, яка закріплюється в корпус коробки швидкостей 1. Важіль закріплюється в корпус механізму 3. Корпус з'єднується з віссю за допомогою штифта. Для обмеження руху рукоятки та для фіксації її в потрібних для роботи коробки швидкостей положеннях в даному механізмі передбачений механізм фіксації

7. Механізм фіксації складається з пружини та кульки. В фланці 2 в двох позиціях (всі блоки зубчастих коліс даної коробки мають по два колеса) зроблені заглиблення в які під натиском пружини потрапляє кулька при повороті важеля.

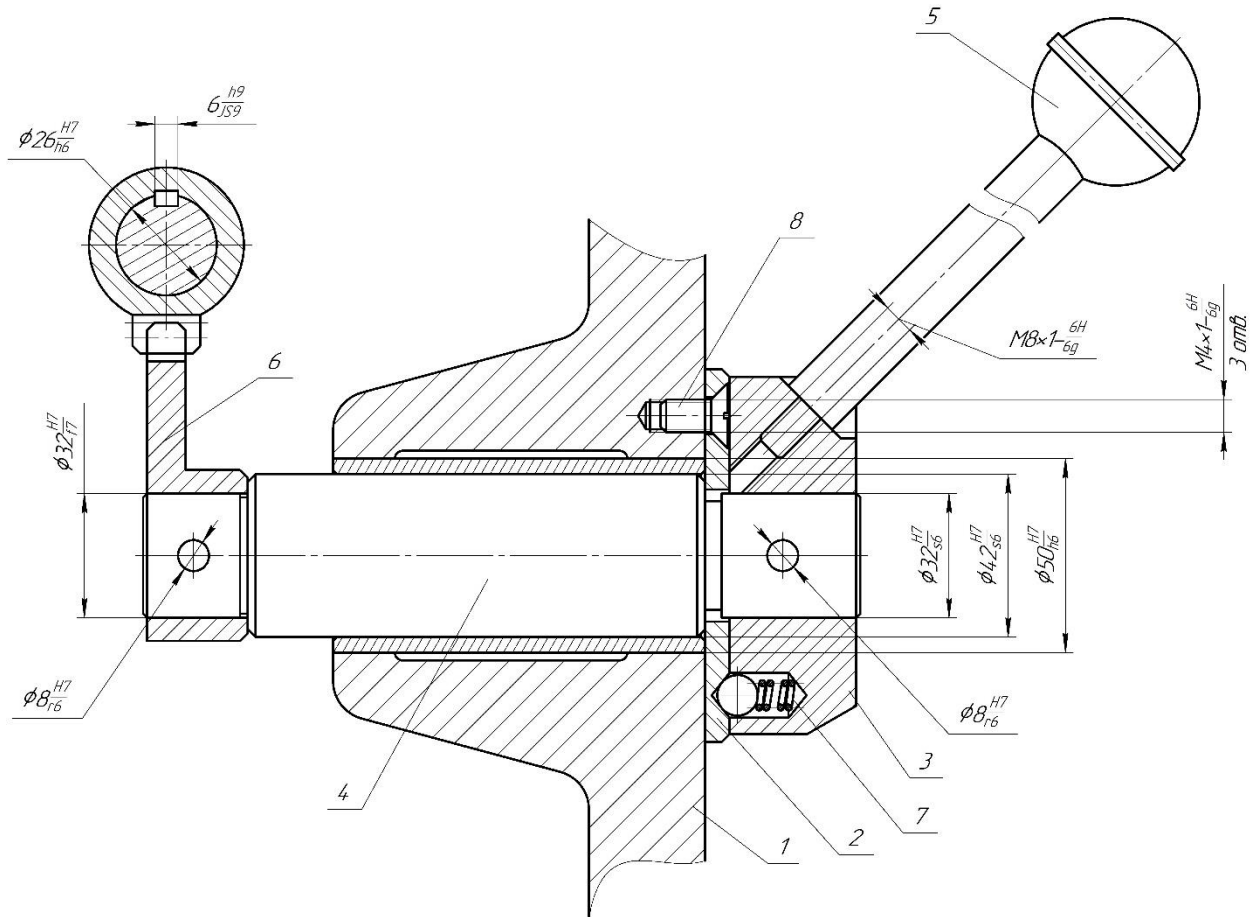


Рисунок 4.1 – Конструкція перемикачів коробки швидкостей

Для розрахунку елементів механізму переключення потрібно знати робочий хід рухомих блоків та крайні точки в яких одне з коліс перебуває в повному зачепленні. Рухомі блоки в даній коробці швидкостей знаходяться на I, II, IV та V валах. Рухомі блоки на I та II валах мають по 3 зубчастих колеса, на IV та V валах по 2 зубчастих колеса. При конструюванні коробки було вирішено зробити однаковий робочий хід для всіх однакових рухомих блоків. Для блоків з 2 переключеннями робочий хід дорівнює 45 мм, а для блоків з 3 переключеннями 90 мм.

Принцип роботи механізму переключення блоків полягає в відносному переміщенні зубчастого сектору по відношенню до повзуна. Повзун

рухається по направляючій круглій формі. Тобто робоча ділянка повзуна дорівнює робочому ходу блоку.

Для визначення кута на який повинен повертатися зубчастий сектор для включення однієї з пар зубчатих коліс використаємо формулу для визначення довжини дуги кола.

$$l = \frac{\pi \cdot r}{180} \cdot \alpha,$$

де  $l$  – довжина дуги кола (зубчастого сектору);

$r$  – радіус кола (зубчастої вилки);

$\alpha$  – кут дуги.

З конструкції відомо що довжина дуги  $l$  дорівнює довжині робочої ділянки повзуна. Радіус вилки дорівнює 30мм.

Перетворимо формулу та підставимо відомі значення для визначення кута  $\alpha$  на всіх блоках.

Для блоків з двома зубчатими колесами:

$$\alpha = l / \left( \frac{\pi \cdot r}{180} \right) = 45 / \left( \frac{3,14 \cdot 30}{180} \right) = 86^\circ.$$

Кут розділяємо на два так як блок має два робочих положення. Також для забезпечення нормальної роботи механізму додамо додаткову зону с кожного боку зубчастого сектору та на повзуні.

На рисунку 4.2 зображено механізм переключення блоків коробки швидкостей з двома зубчастими колесами.

На рисунку 4.3 зображено положення рукоятки для переключення блоків з двома зубчастими колесами.

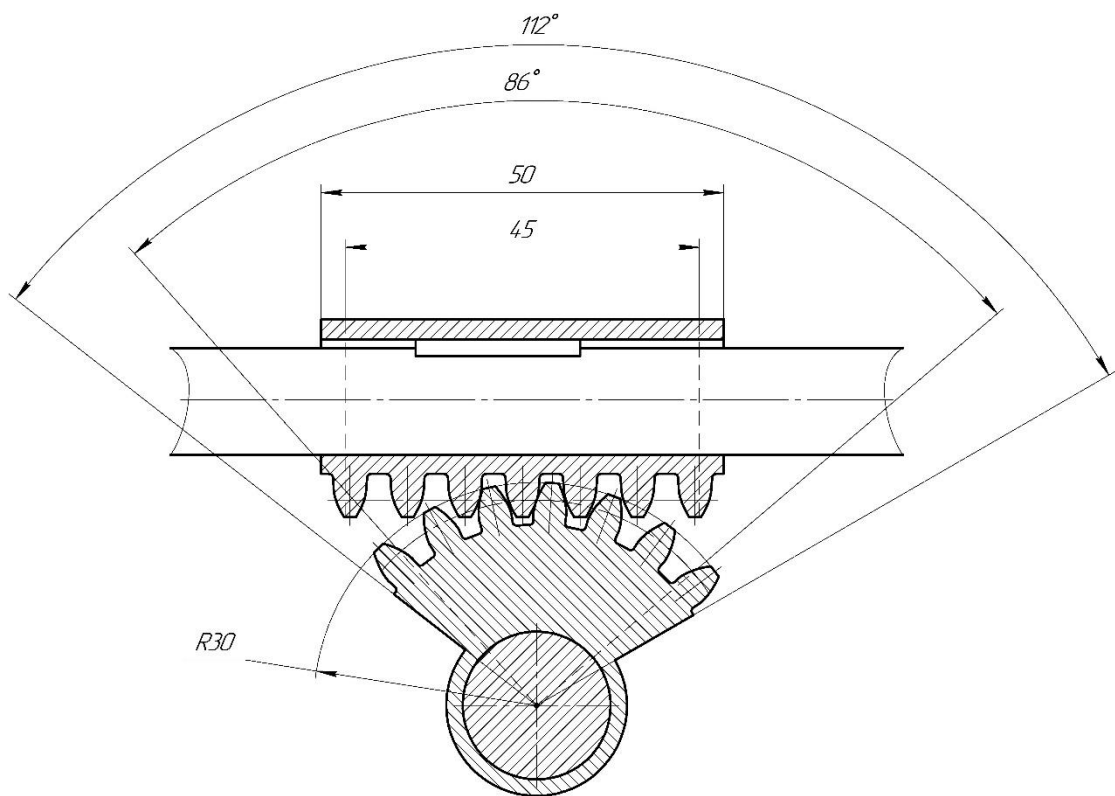


Рисунок 4.2 – Механізм переключення блоків коробки швидкостей з двома зубчатыми колесами

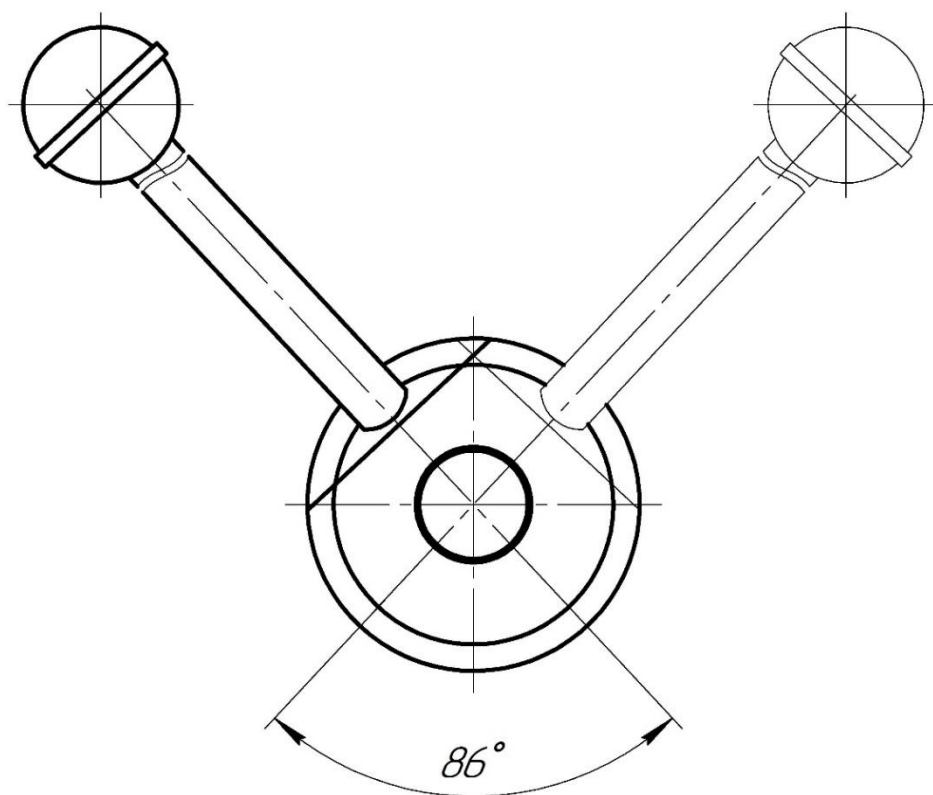


Рисунок 4.3 – Положення рукоятки для переключення блоків з двома зубчатыми колесами

Для блоків з трьома зубчатыми колесами:

$$\alpha = l / \left( \frac{\pi \cdot r}{180} \right) = 90 / \left( \frac{3,14 \cdot 30}{180} \right) = 172^\circ.$$

Розділимо кут на 3 так як блок має 3 робочих положення. Також для забезпечення нормальної роботи механізм додамо запасну зону с кожного боку вилки та на повзуні.

На рисунку 4.4 показано механізм переключення блоків коробки швидкостей з трьома зубчатими колесами.

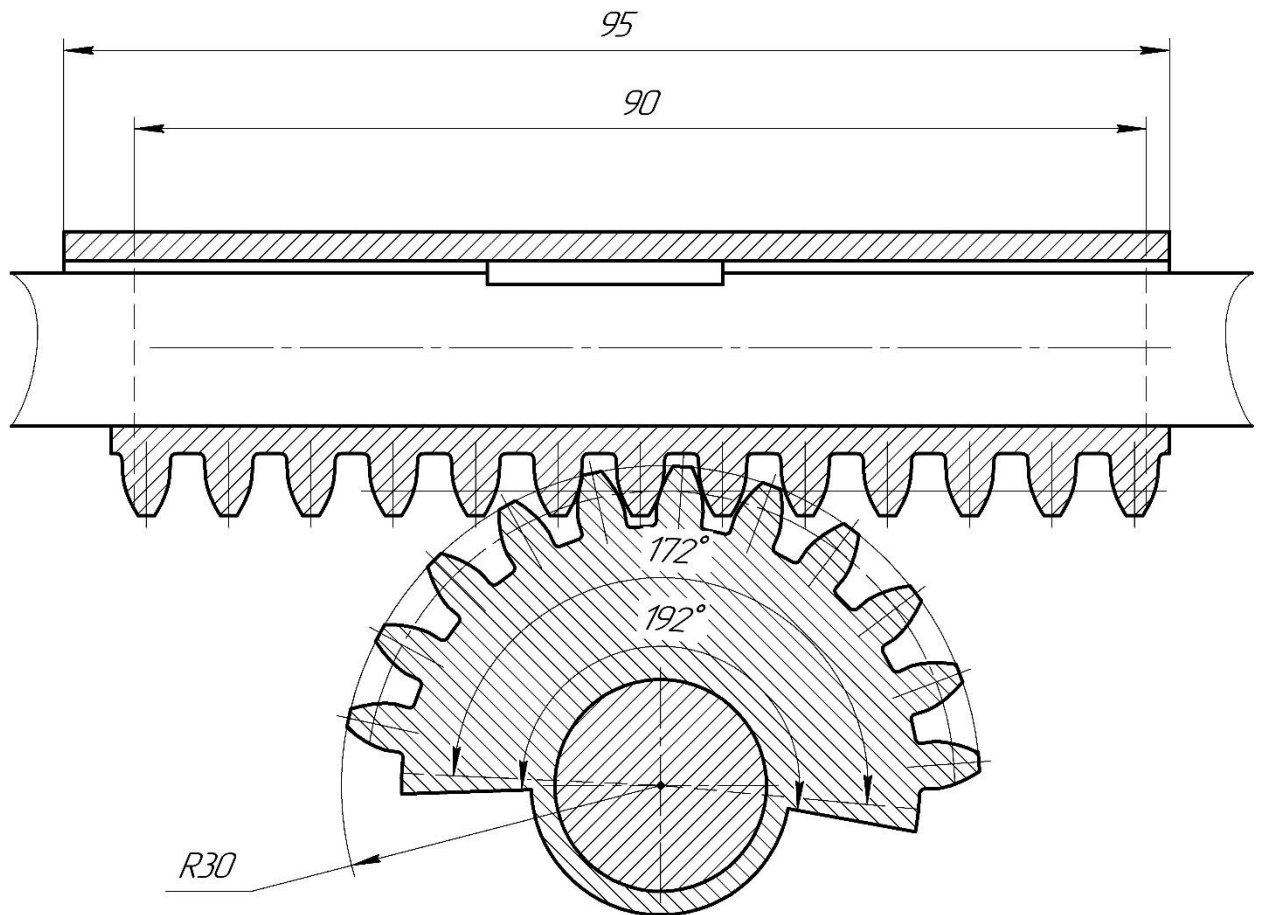


Рисунок 4.4 – Механізм переключення блоків коробки швидкостей з трьома зубчатими колесами

На рисунку 4.5 показано положення рукоятки переключення блоків коробки швидкостей з трьома зубчатими колесами



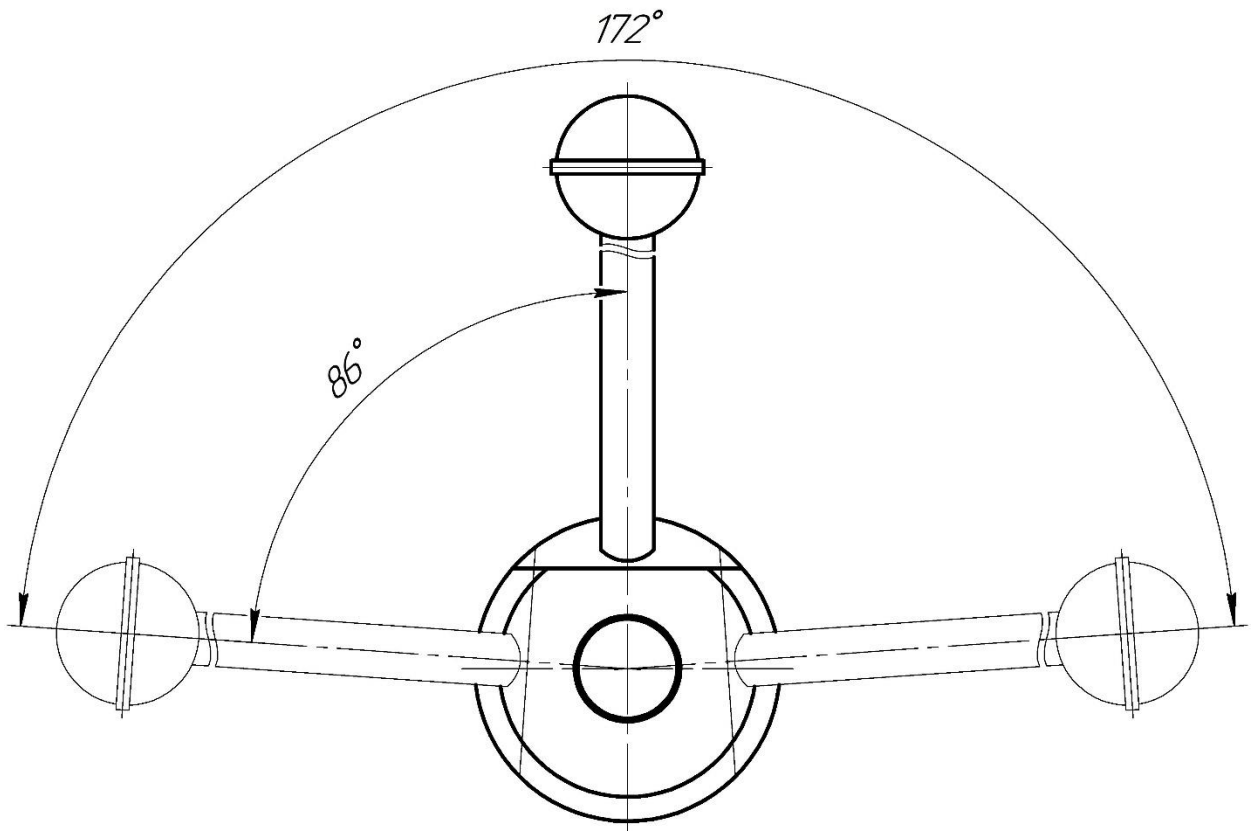


Рисунок 4.5 – Положення рукоятки переключення блоків коробки швидкостей з трьома зубчатими колесами

На рисунку 4.4 показано положення рукояток при вмиканні різних частот обертання шпинделя.

<i>Положення важелів</i>				<i>Частота обертання шпинделя, об/хв</i>
				4
				5
				6
				8
				10
				12,5
				16
				20
				25
				31,5
				40
				50
				63
				80
				100
				125
				160
				200

Рисунок 4.4 – Положення рукояток при вмиканні різних частот обертання шпинделя

## 5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ШПИНДЕЛЯ ВЕРСТАТА 165

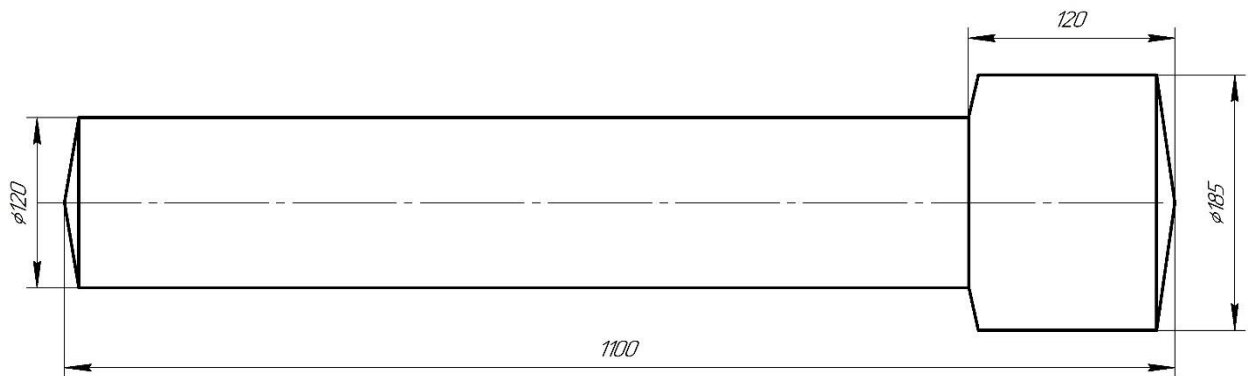
5.1 Розробка опису маршрутного технологічного процесу обробки деталі

5.1.1 Технологічний маршрут механічної обробки шпинделя токарно-гвинторізного верстата 165

Складаємо маршрутну технологію обробки деталі:

005 Заготівельна.

На даній операції відбувається поковка заготовки на горизонтально ковочній машині. Матеріал заготовки – сталь 40Х ГОСТ 1050-88.

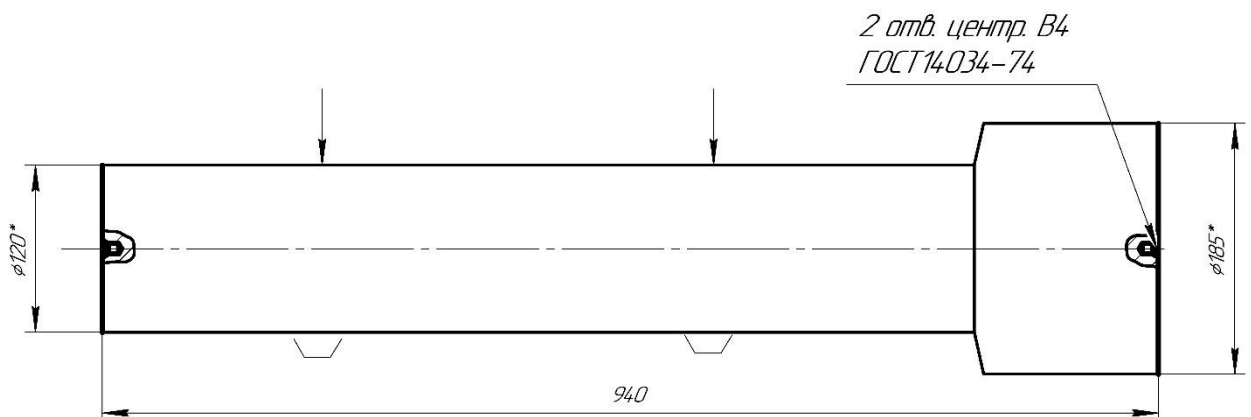


010 Термічна.

На даній операції відбувається термічна обробка деталі а саме отжиг в газовій печі ТП-61 при температурі 820-850°C.

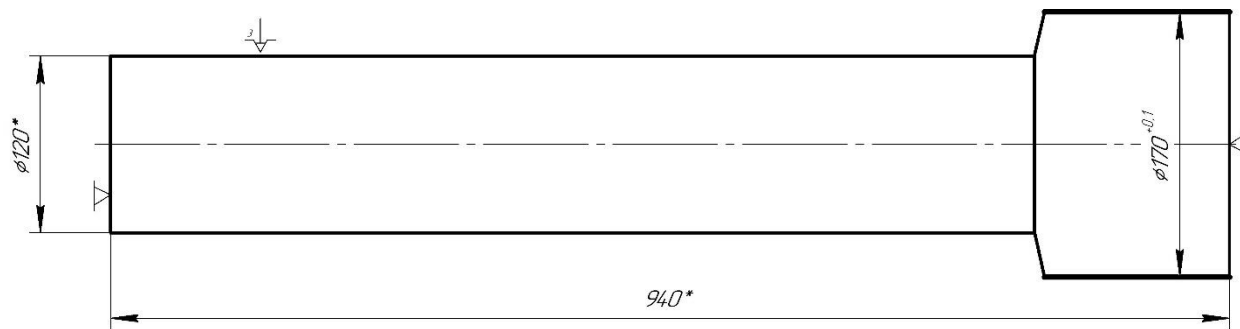
015 Фрезерно-центрувальна.

На даній операції відбувається фрезерування торців з обох сторін до розміру 940 та свердління центрувальних отворів.



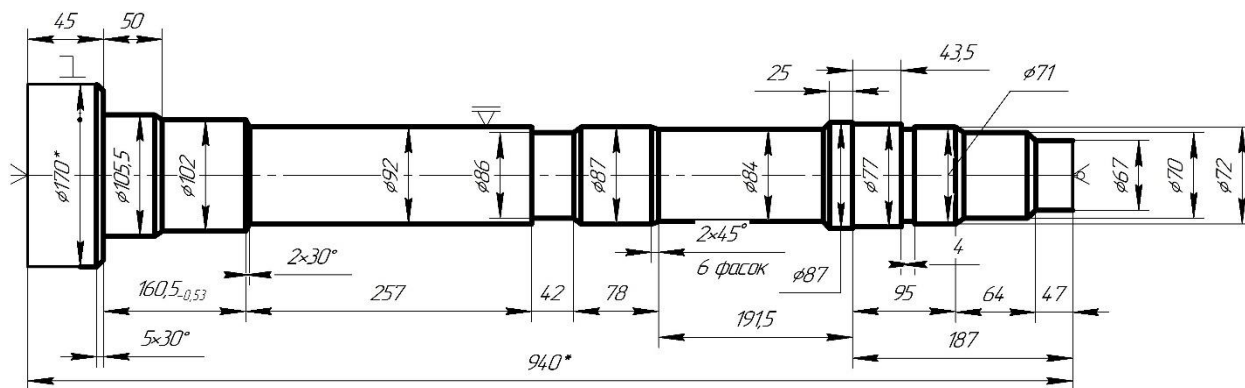
020 Токарна з ЧПУ.

На даній операції відбувається обточування більшого діаметра до розміру  $\text{Ø}170^{+0,1}$ .



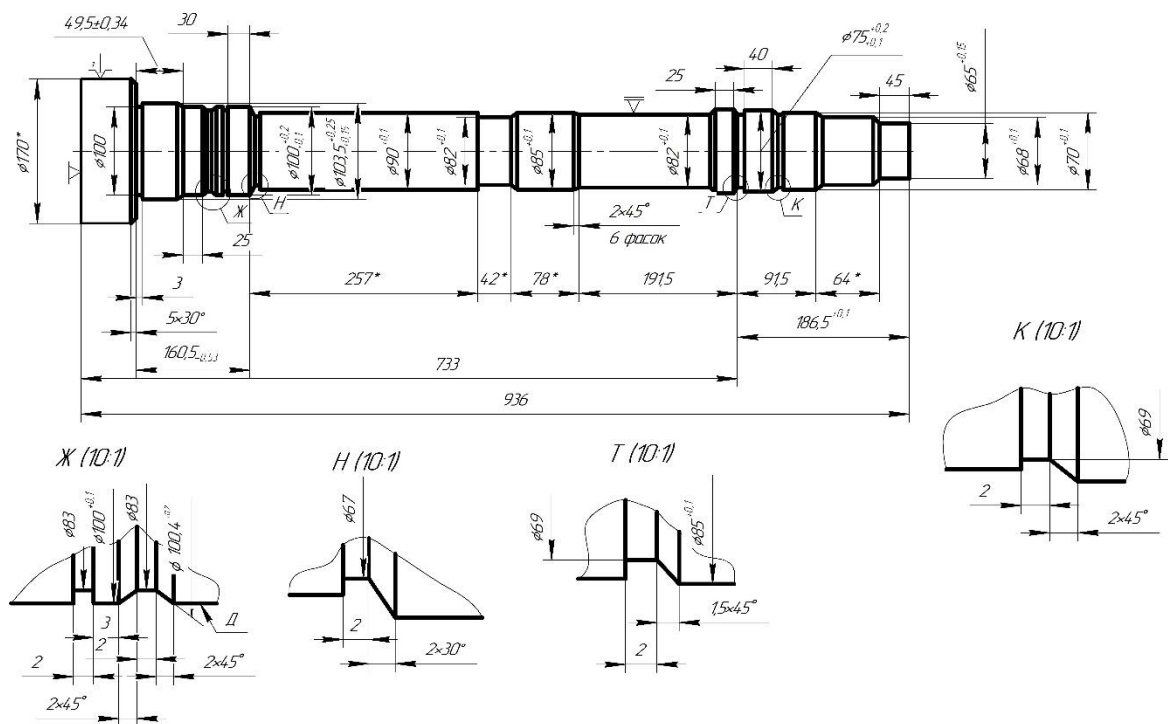
025 Токарно-копірувальна.

На даній операції виконують чорнове обточування всіх ступенів шпинделя до фланцю.



030 Токарно-копірувальна.

На даній операції виконують чистове обточування всіх ступенів шпинделя до фланцю з припуском під шліфування. Підрізання канавок.

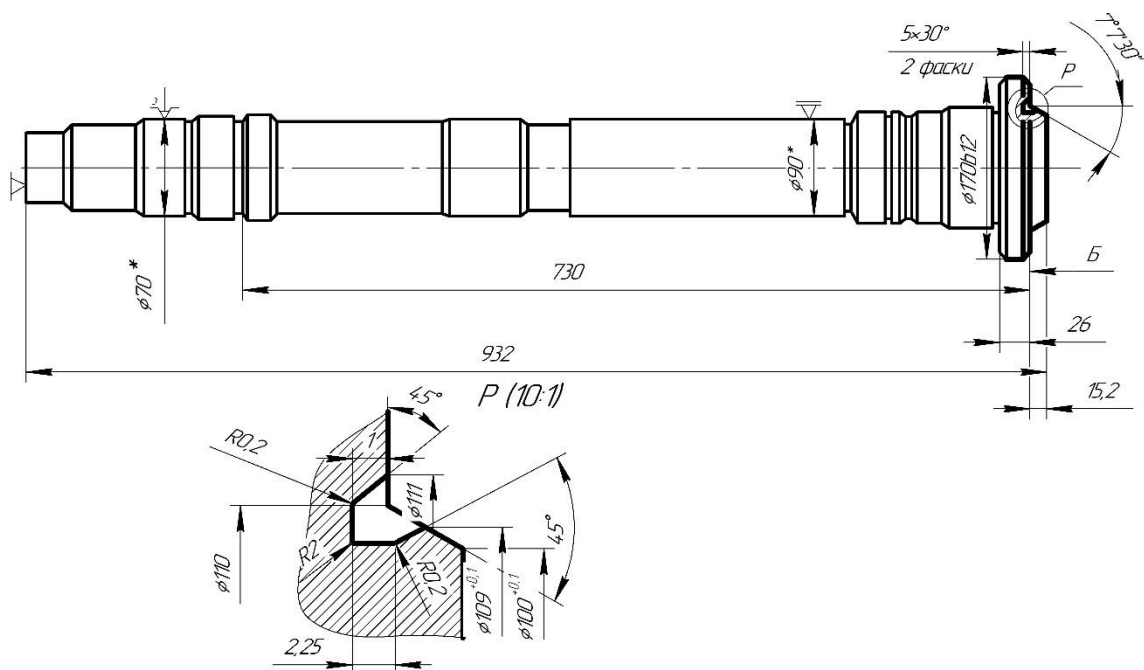


035 Контроль ВТК.

На цій операції проводять контроль всіх розмірів після операції 030.

040 Токарно-копірувальна.

На даній операції виконують обточування фланцю та конусу, підрізання торців до розміру 26 та 15,2 мм, підрізання канавки на торці фланцю та зняття фасок.

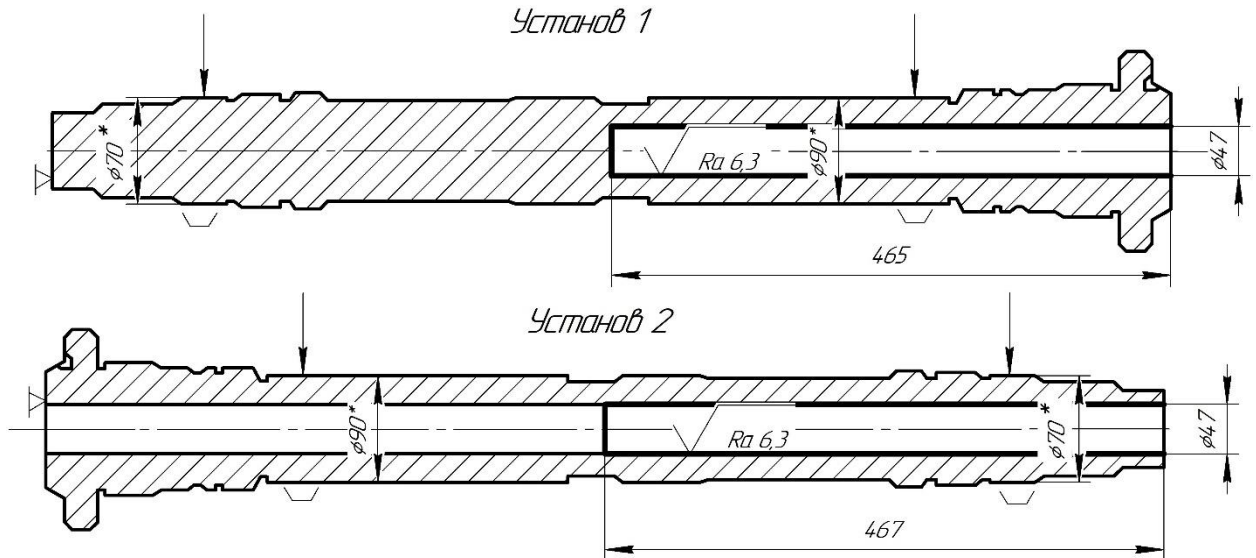


045 Контроль ВТК.

На цій операції проводять контроль всіх розмірів після операції 040.

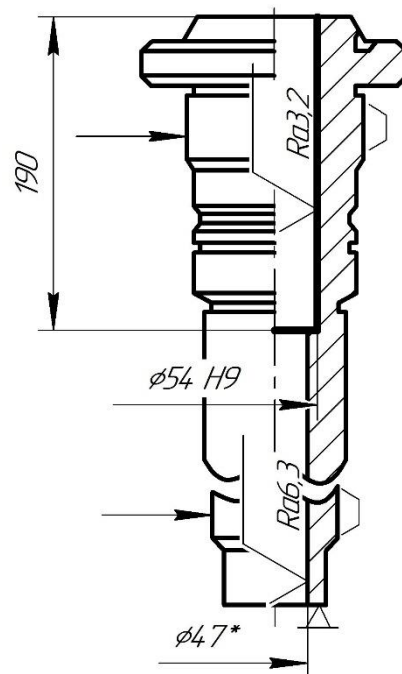
### 050 Свердлильна.

На даній операції проводять свердління наскрізного отвору  $\varnothing 47$  мм з двох сторін зі сторони головної частини (зі сторони фланцю на довжину 465 мм).



### 055 Вертикально-свердлильна.

На цій операції проводять зенкування отвору  $\varnothing 54,44$  мм на глибину 190 мм зі сторони головної частини.

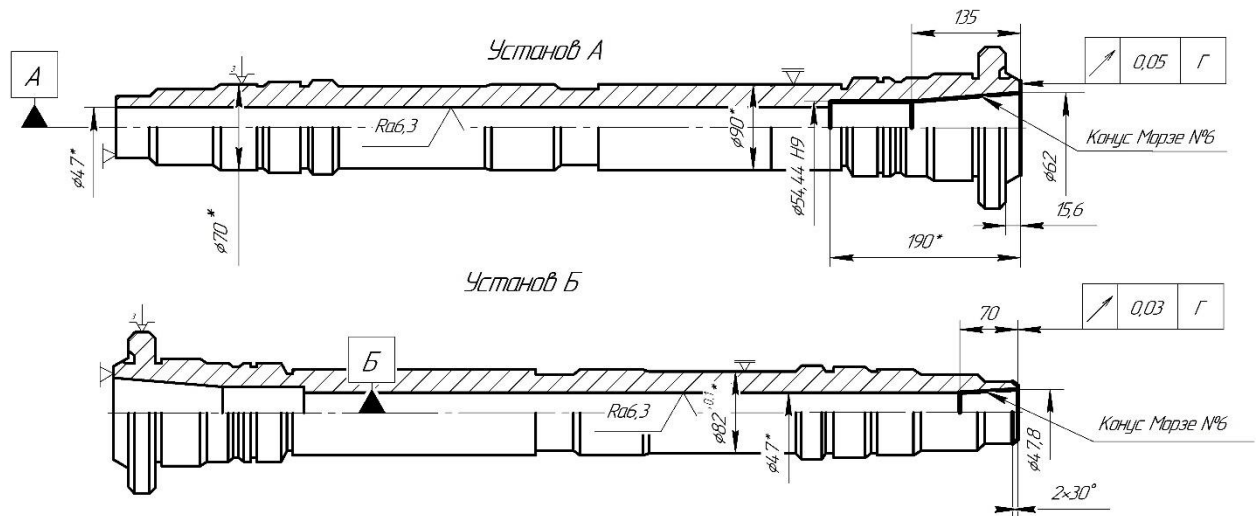


### 060 Токарно-копірувальна.

На цій операції проводять підрізання торцю, розточування конусу №6 під остаточне шліфування отвору  $\varnothing 54,44$  мм, зняття фаски в отворі,

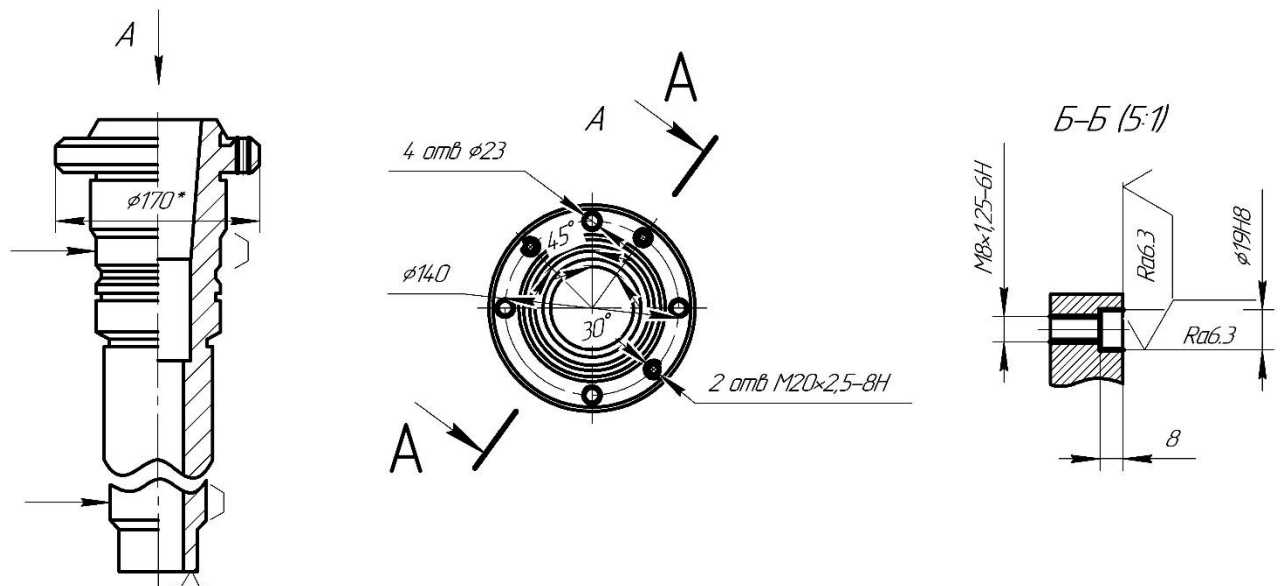
полірування торцю з головної сторони шпинделя.

Підрізання торцю з іншої сторони шпинделя, розточування конусу №6, зняття фаски в отворі та фаски  $2 \times 30^\circ$ .



#### 065 Радіально-свердлильна.

На цій операції проводять обробку отворів у фланці: свердління чотирьох отворів діаметром 23 мм, свердління та нарізання різі двох отворів М20, свердління, розточування і нарізання одного отвору М8/19Н8.

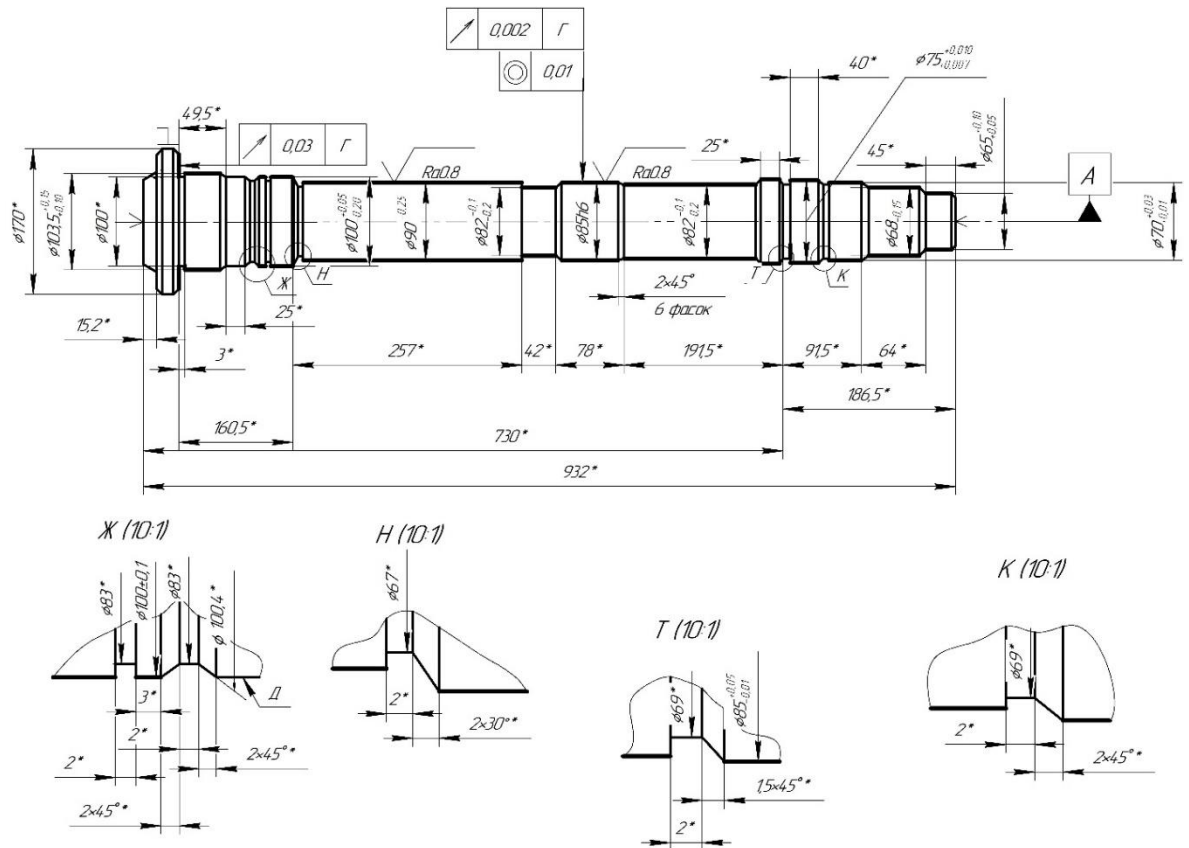


#### 070 Термічна.

На цій операції проводять загартування конусу під патрон за допомогою газової печі ТП-61, торцю та внутрішнього конусу Морзе №6. Відпуск після загартування конусу під патрон, торцю та конусу Морзе №6.

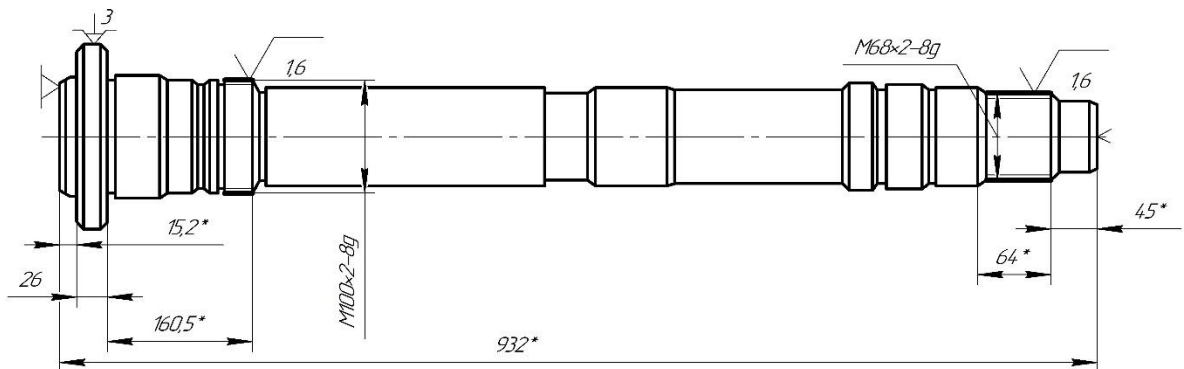
### 075 Круглошліфувальна.

На цій операції проводять попереднє шліфування всіх ступенів шпинделя.



### 080 Токарно-гвинторізна.

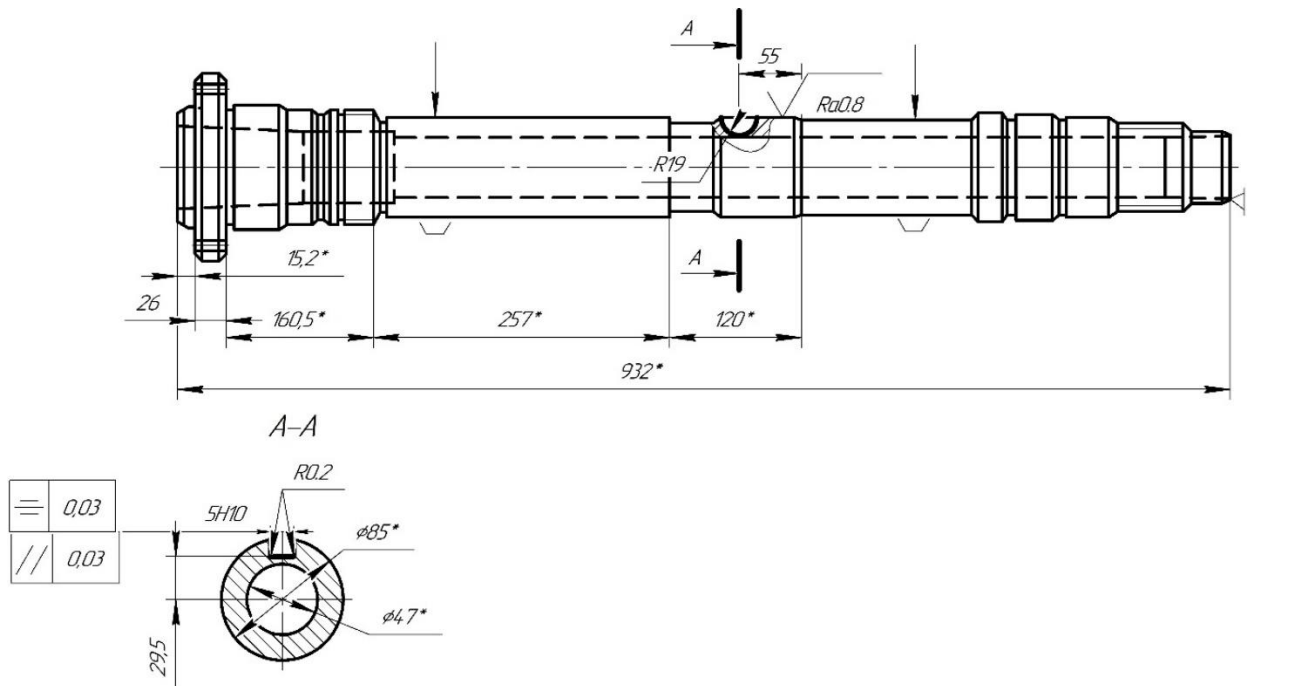
На цій операції проводять нарізання різі М68×2 та М100×2.



### 085 Горизонтально-фрезерна.

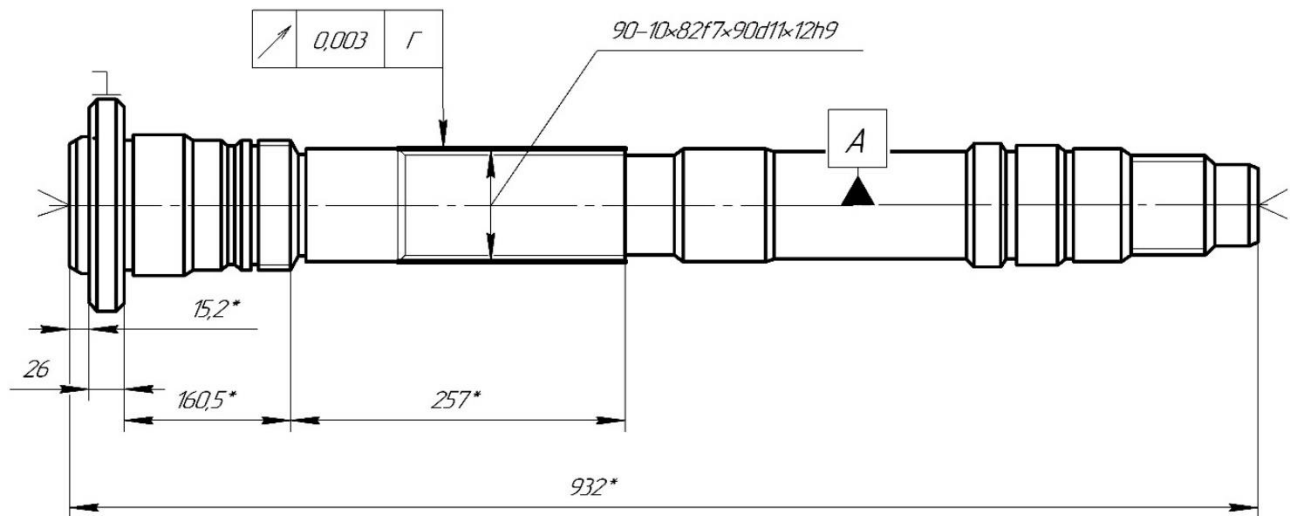
На цій операції проводять фрезерування шпонкової канавки.





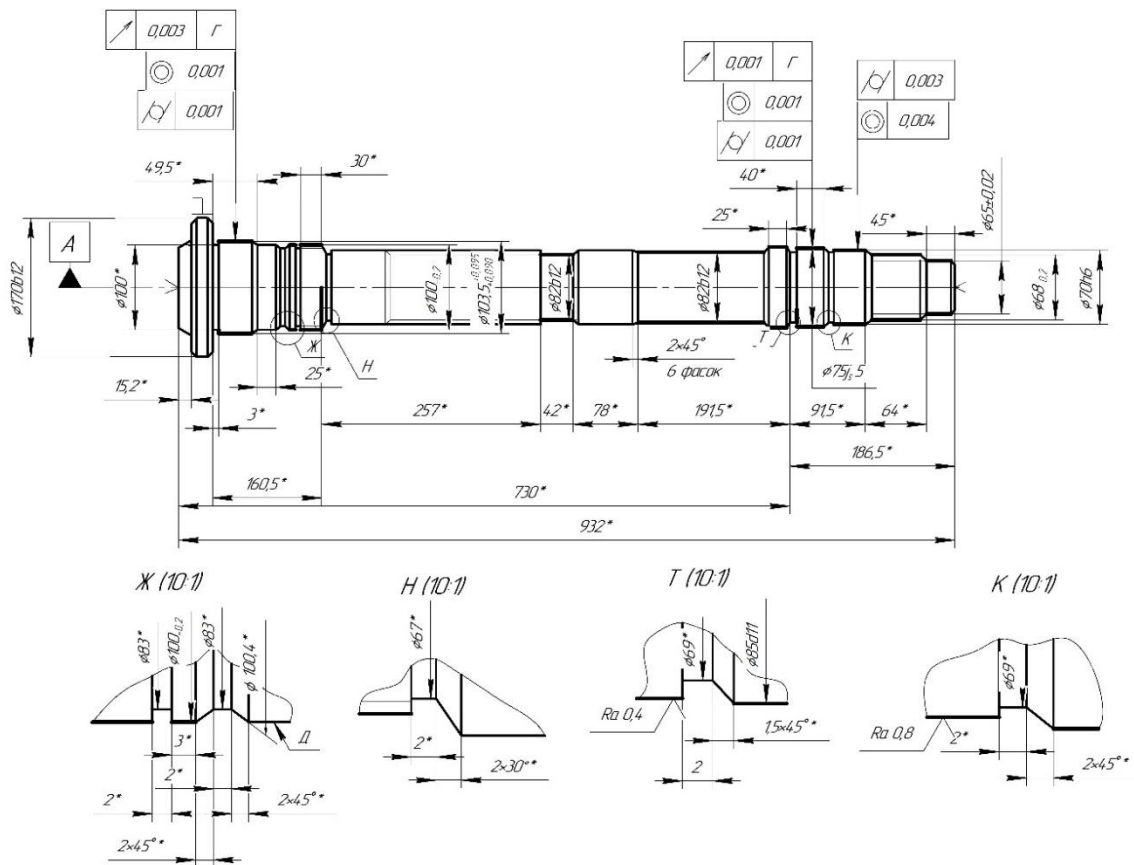
090 Шліцефрезерна.

На цій операції проводять фрезерування 10 шліців 90-10×82f7×90d11×12h9.



095 Круглошліфувальна.

На цій операції проводять остаточне шліфування циліндричних шийок шпинделя.

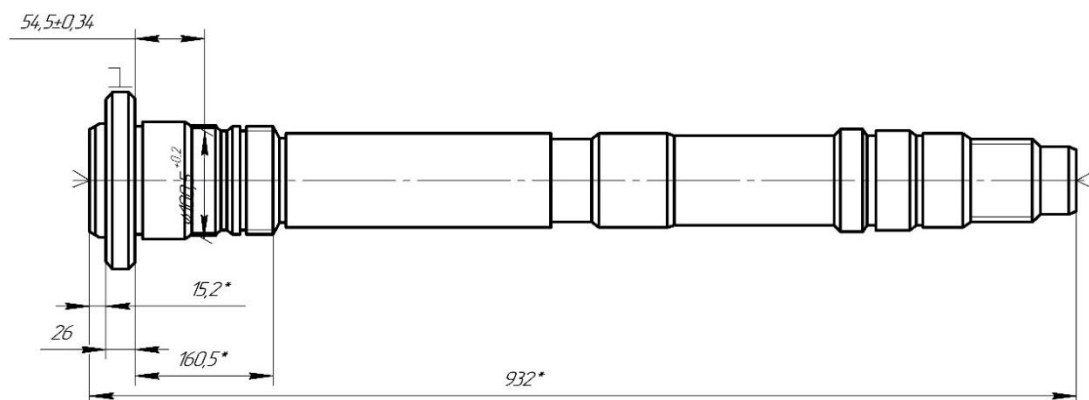


100 Контроль ВТК.

На цій операції проводять контроль всіх розмірів після операції 095.

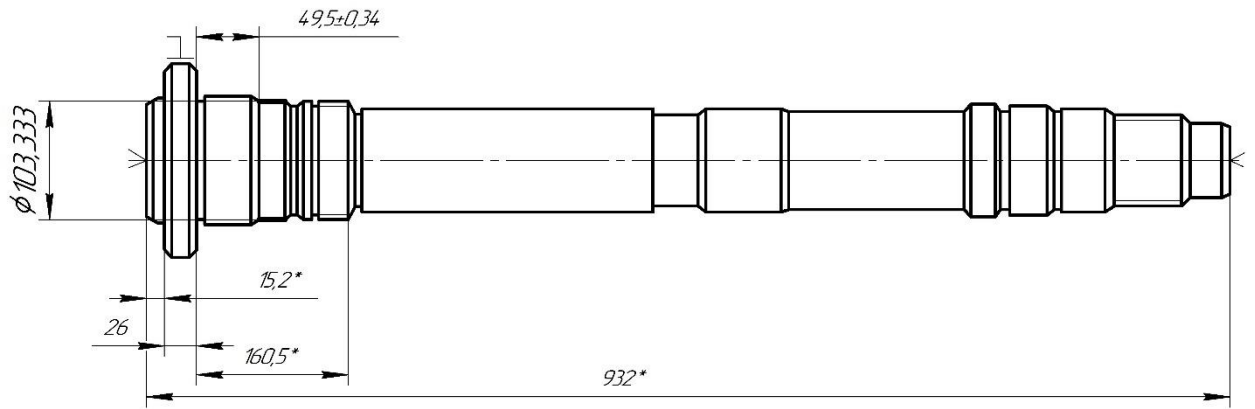
105 Круглошліфувальна.

На цій операції проводять попереднє шліфування конусу 1:12 з витриманням розміру  $54,5 \pm 0,34$  мм від торця фланцю до перехідної риски.



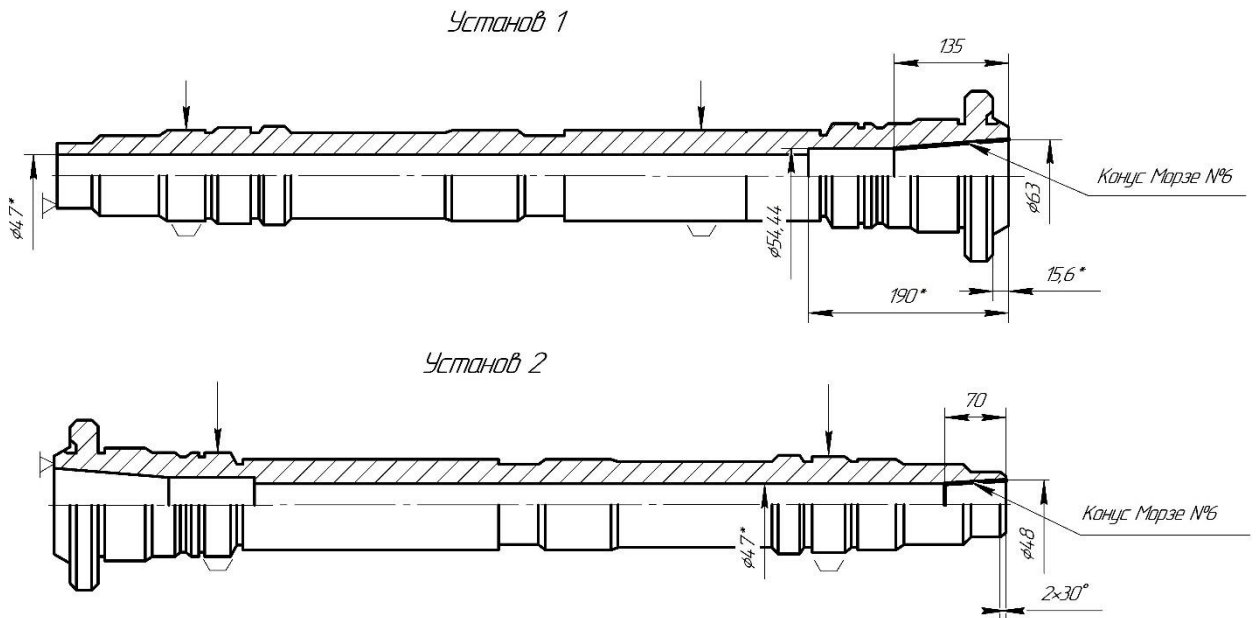
110 Круглошліфувальна.

На цій операції проводять остаточне шліфування конусу 1:12 з витриманням розміру від торця фланцю до торця кільця підшипника  $49,5 \pm 0,34$  мм по шаблону.



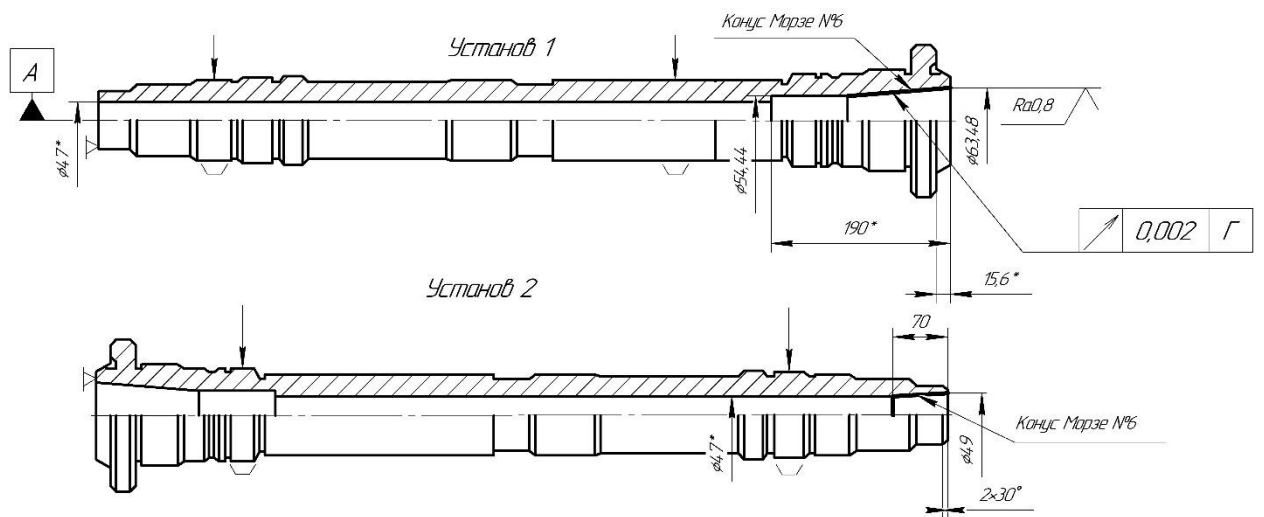
115 Внутрішньошліфувальна.

На цій операції проводять попереднє шліфування конусів Морзе №6 по калібру.



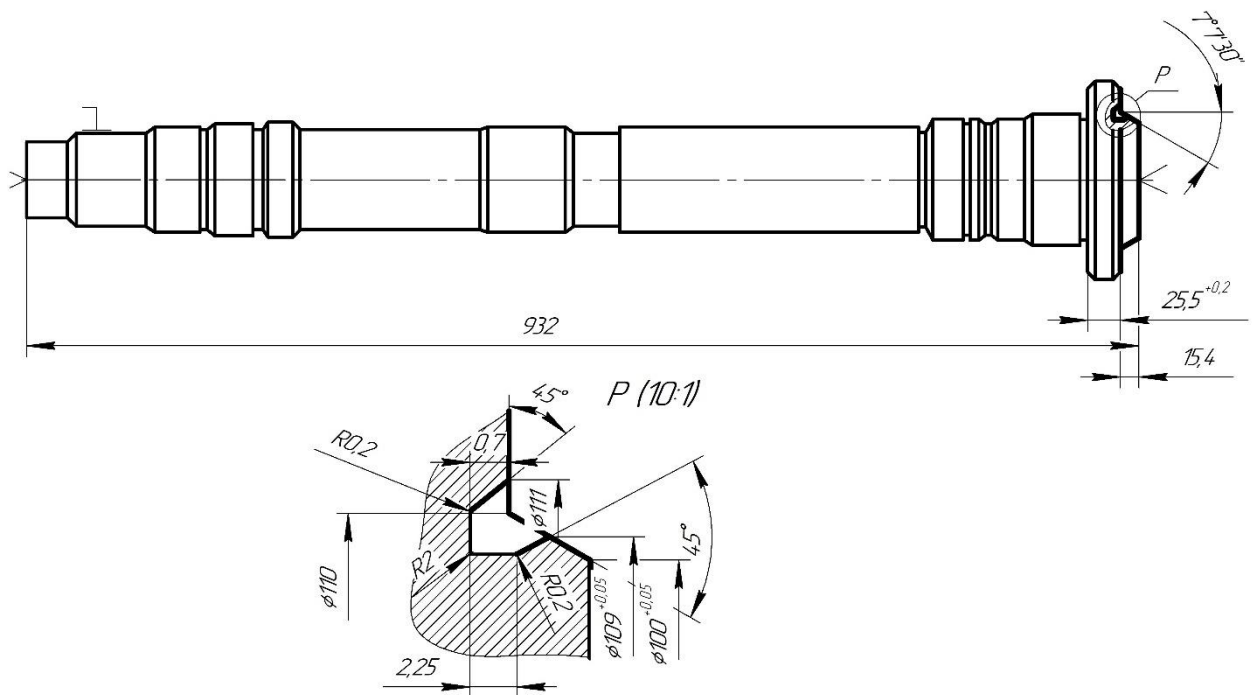
120 Внутрішньошліфувальна.

На цій операції проводять попереднє шліфування конусів Морзе №6 по калібру.



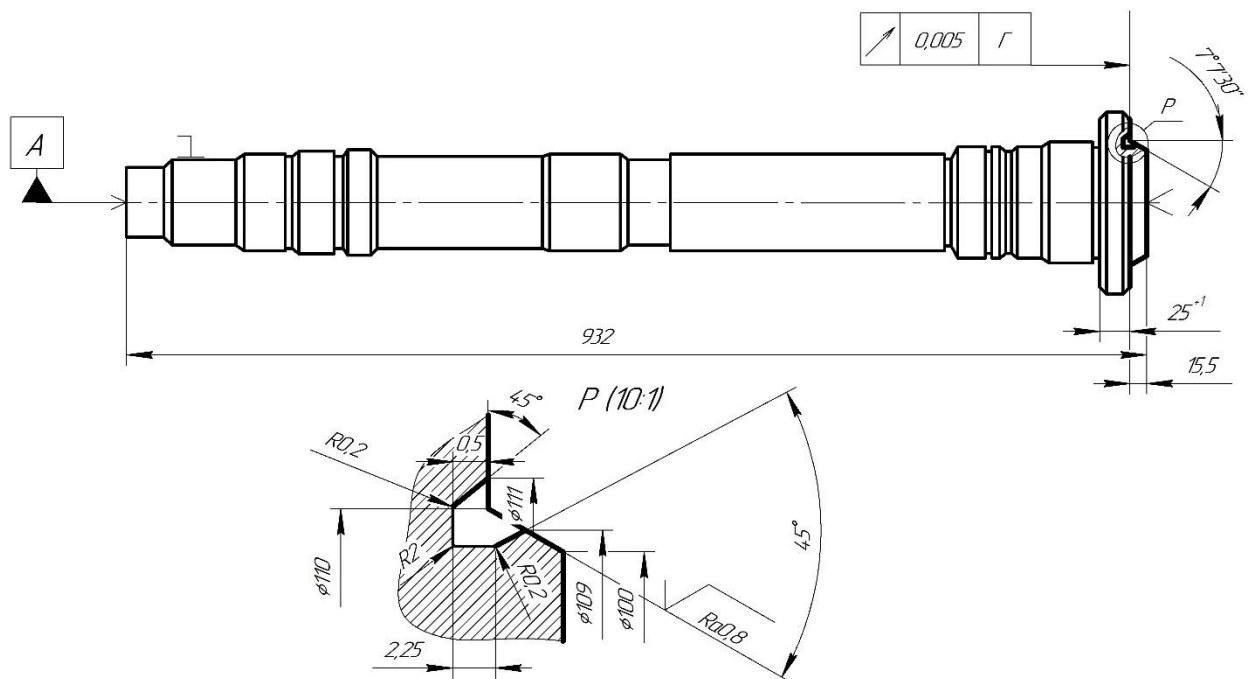
125 Круглошліфувальна.

На цій операції проводять попереднє шліфування конуса  $7^\circ 07' 30''$  та торцю.



130 Круглошліфувальна.

На цій операції проводять остаточне шліфування конуса  $7^\circ 07' 30''$  та торцю.



135 Слюсарна.

На цій операції проводять зачистку заходів та виходів фрези на шліцях та задирок після фрезерування шпоночної канавки за допомогою верстатка слюсарного.

140 Контроль ВТК.

На цій операції проводять контроль всіх розмірів виготовленого шпинделя.

5.1.2 Підбір верстатів

015 Фрезерно-центрувальна.

Верстат фрезерно-центрувальний 2Г942.

020 Токарна з ЧПУ.

Верстат моделі HAAS TL-2.

025 Токарно-копірувальна.

Верстат токарно-копірувальний моделі 3А833.

030 Токарно-копірувальна.

Верстат токарно-копірувальний моделі 3А833.

040 Токарно-копірувальна.

Верстат токарно-копірувальний моделі 1Б732.

050 Свердлильна.

Верстат для глибокого свердління РТ2641.

055 Вертикально-свердлильна.

Верстат\_вертикально свердлильний 2А150.

060 Токарно-копірувальна.

Верстат токарний моделі 1Б732.

065 Радіально-свердлильна.

Верстат радіально- свердлильний моделі 2М55.

075 Круглошліфувальна.

Верстат круглошліфувальний моделі 3У155.

080 Токарно-гвинторізна.

Верстат токарно-гвинторізний моделі 1К62.

085 Горизонтально-фрезерна.

Верстат горизонтально-фрезерний моделі 6Р81Г.

090 Шліцефрезерна.

Верстат шліцефрезерний моделі 5Б352П.

095 Круглошліфувальна.

Верстат круглошліфувальний моделі 3М162МВФ2-02.

105 Круглошліфувальна.

Верстат круглошліфувальний моделі 3У12УА.

110 Круглошліфувальна.

Верстат круглошліфувальний моделі 3У12УА.

115 Внутрішньошліфувальна.

Верстат внутрішньошліфувальний високої точності моделі 3К229А.

120 Внутрішньошліфувальна.

Верстат внутрішньошліфувальний високої точності моделі 3К229А.

125 Круглошліфувальна.

Верстат круглошліфувальний моделі 3М162МВФ2-02.

130 Круглошліфувальна.

Верстат круглошліфувальний моделі 3М162МВФ2-02.

### 5.1.3 Підбір ріжучого інструменту

015 Фрезерно-центрувальна.

Фреза торцева діаметром 200x22 2214-0355 ГОСТ 26595-85, із змінними пластинами з твердого сплаву Т5К10.

Свердло центрувальне із швидкоріжучої сталі Р6М5 2317-0112 ГОСТ 14952-75.

020 Токарна з ЧПУ.

Різець підрізний ТК510 MDLBL2525M20.

025 Токарно-копірувальна.

Різець підрізний, ТК510 MDLBL 2525M20.

Різець канавочний 2130-0365 ГОСТ 18874-73.

030 Токарно-копірувальна.

Різець підрізний, ТК510 MDLBL 2525M20.

Різець канавочний 2130-0365 ГОСТ 18874-73.

Різець PCLNR2525-M12 Т5К10.

Різець розточний S16K-PCLNR09 Т5К10.

040 Токарно-копірувальна.

Різець підрізний ТК510 MDLBL 2525M20.

Різець канавочний 2130-0505 ГОСТ 18874-73.

Різець PCLNR2525-M12 Т5К10.

050 Свердлильна

Свердло для глибокого свердління SPGD-0047-0498-FP010

055 Вертикально-свердлильна.

Зенкер 2320-5804 ВК8 ГОСТ 3231-71.

060 Токарно-копірувальна.

Різець підрізний ТК510 MDLBL2525M20.

Різець розточний 2141-0025 ВК4 ГОСТ 18883-73 .

Круг полірувальний ПП 54,44×6×16 ГОСТ 23182-78

Круг полірувальний ПП 63×6×16 ГОСТ 23182-78  
065 Радіально-свердлильна.  
Свердло 2301-0079 ГОСТ 10903-77 .  
Свердло 2301-0060 ГОСТ 10903-77.  
Свердло 2301-0189 ГОСТ 10903-77.  
Свердло 2301-0064 ГОСТ 10903-77.  
Розвертка 2368-0124 ГОСТ 6270-80  
Мітчик 2621-1223 ГОСТ 3266-81  
Мітчик 2621-1705 ГОСТ 3266-81  
075 Круглошліфувальна.  
Круг шліфувальний ПП200×40×76 25АСМ5К6 ГОСТ 2424-83  
080 Токарно-гвинторізна.  
Різець SER 2525 M27 P6M5.  
085 Горизонтально-фрезерна.  
Фреза дискова 2254-0766 ГОСТ 2679-93  
090 Шліцефрезерна.  
Фреза шліцьова черв'ячна 2520-0725 ГОСТ 8027-86  
095 Круглошліфувальна.  
Круг шліфувальний ПП200×40×76 25АСМ5К6 ГОСТ 2424-83  
105 Круглошліфувальна.  
Круг шліфувальний ЗП150×16×3225AF46L6V35Б3 ГОСТ 2424-83  
110 Круглошліфувальна.  
Круг шліфувальний ЗП150×16×3225AF46L6V35Б3 ГОСТ 2424-83  
115 Внутрішньошліфувальна.  
Круг ЗП 20×6×1325AF46L6V35Б3 ГОСТ 2424-83.  
120 Внутрішньошліфувальна.  
Круг ЗП 20×6×1325AF46L6V35Б3 ГОСТ 2424-83.  
125 Круглошліфувальна.  
Круг шліфувальний профільний 25АСМ5К6 ГОСТ 2424-83  
130 Круглошліфувальна.



Круг шліфувальний профільний 25АСМ5К6 ГОСТ 2424-83

#### 5.1.4 Підбір вимірювального інструменту

015 Фрезерно-центрувальна.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-1000-0,1 ГОСТ 166-89.

Шаблон спеціальний (для контролю центрувальних отворів)

020 Токарна з ЧПУ.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.

025 Токарно-копірувальна.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-1000-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.

030 Токарно-копірувальна.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-1000-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Шаблони спеціальні (для перевірки оброблених канавок).

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

040 Токарно-копірувальна.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166-89.

Кутомір типу-2 ГОСТ 5378-88 (для контролю кута  $7^{\circ}7'30''$ )

Глибиномір ГІ-100 ГОСТ 7661-67.

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93

Шаблон спеціальний (для контролю канавки під шліфування)

050 Свердлильна.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.

Глибиномір ГІ-100 ГОСТ 7661-67 ( для перевірки глибини свердління)

055 Вертикально-свердлильна.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.

060 Токарно-копірувальна.

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-630-0,1 ГОСТ 166-89.

Колібр-пробка Морзе №6 АТ7 ГОСТ 2849-94.

Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.  
Індикатор ІГ10Б кл. 1 ГОСТ 577-68.  
065 Радіально-свердлильна.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.  
Колібр-пробка 8221-3036 ГОСТ 17758-72.  
Колібр-пробка 8221-3080 ГОСТ 17758-72.  
Кутомір типу-2 ГОСТ 5378-88.  
075 Круглошліфувальна.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-600-0,1 ГОСТ 166-89.  
Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.  
Мікрометр МК Н100 ГОСТ 6507-90.  
Індикатор ІГ10Б кл. 1 ГОСТ 577-68.  
Кругломір ГОСТ 8.481-82 (для перевірки круглості шийки шпинделя)  
080 Токарно-гвинторізна.  
Різьбомір ГОСТ 519-77.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.  
085 Горизонтально-фрезерна.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.  
Індикатор ІГ10Б кл. 1 ГОСТ 577-68.  
Шаблон спеціальний (для перевірки виконання шпонкової канавки).  
090 Шліцефрезерна.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89.  
Шаблон спеціальний ( для контролю шліцьової канавки)  
Індикатор ІГ10Б кл. 1 ГОСТ 577-68.  
095 Круглошліфувальна.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-600-0,1 ГОСТ 166-89.  
Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.  
Мікрометр МК Н100 ГОСТ 6507-90.  
Індикатор ІГ10Б кл. 1 ГОСТ 577-68.  
Кругломір ГОСТ 8.481-82.

105 Круглошліфувальна.  
Шаблон спеціальний ( для перевірки конуса 1:12)  
110 Круглошліфувальна.  
Шаблон спеціальний ( для перевірки конуса 1:12)  
115 Внутрішньошліфувальна.  
Колібр-пробка Морзе №6 АТ7 ГОСТ 2849-94.  
Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.  
120 Внутрішньошліфувальна.  
Колібр-пробка Морзе №6 АТ7 ГОСТ 2849-94.  
Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.  
125 Круглошліфувальна.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1ГОСТ 166-89.  
Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.  
Кутомір типу-2 ГОСТ 5378-88 (для контролю кута  $7^{\circ}7'30''$ )  
Шаблон спеціальний ( для контролю канавки під шліфування).  
130 Круглошліфувальна.  
Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1ГОСТ 166-89.  
Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.  
Кутомір типу-2 ГОСТ 5378-88 (для контролю кута  $7^{\circ}7'30''$ )  
Шаблон спеціальний ( для контролю канавки під шліфування)

#### 5.1.5 Обладнання

015 Фрезерно-центрувальна.  
Призми та прижими.  
020 Токарна з ЧПУ.  
Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 1654-86.  
Центр 7032-0029 Морзе 4 ГОСТ 13214-79.  
025 Токарно-копірувальна.  
Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71.  
Рухомий люнет 6046-0011 ГОСТ 21190-75.

Центр А-1-4Н ГОСТ 8742-75 (для закріплення та базування деталі)

030 Токарно-копірувальна.

Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 1654-86.

Рухомий люнет 6046-0011 ГОСТ 21190-75.

040 Токарно-копірувальна.

Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 1654-86.

Рухомий люнет 6046-0011 ГОСТ 21190-75.

050 Свердлильна.

Призми та прижими.

055 Вертикально-свердлильна.

Призми та прижими.

060 Токарно-копірувальна.

Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 1654-86.

Рухомий люнет 6046-0011 ГОСТ 21190-75.

065 Радіально-свердлильна.

Призми та прижими.

075 Круглошліфувальна.

Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 1.

Конусні пробки 7032-0049 ГОСТ 13214-79.

080 Токарно-гвинторізна.

Центр А-1-4Н ГОСТ 8742-75 79.

Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 1654-86.

085 Горизонтально-фрезерна.

Призми та прижими.

090 Шліцефрезерна.

Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 1.

Конусні пробки 7032-0049 ГОСТ 13214-79.

095 Круглошліфувальна.

Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 1.

Конусні пробки 7032-0049 ГОСТ 13214-79.

105 Круглошліфувальна.

Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 1.

Конусні пробки 7032-0049 ГОСТ 13214-79.

110 Круглошліфувальна.

Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 1.

Конусні пробки 7032-0049 ГОСТ 13214-79.

115 Внутрішньошліфувальна.

Призми та прижими.

120 Внутрішньошліфувальна.

Призми та прижими.

125 Круглошліфувальна.

Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 1.

Конусні пробки 7032-0049 ГОСТ 13214-79.

130 Круглошліфувальна.

Патрон поводковий 7108-0021 ГОСТ 2571-71 1.

Конусні пробки 7032-0049 ГОСТ 13214-79.

## 5.2 Розробка операційного технологічного процесу обробки деталі

В даному пункті проведемо розробку операційних ескізів для двох операцій, підберемо різальний та вимірювальний інструмент, назначимо для різального інструменту режими різання.

Операційний технологічний процес виконуємо для операцій 015 та 085.

Операцію 015 – фрезерно-центрувальна.

Обробка на операції відбувається на фрезерно-центрувальному верстаті 2Г942. Технічні характеристики даного верстата повністю задовольняють умови обробки деталі.

На даній операції відбувається фрезерування торців з обох сторін до розміру 940 та свердління центрувальних отворів.

Деталь базується в призмах та затискається прижимами. Операційний ескіз на операцію показано на рис. 5.2.

Різальний інструмент:

- фреза торцева діаметром 200x22 2214-0355 ГОСТ 26595-85, із змінними пластинами з твердого сплаву Т5К10.

- свердло центрувальне із швидкоріжучої сталі Р6М5 2317-0112 ГОСТ 14952-75.

Обладнання: призми.

Для контролю отриманих на операції розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-ІІ-1000-0,1 ГОСТ 166-89.

Режими різання на операції:

- фрезерування торців: глибина різання для фрезерування торців  $t=4$  мм, подача  $S_o=0,12$  мм/об, швидкість різання  $V=50$  м/хв, частота обертання шпинделя при цьому при обробці  $\varnothing 200$  мм складе 100 об/хв;

- свердління центрувальних отворів: глибина різання  $t=2$  мм, подача  $S_o=0,07$  мм/об, швидкість різання  $V=13$  м/хв, частота обертання шпинделя при цьому при обробці  $\varnothing 4$  мм складе 1000 об/хв.

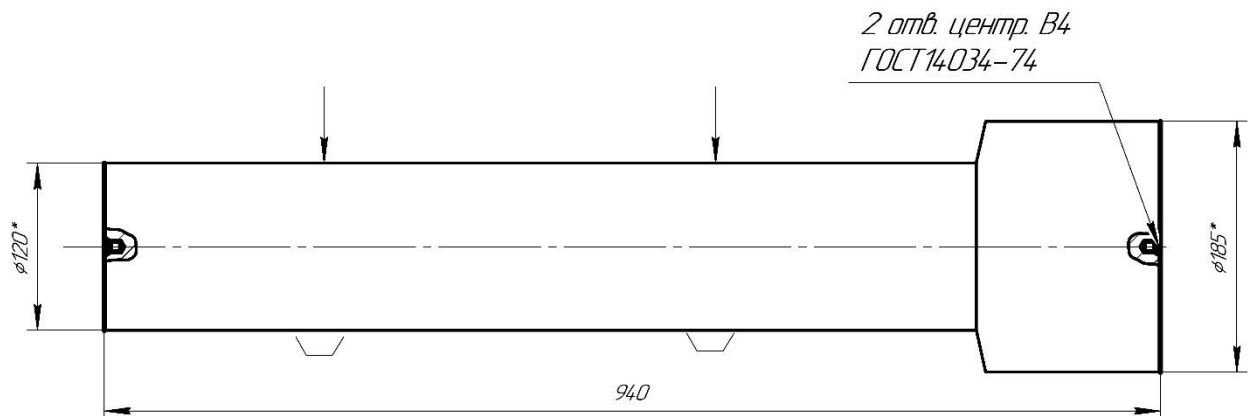


Рисунок 5.1 – Операційний ескіз на операцію 010

Операція 085 – горизонтально-фрезерна.

Обробка на операції відбувається на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Р81Г. Технічні характеристики даного верстата повністю задовольняють умови обробки деталі.

На цій операції проводять фрезерування шпонкової канавки.

Деталь базується в призмах та затискається прижимами. Операційний ескіз на операцію показано на рис. 5.2.

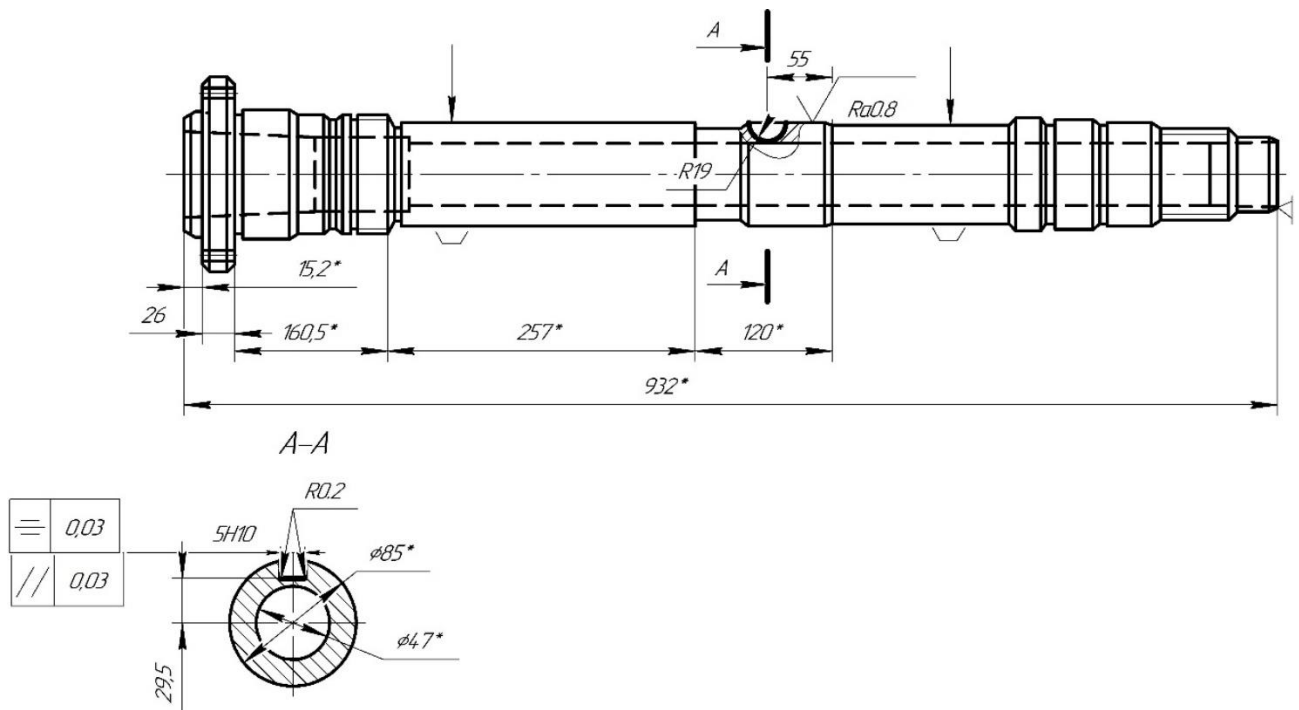


Рисунок 5.2 – Операційний ескіз 075 операції

Різальний інструмент: фреза дискова 2254-0766 ГОСТ 2679-93.

Для контролю отриманих на операції розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ 166-89, індикатор ІГ10Б кл. 1 ГОСТ 577-68 та шаблон спеціальний (для перевірки виконання шпонкової канавки).

Режими різання на операції:  $t = 0,2$  мм  $n_{\phi} = 200$ об/хв,  $s = 0,02$ мм/об,  $V = 24$ м/хв.

## **6 ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ**

### **6.1 Обґрунтування необхідності створення верстатного пристрою**

Задачею роботи є проектування пристрою на чорнову токарну операцію на якій відбувається попередня (чорнова) обробка заготовки.

В базовому технологічному процесі заготовка оброблювалася, на універсальному токарно-гвинторізному обладнанні. Базувалася заготовка в трьохкулачковому самоцентруючому патроні з піджаттям заднім центром.

Розглядаючи проєктований технологічний процес можемо сказати що операція буде замінена з універсальної на токарну з ЧПК та верстатними пристроєм з пневмоприводом – поводковим патроном. Дане, обладнання має систему ЧПК, що дозволить з точністю його позиціювання виконати обробку поверхонь. Використання спеціальних верстатних пристроїв допоможе скоротити час на установку, базування та закріплення заготовки, знизити розряд оператора верстата, що значно зменше допоміжний час, та як результат безпосередньо буде зменшена собівартість деталі. Також необхідно відмітити що використання спеціального верстатного пристрою допоможе збільшити точність стабільність параметрів отриманих на операції (точність форми та розміщення, шорсткість).

Система координат верстата буде відповідати системі обладнання з ЧПК, вісь Z якого напрямлена горизонтально, вздовж вісі заготовки.

### **6.2 Уточнення цілі технологічної операції**

#### **6.2.1 Точність розмірів**

На операції виконується обробка циліндричних поверхонь та торців.

Розглядаючи креслення деталі можемо зробити висновок, що оброблювальні поверхні є проміжковими під термічну обробку (технологічними) та до них не пред'явлені жорсткі вимоги по точності та якості.

На операції виконуються наступні поверхні з такою точністю:



- 94,3 мм  $T = 0,35$  мм,  $ES = +0,35$  мм та  $EI = 0$  мм згідно з ГОСТ 25347-82 -12 квалітет точності;

- 18 допуск складає  $T = 0,18$  мм,  $es = 0$  мм та  $ei = -0,18$  мм згідно з ГОСТ 25347-82 - 12 квалітет точності;

-  $\varnothing 25$  допуск складає  $T = 0,21$  мм,  $es = 0$  мм та  $ei = -0,21$  мм згідно з ГОСТ 25347-82 - 12 квалітет точності;

-  $\varnothing 35,5$  допуск складає  $T = 0,21$  мм,  $es = 0$  мм та  $ei = -0,21$  мм згідно з ГОСТ 25347-82 - 12 квалітет точності;

### 6.2.2 Точність форми

Конструктором не відзначено точність форми отриманих поверхонь, тому назначаємо його відповідно з нормальною відносною геометричною точністю – А, згідно з ГОСТ 24643-81 (60%, або 30% для допуску циліндричності, круглості та профілю повздовжнього січення, від допуску на розмір).

Проаналізуємо одну циліндричну та одну плоску поверхні з найменшими розмірами так як при однаковому допуску вони матимуть менше значення, тобто будуть точніше – це поверхні  $\varnothing 25(-0,21)$  та торець виконаний в розмір  $18(-0,18)$

Відповідно назначимо в відсотковій частині від допуску на розмір такі відхилення.

Допуск плоскості тоцю складатиме 60% від допуску для розміру 18мм,  $T = 0,18 \cdot 0,6 = 0,108$  мм, приймаємо 100 мкм - 13 степінь точності згідно з ГОСТ 24643-81.

Розглянемо допуск циліндричності та профілю повздовжнього січення, котрі будуть знаходитись як 30% від допуску розміру  $\varnothing 25$  мм,  $T = 0,3 \cdot 0,21 = 0,063$  мм, приймаємо 60 мкм - 11 степінь точності згідно з ГОСТ 24643-81.

Відхилення від циліндричності можуть бути: огранка, еліптичність, рисунок 6.1. Відхилення від профілю прокольного перерізу можуть бути: бочко, конусо, сідло – подібність, рисунок 6.1.

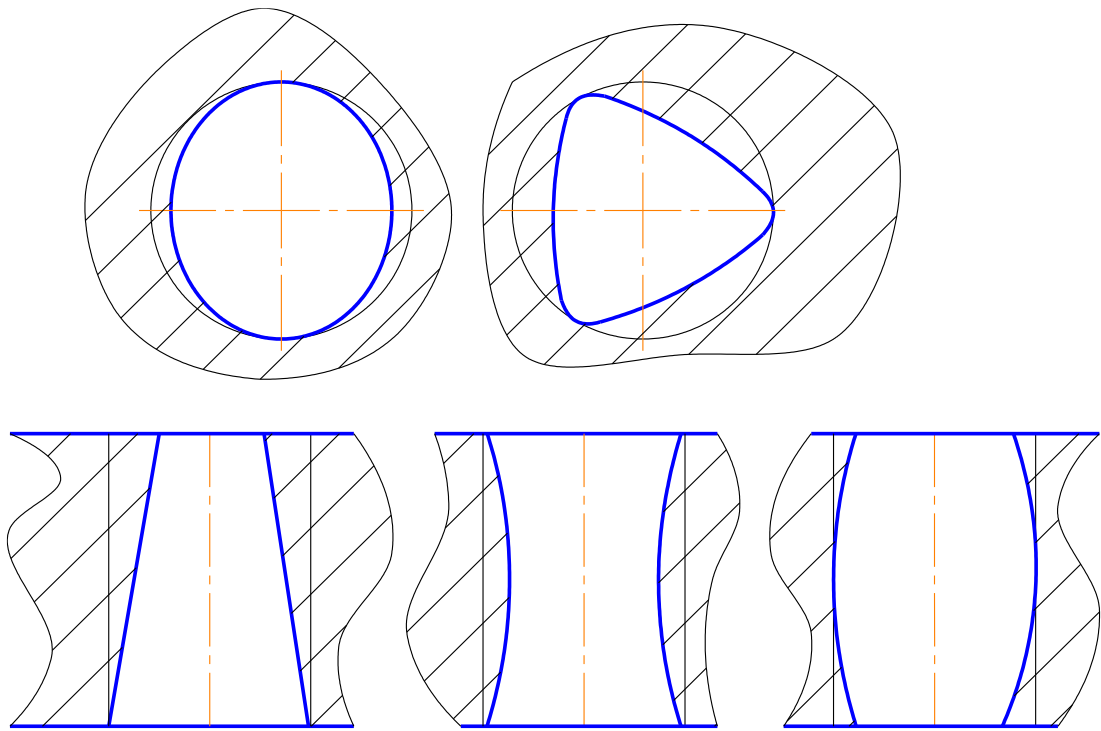


Рисунок 2.1 – Відхилення циліндричних поверхонь від циліндричності та профілю прокольного перерізу

### 6.2.3 Точність розміщення поверхонь

Допуск торцевого биття складатиме 60% від допуску на розмір 18мм, тоді  $T = 0,6 \cdot 0,18 = 0,108$  мм, приймаємо 0,08 мм – 12 степінь точності.

Допуск радіального биття складатиме 60% від допуску на розмір 25 мм, тоді  $T = 0,6 \cdot 0,21 = 0,126$  мм, приймаємо 100 мкм – 10 степінь точності.

### 6.2.4 Шорсткість оброблюваних поверхонь

Шорсткість оброблюваних поверхонь складає  $Ra = 3,2$  мкм, так як поверхні виконуються під ультразвуковий контроль.

## 6.3 Виявлення кількісних та якісних даних про заготовку

Заготовку котру отримують – це штамповка. Для даної операції заготовка на токарному обладнанні пройшла обробку баз – підрізались торці в розмір 202 мм, зацентрувались A2 та проточилась шийка  $\varnothing 63$ .

Для базування доцільно приймати базові начисто оброблені поверхні,

котрі розвинуті та відкриті, що дозволить полегшити проектування та виготовлення пристосування.

Тому, для даного випадку приймаємо механічно оброблені поверхні – чорнові бази – центрові отвори А2 та торець.

### 6.3.1 Точність розмірів

В якості базових поверхонь виступають поверхні прокату:

- центрові отвори А2 ГОСТ 14034-74, розміри  $8^{+0,36}$ ,  $\varnothing 2^{+0,1}$ , що виконані по 14 квалітету згідно ГОСТ 25347-82.

- торець виконаний в розмір 202 мм, допуск складає  $T=0,46$  мм,  $es=0$ ,  $ei=-0,46$  мм – 12 квалітет точності.

Допуск форми конічної поверхні, конструктором не оговорений, відповідно назначаємо його у відсотковому відношенні від допуску на розмір.

### 6.3.2 Точність форми

Допуск профілю повздовжнього січення.

Даний допуск складе 30% від допуску на розмір  $2^{+0,1}$  мм,  $T = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03$  мм, що відповідає 9 ступеню точності.

Відхилення профілю повздовжнього січення можуть відобразитись такими формами (ввігнутість, випуклість), рисунок 6.2.

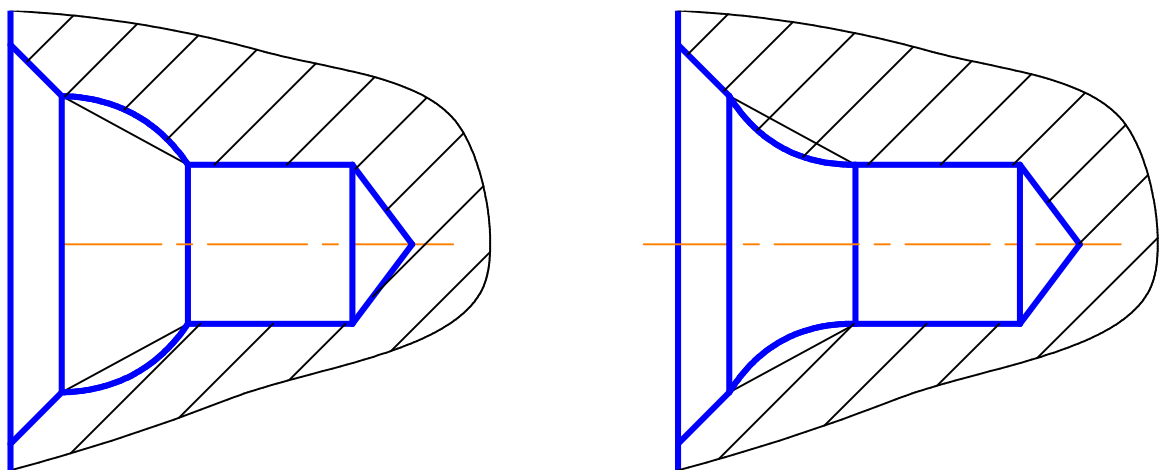


Рисунок 6.2 – Відхилення профілю продольного січення конічної поверхні

### центрового отвору

Допуск плоскостності тоцю складатиме 60% від допуску для розміру 202мм,  $T = 0,46 \cdot 0,6 = 0,276$  мм, приймаємо 200 мкм - 12 степінь точності згідно з ГОСТ 24643-81.

#### 6.3.3 Шорсткість

Розглянемо допуск торцевого биття котрий складатиме 60% від допуску на розмір 202 мм,  $T=0,6 \cdot 0,46=0,276$  мм, приймаємо 200мкм – 11 степінь точності.

Розглянемо допуск радіального биття котрий складатиме 60% від допуску на розмір  $\varnothing 2$  мм,  $T=0,6 \cdot 0,1=0,06$  мм, приймаємо 50мкм – 10 степінь точності.

#### 6.3.4 Шорсткість

Шорсткість базових поверхонь: - торцю  $Ra=3,2$  мкм, - конуса центрового отвору  $Ra=1,6$  мкм.

6.4 Визначення умов в котрих буде виготовлятися та використовуватися проєктований пристрій

Пристрій повинен виконати понад 5000 циклів.

Пристрій буде використовуватися на токарному обладнанні з ЧПК моделі 16Б16Т1.

Верстат має систему охолодження. Стружка видаляється з зони різання, стола верстата при виключеному обладнанні. Верстатний пристрій повинен обслуговуватися оператором 3-4-го розряду. Захисний кожух не дозволить в процесі обробки розлітатися стружці та охолоджуючій рідині.

Робоча температура навколишнього середовища  $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ}C$ , відносна вологість повітря 80%, атмосферний тиск  $P_{ат} = 86...106$ кПа, швидкість руху повітря – 0,5 м/с, частота вібрації, виниклих в результаті роботи обладнання

в цеху  $f = 20 \div 30$  Гц, освітлення приміщення (місцеве освітлення) 1500 Люкс.

### 6.5 Складання переліку виконуваних функцій

Даний перелік функцій дозволяє попередня ознайомитись з об'ємом робіт по використанню пристрою, та зробити аналіз функцій.

0 – Переміщення та попередня орієнтація пристосування.

1 – Базування заготовки.

2 – Закріплення заготовки.

3 – Базування пристосування на верстаті.

4 – Закріплення пристосування на верстаті.

5 – Підвід та відвід енергоносіїв.

6 – Утворення сили для закріплення.

7 – Управління енергоносіями.

8 – обробка заготовки.

9 – Досягнення безпечних умов праці.

10 – Об'єднання функціональних вузлів.

Виходячи з умов реалізації цих функцій та вимог до результатів їх реалізації, конструктор шукає прототипів з накопленого запасу різноманітних технічних рішень. Перевагу потрібно віддавати вже перевіреним конструкціям, та бажано в основу конструкції вкладати здешевлення. Розробка спеціальних конструкцій вузлів потребує спеціального обґрунтування.

Виходячи з умов реалізації вище наведених вимог та функцій, конструктор повинен шукати рішення з прототипів та з накопленого запасу технічних рішень. Перевагу віддаємо перевіреним конструкціям раніше сконструйованих пристроїв. Також потрібно при проектуванні розглядати пристрій з економічної сторони. Розробка спеціальних конструкцій вузлів потребує спеціального обґрунтування.

## 6.6 Розробка та обґрунтування схеми базування

На операції відбувається обробка під ультразвуковий контроль з наступною термічною обробкою.

Розглянемо базування заготовки в центрах, один з яких плаваючий, а другий обертовий. При даній схемі базування можна говорити про подвійно-напрямну та опорну бази, заготовка полишається п'яти ступенів вільності, вакантним залишається один зв'язок – обертання навколо вісі, рисунок 6.3.

При базуванні в центрах похибка базування на діаметральні розміри буде дорівнювати нулю так як відбудеться центрування  $E_6 = 0$ .

Похибка базування на лінійного розміру 18 мм буде дорівнювати нулю так як співпадуть вимірювальна та технологічна бази – лівий установчий торець.

Похибка базування для розміру 94,3 мм буде дорівнювати допуску на розмір 202 та складе  $E_6 = T_{202} = 0,3$  мм, що менше допуску на виконувани розміри,  $E_6 = 0,35 < T_{202} = 0,3$  мм

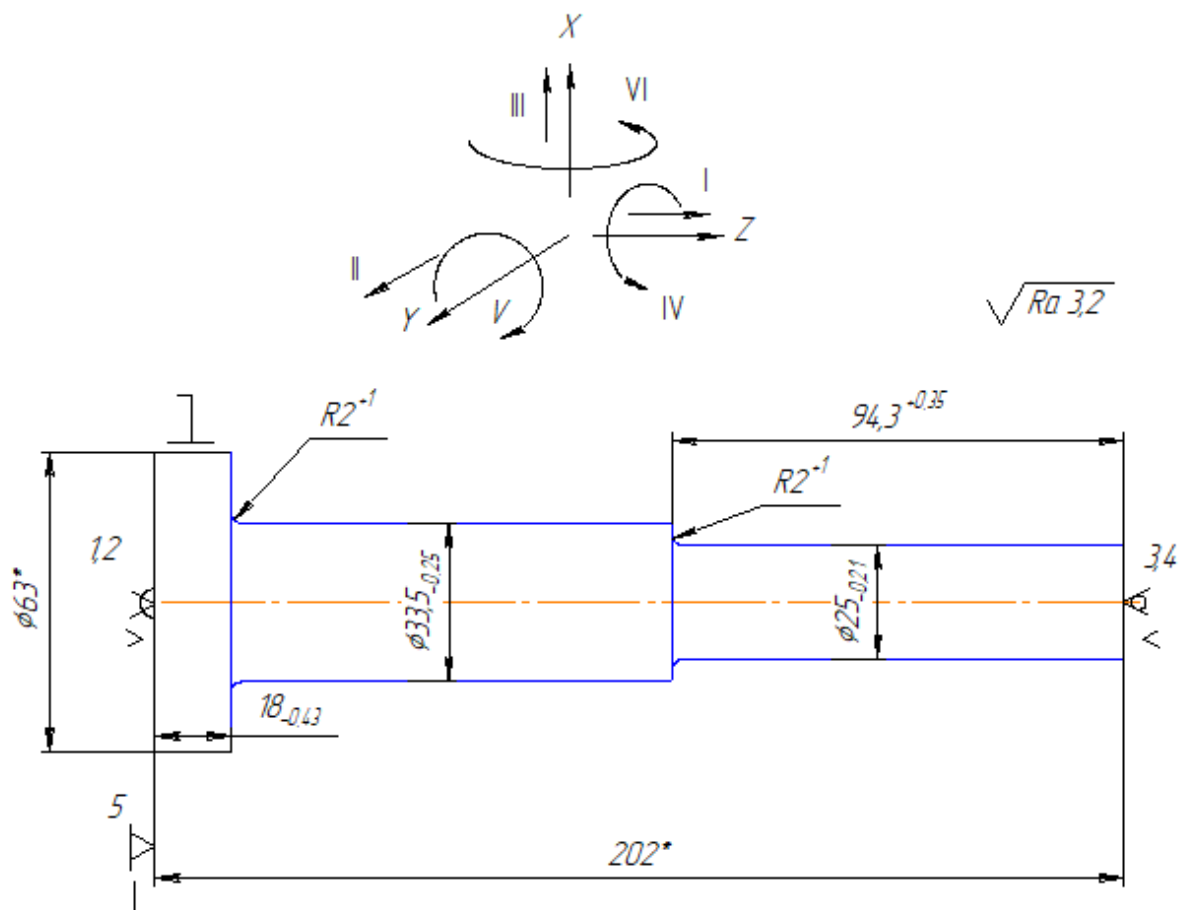


Рисунок 6.3 – Базування в патроні

Розглянемо базування заготовки в трьохкулачковому патроні з піджимом задньою бабкою, рисунок 6.4. По базуванню та похибкам базування дана схема абсолютно рівноцінній попередній, але перша схема задовольняє вимоги креслення в більшій мірі, так як закріплення відбувається в центрах та на чорнових та чистових операціях виконується принцип постійності баз – обробка в центрах, тому приймаємо першу схему.

Таблиця 6.1 - Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3,4	II, III, V, VI	Подвійно напрямна база
5	I	Опорна база
6	IV	Вакансія

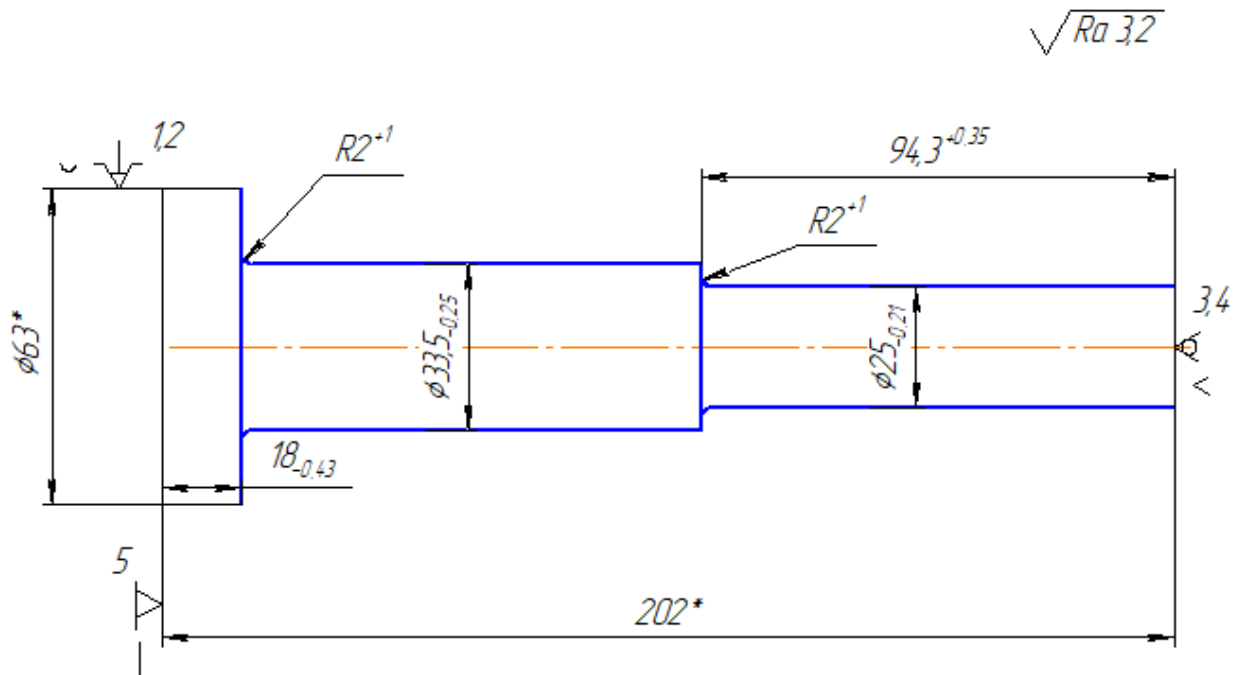


Рисунок 6.4 – Альтернативна схема базування в патроні

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

X	Y	Z	Назви баз
1	1	0	Подвійно-напрямна база
1	1	0	
0	0	1	Опорна база
0	0	0	
0	0	0	Вакансія
0	0	1	



## 6.7 Побудова функціональної структури верстатного пристрою

З набору функцій представлених вище виділимо ті, котрі реалізуються при використанні даного пристосування, а саме: 0, 1, 2, 5, 6, 7, 10. Функції 3 та 4 впливають на підготовчо-заключний час, функції 9 та 11 безпосередньо впливають на штучний час.

Складемо структуру функцій при їх послідовній реалізації, рисунок 6.5.

Номер функції без штриха відповідають прямій функції, наприклад закріплення, а з штрихом навпаки – розкріплення.

Функціональна структура проектованого пристрою представлена на малюнку 6.6.

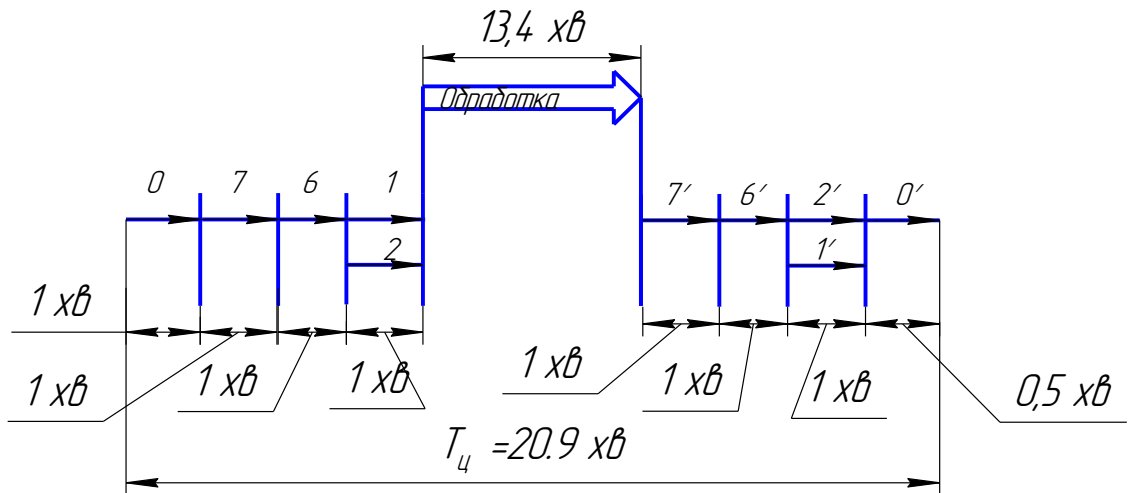


Рисунок 6.5 – Схема последовательной реализации функции

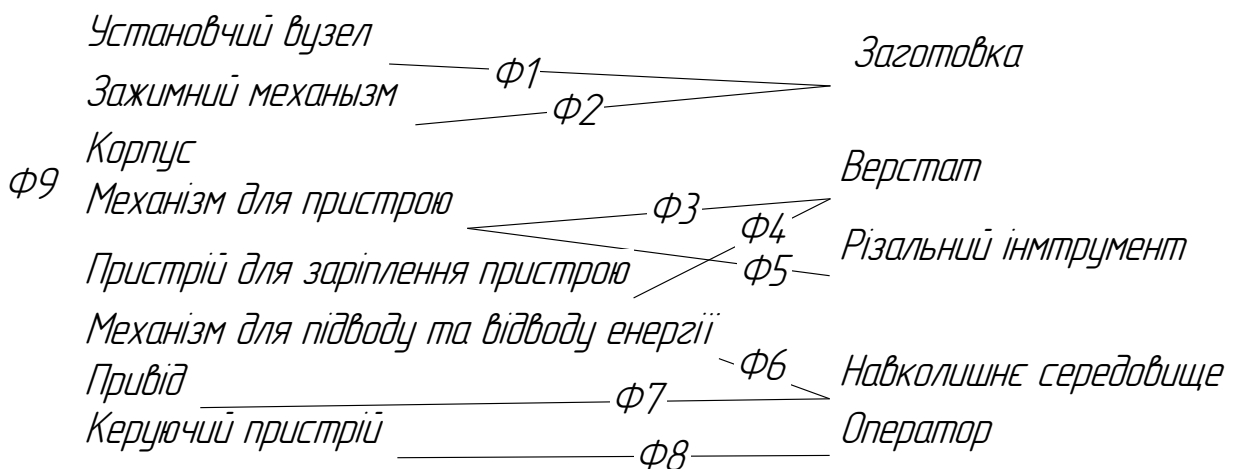


Рисунок 6.6 – Функціональна структура проектованого пристрою

## 6.8 Розробка та обґрунтування схеми закріплення

### 6.8.1 Аналіз структури полів збудюючих сил

Для знаходження поля утворюючих сил, збудуємо графічну модель даних сил, рисунок 6.7.

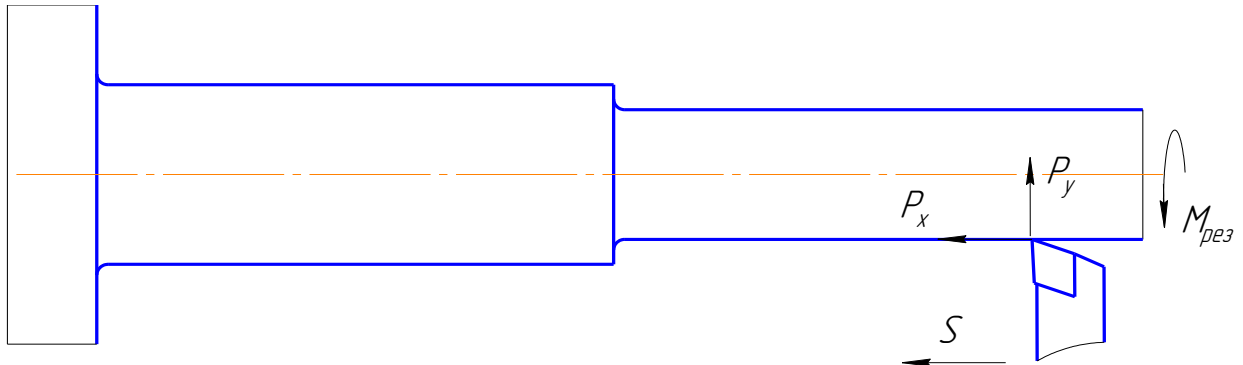


Рисунок 6.7 – Структура поля збудюючих сил

Таблиця 6.3 – Односторонніх звязків

Індекс звязку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega_x^1$	$\omega_y$	$\omega_y^1$	$\omega_z$	$\omega_z^1$
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R		R			R	R	R	R
	Сили закріплення		W	W	W		W			W	W	W	W
	Сили тертя	F(W)						F(W)	F(W)				

### 6.8.2 Аналіз структури поля урівноважуючи сил

З рисунку 6.7 бачимо, що складові сил різання не зрівноважені та потребують прикладення допоміжних сил закріплення. Величину сумарного зусилля необхідно розраховувати за умови не повороту від сили, сааме яка утворює момент, рисунок 6.8.

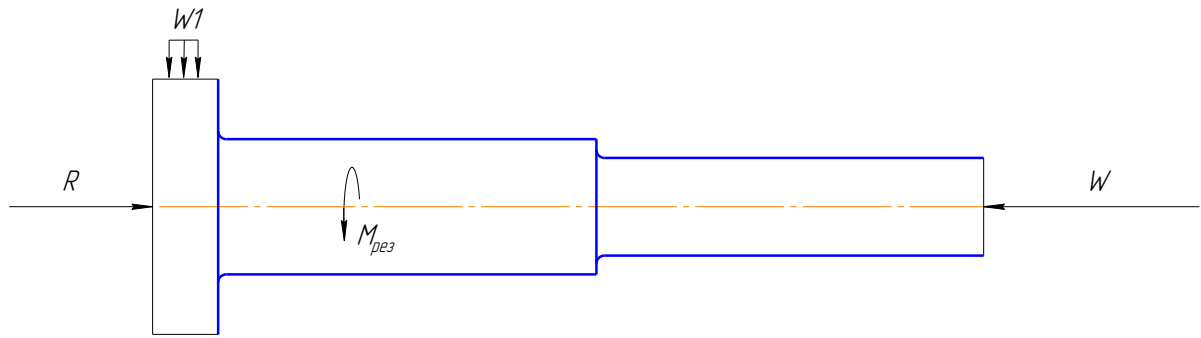


Рисунок 8.2 – Структура поля зрівноважуючи сил

### 6.8.3 Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо аналітичним підрізання торцю  $\varnothing 63$  мм.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – сталь 40Х з межею міцності  $\sigma_B = 785$  МПа, заготовки – прокат, обробка різцем з пластинкою Т5К10. Модель верстата 16Б16Т1, вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ГОСТ 166-89.

Глибина різання дорівнює:

- $t=1,5$  мм;
- подача складатиме  $S=0,3$  мм/об (з урахуванням поправочних коефіцієнтів);
- $K_{Sd} = 0,9$  – перетин державки;
- $K_{SN} = 1,0$  – міцність різальної частини;
- $K_{SM} = 0,8$  – механічні властивості оброблюваного матеріалу;
- $K_{SY} = 0,9$  – схема установки;
- $K_{SP} = 1,0$  – стан поверхні;
- $K_{S\varphi} = 1,0$  – геометрія різця.
- $S = S_{\text{доп}} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\varphi} = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,32$  мм/об, коректуємо згідно з паспортом верстата 0,3 мм/об.
- стійкість ріжучого інструменту  $T = 25$  хв.

Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} x_s^y} K_v,$$

де  $C_v = 350$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,35$ ,  $m = 0,2$  – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання;

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

де  $K_{MV}$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріала;

$K_{ПV} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K_{ИV} = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал.

Коефіцієнт  $K_{MV}$  розраховується за формулою:

$$K_{MV} = K_{\Gamma} (750/\sigma_B)^{n_v},$$

де  $K_{\Gamma} = 1,0$  – коефіцієнт, враховуючий групу сталі;

$n_v = 1,0$  – показник степені.

Тоді:

$$K_{MV} = 1,0 \cdot (750/785)^{1,0} = 0,95;$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 = 0,95.$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{350}{25^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 0,95 = 95,3 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі:

$$n_{ш} = \frac{1000 V}{\pi \cdot D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 95,3}{3,14 \cdot 60} = 505,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо значення обертання шпинделя згідно з паспорту  $n_{пр} = 500$  об/хв.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$V\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} ;$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 500}{1000} = 94,2 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p ,$$

де  $C_p = 384$ ,  $x = 0,9$ ,  $y = 0,9$ ,  $n = -0,15$  - значення коефіцієнтів та показників в формулі сили різання при точінні;

$K_p = 1$  - коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки,

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,9} \cdot 94,2^{-0,15} \cdot 1,0 = 946 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} ,$$

де  $D = 63$  мм – оброблюваний діаметр,

тоді:

$$M_{кр} = \frac{946 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 298 \text{ Нм.}$$

Необхідне зусилля при умові не провороту заготовки знайдемо:

$$W = \frac{1,33 KLR_{рез}}{fD}$$

де  $W$  – сила затискання;

$D = 0,063$  м – діаметр закріплення заготовки;

$L = 0,202$  виліт заготовки;

$K = 2,7$  – коефіцієнт запасу, залежить від умов обробки.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 ,$$

де  $K_0 = 1,2$  – гарантований коефіцієнт запасу, для всіх випадків;

$K_1 = 1,2$  – коефіцієнт залежний від поверхні (оброблена не оброблена);

$K_2 = 1,1$  – коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання при зносі різального інструменту;

$K_3 = 1$  – коефіцієнт враховуючий сили різання при обробці поверхонь які мають вікна;

$K_4 = 1,4$  – коефіцієнт враховуючий постійність сил різання (від

приводу);

$K_5 = 1,2$  – коефіцієнт враховуючий сили які намагаються повернути заготовку;

$K_6 = 1$  – коефіцієнт враховуючий ергономіку пристрою;

тоді,

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,66,$$

приймаємо 2,7;

$f_1 = 0,2$  – коефіцієнт тертя між заготовкою та установчою поверхнею;

Знайдемо силу, яку необхідно прикласти до заготовки:

$$W = \frac{1,33 \cdot 2,7 \cdot 0,202 \cdot 946}{0,063 \cdot 0,2} = 5446 \text{ Н.}$$

Так як в конструкції патрона є три кулака та коромисло плечі якого складають  $100/50 = 2$  то силу закріплення на штоці необхідно зменшити в  $2 \cdot 3 = 6$  разів з урахуванням ККД патрона (сили тертя механізму переміщення кулачків,  $\eta = 0,9$ ), тобто  $\frac{5446}{2 \cdot 3 \cdot 0,9} = 1008 \text{ Н.}$

#### 6.8.4 Розрахунок на міцність

Розрахуємо на міцність при розтягуванні болт пристосування. Матеріал штоку – сталь 40. Для того, щоб при загрузці різь штоку не зірвалась, необхідно щоб виконувались наступні умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma]_p,$$

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot \sigma_T,$$

де  $\sigma_T = 300 \text{ МПа}$  – границя текучості сталі 40.

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ (МПа)}.$$

$$\sigma_\delta = \frac{4F}{\pi d^2},$$

де  $d = 16 \text{ мм}$  – діаметр штока;

$F$  – максимальна осьова сила, яка діє на розтягування штоку, Н.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 270}{3,14 \cdot 16^2} = 1,3 \text{ МПа}$$

Умова виконується ( $1,3 \text{ МПа} < 180 \text{ МПа}$ ), тобто різь штока може витримувати дане зусилля.

### 6.9 Обґрунтування вибору привода

Для розкріплення достатньо ходу штока 15-20 мм, у зв'язку з чим раціонально примінити тарільчатую резино-тканинову пневмокамеру дво сторонньої дії, діаметр діафрагми розраховується за формулою:

$$Q = \frac{0.75\pi}{16} [(D + d)^2 + d_1^2] p, \text{ звідки}$$

$$D + d = \sqrt{\frac{16Q}{0.75\pi p} - d_1^2}$$

де  $Q = 1008 \text{ Н}$  – вихідне зусилля пневмокамери;

$d = 1,8 \text{ см}$  – діаметр штока;

$p = 0,4 \text{ МПа}$  – тиск повітря в системі.

$$D + d = \sqrt{\frac{16 \cdot 1008}{0.75 \cdot 3.14 \cdot 0.4}} + 1,8^2 = 130 \text{ см},$$

Приймаємо  $D = 125 \text{ мм}$ ,  $d = 80 \text{ мм}$ , тоді дійсне зусилля на штоці буде дорівнювати:

$$Q = \frac{0.75 \cdot 3.14 \cdot 0,4}{16} (125 + 80)^2 = 2474 \text{ м, приймаємо } 2400 \text{ Н}.$$

### 6.10 Розрахунок точності пристрою

Від точності пристосування, безпосередньо биття його установчих поверхонь, буде залежати отримання необхідної точності оброблюваних поверхонь, розглянемо допуск радіального биття, котрий складає 100 мкм (знайдений раніше):

$$E_{\text{пр}} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{\text{п}}^2 + E_{\text{ис}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + E_{\text{поз}}^2},$$

де  $K_T = 1,2$  – коефіцієнт, враховуючий можливий відступ від нормального розподілення окремих показників;

$K_{T1} = 0,80$  - коефіцієнт, враховуючий можливий відступ від нормального розподілення допусків базових поверхонь;

$E_6 = 0$  мкм – похибка базування, знайдена раніше в пункті 6;

$E_3 = 0$  мкм – похибка закріплення, в центрах;

$E_y = 0$  мкм – похибка установки пристрою на верстаті, токарний патрон базується по конічній поверхні;

$E_{II} = 0$  мкм – похибка перекосу інструмента;

$E_{II} = 2$  мкм – похибка виникаюча внаслідок зносу установчих поверхонь:

$$E_{II} = \beta \cdot N = 0,002 \cdot 2000 = 4 \text{ мкм};$$

$K_{T2} = 0,6$  – коефіцієнт враховуючий ймовірність з'явлення похибки обробки;

$\omega = 60$  мкм – середня економічна точність обробки;

$E_{Поз} = 0$  мкм - похибка позиціонування інструмента.

Тоді похибка пристосування складе:

$$E_{np} = 100 - 1,2 \sqrt{(0 \cdot 0,8)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 2^2 + (0,6 \cdot 60)^2 + 0^2} = 56 \text{ мкм}.$$

З урахуванням отриманих даних приймаємо допуск биття установчих поверхонь патрону  $T = 0,03$  мм. Похибка в даному діапазоні виникає як наслідок окремих похибок елементів пристрою.

## 6.11 Опис пристрою та принцип його роботи

Поводковий патрон установлюється на шпинделі токарного верстата, базуючись по конічній поверхні та закріплюється за допомогою болтів 18. Патрон має кулачки 4, які закріплені за допомогою гвинтів 18.

Заготовку-вал установлюють в центр 25 та піджимають заднім центром до упору в торець патрона (втулку 13). Закріплення заготовки відбувається подачею робочого повітря в праву порожнину пневмокамери через пневморозподільник 3, при цьому шток 12 рухається вліво разом зі муфтою 5, а зусилля передається через складові патрона (муфта 5 передає на ричаги 7



патрона, котрі рухають кулаки 4) до контакту з заготовкою, її затисненням. Після закріплення оброблюється заготовка.

Для розкріплення заготовки скидається повітря та подається в протилежну порожнину пневмокамери, відбувається розкріплення заготовки та її заміна на наступну.

Пристосування зберігати в дерев'яній тарі законсервованим, попадання вологи не допустиме.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Бушуев, В. В.** Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. – М. : Машиностроение, 2006. – 448 с.
2. **Проников, А. С.** Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников и др. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 356 с.
3. **Пуш В. Э.** Конструирование металлорежущих станков / В. Э. Пуш. – М. : Машиностроение, 1977. – 390 с.
4. **Кузьмин А. В.** и др. Расчеты деталей машин : справ. пос. / А. В. Кузьмин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Высш. шк., 1986. – 400 с.
5. **Кочергин А. И.** Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование : учеб. пос. / А. И. Кочергин. – Минск : Вышэйшая школа, 1991. – 382 с.
6. **Дальский А. М.** Справочник технолога – машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. М. Дальского и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.
7. **Орликов М. Л.** Металлорежущие станки. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пос. / М. Л. Орликов. – К. : Вища школа, 1987. – 152 с.
8. Станок 165. Руководство по эксплуатации.
9. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи “ Кінематичний розрахунок привода металорізальних верстатів ” /Укладач **М.М.Коротун.** – Суми: Вид – во СумДУ, 2009. – 23 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з теми «Проектування та розрахунки привода верстатів» / укладачі: **М.М. Коротун, О.В. Івченко** – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 35 с

11. **Корсаков В.С.** Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. - М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
12. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. – 3-е издание., перераб. и доп.– М.: Высш. Школа, 1980. – 240 с.
13. **Гжиров Р. И.** Краткий справочник конструктора: Справочник – Л.: Машиностроение, Ленингр. 1983. – 464 с.
14. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. **А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.** - 4-е изд., перераб. и доп. - М. Машиностроение, 1986. - 496 с.
15. **Горбацевич А. Ф., Шкред В. А.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.
16. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. **А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.** - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496 с.
17. Методические указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений, **Г. С. Чумаков** - Сумы, СумГУ, 1997 - 34с.
18. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач **П.В. Кушніров.** – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.
19. **Сторож Б.Д., Карпик Р.Т., Гордєєв А.І.** Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ; Хмельницький: ХНУ, 2004. – 230 с.
20. **Пашкевич М.Ф., Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Пашкевич В.М.** Технологическая оснастка: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов, 2002. – 320 с.
21. **Боровик А. І.** Технологічна оснастка механоскладального виробництва. – К.: Кондор, 2007 – 726 с.
22. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания

для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.

23. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с.

24. **Горбацевич А.Ф., Шкред В.А.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

25. **Анурьев В.И.** Справочник конструктора. В 3-х томах. – М.: Машиностроение, 1979.