

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ**

**ВАЛУ АК-60.02.00.061**

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

Студент

Ахмедов М. Ю.

Керівник

Іванов В. О.

Нормоконтроль

Денисенко Ю.О.

Суми – 2020

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 60 с., 11 рис., 6 табл., 2 додатки, 22 літературних джерел посилань.

Основна увага приділена аналізу службового призначення як машини в цілому, так і окремо деталі, проведено перевірку висунутих до деталі технічних вимог, зроблено вибір методу виготовлення вихідної заготовки, сформовано структуру двох операцій механічної обробки деталі, проведено обґрунтування застосованих інструментів, верстатів, та інших засобів технічного оснащення і устаткування, призначено технічно обґрунтовані режими різання і норми часу, виконано проектування спеціалізованого верстатного пристосування, розглянуто питання охорони праці.

**Метою роботи** є підвищення ефективності механічної обробки валу АК-60.02.00.061 за рахунок впровадження сучасного технологічного оснащення, здатного забезпечити якісну обробку заготовок.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес по виготовленню валу АК-60.02.00.061 установки підйомної АК-60

**Предмет дослідження** – операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал» АК-60.02.00.061 установки підйомної АК-60.

ВАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ, ЗАГОТОВКА, ВЕРСТАТ, ІНСТРУМЕНТ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз службового призначення виробу, вузла і деталі .....	6
1.1 Аналіз службового призначення виробу .....	6
1.2 Аналіз службового призначення вузла.....	9
1.3 Аналіз службового призначення деталі.....	11
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....	13
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	17
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	22
5 Вибір способу одержання заготовки та розроблення технічних вимог до неї ..	24
5.1 Розрахунок штампованої заготовки.....	24
5.2 Розрахунок заготовки з прокату.....	27
6 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	28
6.1 Розробка структури операції .....	28
6.2 Розрахунок припусків на механічну обробку поверхонь .....	29
6.3 Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення.....	31
6.4 Обґрунтування вибору верстатів.....	33
6.5 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучих інструментів та іншого технологічного оснащення.....	36
6.6 Розрахунок режимів різання.....	37
6.7 Технічне нормування операцій .....	43
7 Проектування верстатного пристосування.....	46
7.1 Обґрунтування необхідності створення пристосування.....	46
7.2 Уточнення мети технологічної операції.....	47
7.3 Визначення умов, в яких виготовлятиметься і експлуатуватиметься пристосування .....	51

Кафедра технології машинобудування,  
 верстатів та інструментів

					ТМ 16510006 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Ахмедов				Проектування технологічного процесу виготовлення валу АК-60.02.00.061 Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Іванов						3	60
Н. Контр.	Денисенко				СумДУ, гр. ТМ-61			
Затверд.	Залога							

7.4	Складання переліку функцій, що реалізуються.....	51
7.5	Функціональна структура пристосування.....	52
7.6	Розробка і обґрунтування схеми закріплення.....	53
7.7	Розрахунок пневматичного поршневого приводу.....	54
7.8	Точнісні розрахунки пристосування.....	56
7.9	Опис пристрою і принципу дії пристосування.....	57
Висновки .....		58
Перелік джерел посилань .....		59



## ВСТУП

Машинобудування досить активно розвивається галузь промисловості, і до цього дня вона залишається основною галуззю, як для економіки, так і для держави в цілому. В останні роки держава активно почав підтримувати підприємства промисловості, особливо це добре помітно в розвитку переробної промисловості. А так як для розвитку будь-якого підприємства потрібно техніка, вироблена машинобудуванням, значить в першу чергу повинно розвиватися саме воно. Природно, що головною метою машинобудівних підприємств вважається оснащення новітнім обладнанням цеху. В даний час ми знаходимося на порозі нового промислового перевороту, підмогою для цього послужило впровадження хмарних технологій, обробка великої кількості даних і розвиток інтернету. Дана промислова революція вважається вже четвертою, вона зароджувалася останні років десять, а то й двадцять. Передбачається, що структура заводів стане набагато гнучкіше і модульні. Для досягнення даної мети необхідні мініатюрні процесори, пристрої зберігання даних, датчики і перетворювачі. Для поліпшення роботи, скорочення часу на виробництво потрібно вмонтувати необхідні допоміжні засоби в обладнання, а також в самі заготовки, матеріали та інструменти. Так само не зможе обходитися обладнання і без унікального програмного забезпечення.

Використовуючи все це стане можливим налагодити обмін даними і командами між виробами і технологічним обладнанням. При цьому виріб відразу буде оснащено цифровою пам'яттю, якою воно зможе обмінюватися з технологічним середовищем на будь-яких етапах виробництва. Вся ця система і процес буде перетворений в кіберфізическую систему, що об'єднує реальний і віртуальний світи. В результаті застосування подібних технологій вийде значно полегшити процес оптимізації технологічних процесів і поліпшити управління ними. Частина цієї оптимізованої системи вже існує на заводах, проте для повного досягнення мети буде потрібно ще чимало часу.

					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		5

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ, ВУЗЛА

## І ДЕТАЛІ

### 1.1 Аналіз службового призначення виробу

Установка підйомна для освоєння і ремонту нафтових і газових свердловин АК-60 призначена для освоєння, поточного і капітального ремонту нафтових і газових свердловин в умовах помірного і холодного макрокліматичних районів.

Установка АК-60 призначена для освоєння, поточного, капітального ремонту та буріння свердловин, виконує операції:

- розбурювання цементних пробок в трубах діаметром 146 - 168 (5-6 ")
- спуск і підйом насосно-компресорних і бурильних труб
- промивка свердловин
- установки експлуатаційного обладнання на гирлі свердловин
- проведення ремонтних робіт і робіт з ліквідації аварій
- проведення бурових робіт.



Рисунок 1.1 – Установка підйомна АК-60 в загальному вигляді

Установка УПА-60А призначена для роботи за умов помірного та холодного (І2) макрокліматичних районів по ГОСТ 16350-80. Кліматичне

					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		6

виконання - "У" при температурі навколишнього повітря від -45°C до + 40°C. Категорія виробу - 1 за ДСТ 15150-69. Всі механізми установки, за винятком промивного насоса монтуються на шасі автомобіля КрАЗ-65101 або КрАЗ-65053-02 (далі КрАЗ). В якості приводу використовується ходовий двигун автомобіля. Промивний насос змонтований на двухосном автопричепі. Умови експлуатації установки:

- висота фланця експлуатаційної колони від поверхні землі повинна бути не більше 0,5 м;

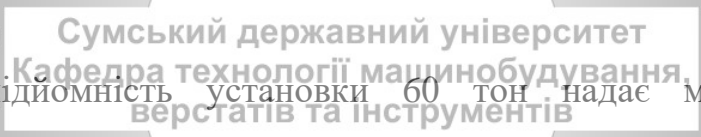
- майданчик навколо свердловини повинна бути забетонowana або укріплена будь-яким іншим способом на площі, достатньою для розміщення всіх установок, що працюють при освоєнні або підземному ремонті свердловин. Якоря для зміцнення відтяжок щогли повинні бути задалегідь забетоновані і випробувані зусиллям 6,5 т.

Робота установки, як правило, повинна проводитися на четвертій (прямий) передачі коробки передач автомобіля для КрАЗ-65101 і на сьомий - для КрАЗ-65053-02.

Вантажопідйомність установки 60 тон надає можливості ліквідації аварійних ситуацій під час ремонту свердловин, без використання аналогічних установок, що мають більшу потужність. Установка спроектована для роботи в районах з помірним і холодним кліматом (робоча температура до -45° С, температура зберігання до -55° С).

Установка АК-60 має ряд конструктивних і експлуатаційних переваг:

- можливість роботи як з горизонтальною укладанням труб на містки (при цьому для навантажень до 60 тон відтяжок на ґрунт не потрібно), так і з вертикальною установкою труб довжиною до 10 м (з відтяжками на ґрунт);
- діапазон вантажопідйомності до 80 тон (для ліквідації аварійних ситуацій);
- підвісна робочий майданчик зі змінною висотою установки від 0,9 до 2,5 м;
- обладнання установки розміщено на шасі автомобіля КрАЗ-63221-01 з двигуном ЯМЗ-238Д потужністю 300 кВт і моторесурс 10000 ч. Шасі комплектується 8-швидкісною коробкою передач, має три провідних моста і



					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		
					7	

шини вантажні ВД 370 вантажопідйомністю 5 т;

- вишка моноблочної конструкції, виконана з сталей, призначених для роботи при низьких температурах;
- передбачено шість гідравлічних опорних ніг;
- установка оснащена обмежувачами підйому талевого блоку і вантажопідйомності, системою аварійної зупинки двигуна;
- допоміжна лебідка з гідроприводом має зусилля 2 тони;
- робоче місце оператора лебідки розташоване в обігривається кабіні;
- освітлення виконано у вибухонебезпечному виконанні;
- надійність роботи гідросистеми підвищена за рахунок використання гідророзподільників для будівельно-дорожніх машин.

#### Технічні характеристики

Вантажопідйомність, т

номінальна 60

короткочасна (при ліквідації аварій) 80

Висота щогли від землі до осі кронблока, м 20

Швидкість підйому, м / с

мінімальна 0,21

максимальна 1,60

Потужність приводу лебідки, кВт 165,4

Діаметр прохідного отвору ротора, мм 165

Прохідний отвір столу бурового ротора, мм 360

Відстань від осі опорних ніг до осі свердловини, мм 1200

Висота установки балкона (від рівня землі), м 9

Висота установки робочого майданчика, м 0,9-2,5

Потужність ротора з гідроприводом, кВт 80

Швидкість пересування установки, км / год 30

Габаритні розміри в транспортуються положенні, м 16,5 x 3,2 x 4,5

Загальна маса установки в зборі, т 39,0

Базовий варіант:

					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



1. Установка в зборі з балконом для верхового робітника і робочою площадкою.

2. Підвісна гідравлічний ключ КПР-1.

3. Спайдер С-80 з пневматичним управлінням.

4. Пристрій евакуації верхового робітника.

5. Комплект інструменту, змінних і запасних частин.

З додатковим обладнанням:

- ротор бурової Р-360 з гідроприводом для складних бурових робіт;
- вертлюги буровій і промивний;
- провідна бурильна труба;
- рукав бурової;
- штропах, елеватори, ключі;
- інструментальна візок на шасі причепа МАЗ-8926 (в / п 7т);
- пристрій запуску двигуна від електромережі при низьких температурах.

1.2 Аналіз службового призначення вузла

«Редуктор роздавальний» (див рис.1.2) забезпечує передачу потужності від основного автомобільного двигуна на ланцюгові редуктори лебідки.

Шліцевої вал 15 обертається на одному радіальному 11 і двох конічних роликотідшипників 9, між його опорами насаджена мала конічна шестерня 10. На консольних кінцях вала, на шліцах, встановлений шків 13 для приєднання карданної передачі і приводу компресорної установки, а також шестерня 24, що знаходиться в зачепленні з двома з шестернями 4 приводу насос-моторів 26. Шестерні встановлені на підшипниках 3 на шліцевих втулках 1, укріплених на шліцевих валах насос-моторів. На шліцевих втулках знаходяться також зубчасті муфти 6 включення насосів, які переміщуються за допомогою гальмівних камер 30. Ведений вал 20 встановлений на двох конічних роликотідшипників 22. На його кінцях закріплені з одного боку велика конічна шестерня 16, що знаходиться в зачепленні з малою конічною шестернею, з іншого

										Арк.
										9
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

ТМ 16510006 ПЗ

боку - фланець 19 для приєднання карданної передачі. Роз'ємний корпус редуктора складається з корпусу 25 і кришки 29, відлитих зі сталі і з'єднуються болтами. У кришці є оглядовий люк, що закривається кришкою з сапуном і щупом. Корпус має зливний отвір, закрите різьбовий пробкою. Вихідні з корпусу редуктора вали ущільнені гумовими манжетами та повстяними ущільнювачами. Регулювання зачеплення конічних шестерень проводиться за допомогою металевих регулювальних прокладок.

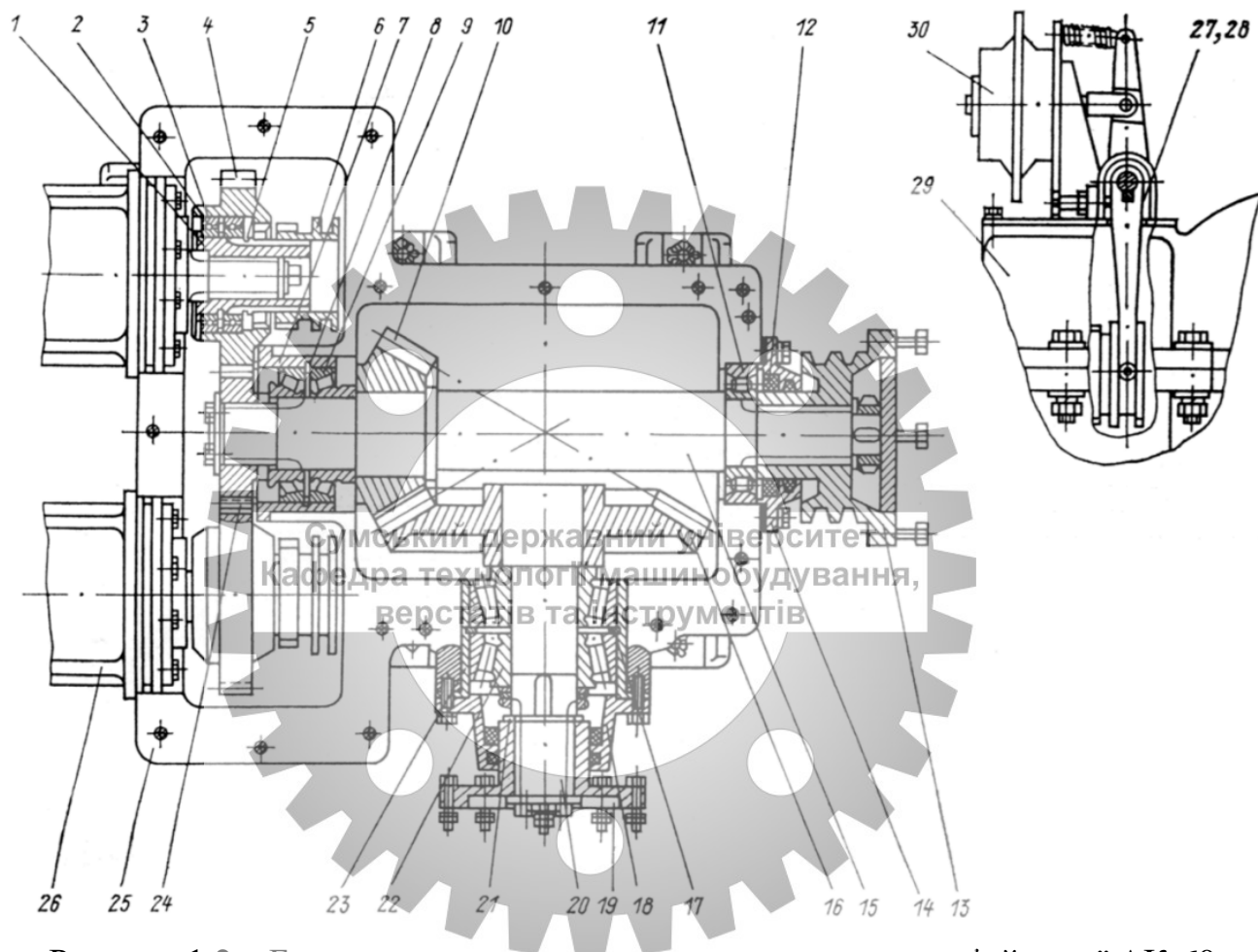


Рисунок 1.2 – Будова редуктора роздавального установи підйомної АК-60:

- 1 - вал втулка; 2,5,8,17,21 - кільце; 3,9,11,22 - підшипник; 4 - шестерня-муфта;  
 6 - муфта зубчата; 7,23 - склянка; 10,16,24 - шестерня; 12 - манжета; 13 - шків;  
 14 - кришка підшипника; 15,20 - вал; 18 - кришка; 19 - фланець; 25 - корпус;  
 26 - мотор-насос; 27 - сухар; 28 - вилка; 29 - кришка корпусу;  
 30 - камера гальмівна.

						ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			10

### 1.3 Аналіз службового призначення деталі

Досліджувана деталь «Вал» АК-60.02.00.061, що входить до складу складальної одиниці «Редуктор роздавальний», є проміжним елементом всього вузла (див. рис. 1.3).

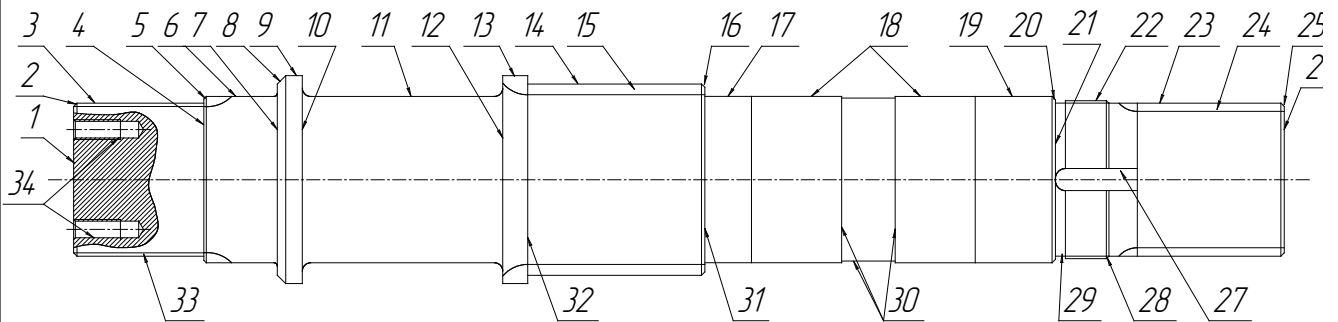


Рисунок 1.3 – Ескіз деталі.

Даний вал призначено для передачі крутного моменту, від вузла відбору потужності двигуна автомобіля до ланцюгових редукторів лебідки та для підтримки обертаючихся частин редуктора, які розміщено на ньому. Для встановлення валу у виробі використовуються поверхні 7, 6, 18, які виконують функції основних конструкторських баз.

Дві поверхні, 6 та 18 разом формують подвійну направляючу базу та забезпечують позбавлення деталі чотирьох ступенів волі (двох лінійних рухів уздовж осей Y і Z та двох обертальних рухів навколо осей Y і Z). Торцева поверхня 7 формує опорну базу і забезпечує позбавлення деталі однієї ступені волі (переміщення по осі X).

Інші поверхні можуть бути класифіковані наступним чином:

- поверхні 32, 14 та 15 – є допоміжними конструкторськими базами. Вони призначені для базування конічного зубчатого колеса.
- поверхні 3, 33 – є допоміжними конструкторськими базами. Вони призначені для базування фланця.
- поверхня 17 – це допоміжна конструкторська база. Вона призначена для базування втулки.
- поверхня 19 – це допоміжна конструкторська база. Вона призначена для

базування втулки.

- поверхня 22 – це допоміжна конструкторська база. Вона призначена для базування гайки.

- поверхня 27 – це допоміжна конструкторська база. Забезпечує фіксацію гайки.

- поверхня 34 – це допоміжна конструкторська база. Вона призначена для закріплення фланця.

Всі інші поверхні деталі не виконують службової функції та є вільними.



					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		12

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ

### ДЕТАЛІ

Характеристика конструкційного матеріалу.

Для виготовлення валу конструктором обрано сталь 40ХФА ДСТ 4543–71. Це вуглецева високоякісна конструкційна низьколегована хромомванадієва сталь. Ця сталь призначена для виготовлення: шліцьових валів, штоків, установчих гвинтів, траверс та інших деталей, що повинні працювати за температури до 400°C (в покращеному стані); черв'ячних валів та інших деталей з підвищеною зносостійкістю (після гартування та низького відпуску). Відомості про сталь 40ХФА наведемо за [1]. Хімічний склад сталі 40ХФА наведено в табл. 2.1. Механічні властивості сталі наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Сталь 40ХФА, хімічний склад

C	Cr	V	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
0,37-0,44	0,8-1,1	0,1-0,18	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,025		до 0,30	

Таблиця 2.2 – Сталь 40ХФА, механічні властивості.

Перетин, мм	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$K_{cu}$ , Дж/см <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	HB
100-300	685	540	49,0	13,0	40,0	223-262

Розглянемо основні технологічні властивості цієї сталі:

- температура кування: початок 1250°C; закінчення 860-800°C;
- оброблюваність різанням: після гартування та відпуску має: для твердого сплаву  $K_v=0,75$ , для швидкоріжучої сталі:  $K_v=0,65$ .
- зварюваність: важкозварювана;
- флокеночутлива;
- схильна до відпускнуї крихкості.

Данна сталь має доволі високу вартість, так як вона є високоякісною та

легована хромом і ванадієм. Але, таке рішення конструктора є обґрунтованим, так як передбачається, що деталь буде експлуатуватися в важких умовах.

### Точність розмірів

Виконаємо аналіз розмірів деталі та призначених допусків на відповідність стандартам. Для зручності всі розміри зведено в табл. 2.3. Якщо для розміру граничні відхилення не вказано, то, відповідно до технічних вимог, що задано на кресленні, приймаємо допуски для поверхонь типу «отвір» – Н14, типу «вал» – h14, всіх інших – за класом точності «середній» відповідно до СТ СЕВ 302-76.

Таблиця 2.3 – Зведені дані про розміри деталі та їх точність, в мм.

Розмір на кресленні	Розмір з граничними відхиленнями	Розмір на кресленні	Розмір з граничними відхиленнями	Розмір на кресленні	Розмір з граничними відхиленнями
Ø100js6	Ø100±0,011	M12-7H	Ø12 <sup>+0,125</sup>	M95×2-6g	Ø95 <sub>-0,28</sub>
15	15±0,2	210	210±0,5	Ø100h14	Ø100 <sub>-0,87</sub>
28	28±0,2	520	520±0,8	Ø125h14	Ø125 <sub>-1,00</sub>
32	32±0,3	340	340±0,8	12h8	12 <sub>-0,027</sub>
Ø92h14	Ø92 <sup>-0,072</sup> <sub>-*0,126</sub>	Ø100e8	Ø100 <sup>-0,072</sup> <sub>-*0,126</sub>	Ø98h14	Ø98 <sub>-0,87</sub>
Ø97,7H14	Ø97,7 <sub>-0,87</sub>	12H14	12 <sup>+0,43</sup>	155	155±0,5
Ø115e8	Ø115 <sup>-0,072</sup> <sub>-*0,126</sub>	89,5	89,5±0,3	172	172±0,5
44	44±0,3	982	982±0,8	8h8	8 <sub>-0,027</sub>
96	96±0,3	Ø92h14	Ø92 <sub>-0,87</sub>	4h14	4 <sub>-0,3</sub>
Ø77,1h14	Ø77 <sub>-0,74</sub>	39	39±0,3	Ø115js6	Ø115±0,011
Ø92js6	Ø92±0,011	48	48±0,3	204	204±0,5
Ø100js6	Ø100±0,011	6h14	6 <sub>-0,3</sub>		

Для наведених в таблиці 2.3 розмірів числові значення заданих допусків в цілому відповідають допускам, що встановлено ГОСТ 25346-82 та СТ СЕВ 302-

									Арк.
									14
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	ТМ 16510006 ПЗ				

76.

Виконаємо перевірку відповідності та правильність розмірів із заданим відхиленнями стандартним значенням по ДСТУ ISO 286-1-2002.

Розглянемо розмір 600,5. Для нього призначено симетричне поле допуску з відхиленнями  $\pm 0,50$  мм. Таке значення не відповідає стандартному. Для якості IT14 поле допуску js має відхилення  $\pm 0,37$  мм, відповідно до ДСТУ ISO 286-1-2002.

Виконаємо перевірку правильності призначення точності розмірів.

Розглянемо поверхню з розміром  $\varnothing 100js6$ . Вона призначена для встановлення опорних підшипників. Задане для них поле допуску js6 є одним з рекомендованих для застосування при встановленні підшипників кочення відповідно до ДСТ 3325-85. Задана ступінь точності є обґрунтованою.

Розглянемо поверхню з розміром  $\varnothing 100e8$ . Вона призначена для встановлення опорних підшипників. Для цього розміру задано допуску e8, яке не є рекомендованим для встановлення підшипників кочення відповідно до ДСТ 3325-85. Призначаючи таке поле допуску, конструктор передбачає створення шпарини в посадці підшипника на вал, що забезпечить можливість регулювання його осевого положення гайкою. Таким чином, робимо висновок, що вимогу точності призначено обґрунтовано.

Обрані для шліцьових ділянок валу поля допусків відносяться до переважуючих відповідно до ДСТ 1139-80. Таким чином, задана точність цих ділянок є обґрунтованою.

Розглянемо призначені вимоги щодо точності форми та взаємного розташування поверхонь

Допустимі величини похибок точність геометричної форми поверхонь конструктором на кресленні не задано. Це означає, що величина допуску форми обмежується допуском на відповідний розмір поверхні. Розглядувана деталь «Вал» належить до групи тіл обертання. Для таких деталей найбільш важливими є допуски циліндричності та круглості. Відповідно до [2,с.24], для деталей «Тіло обертання» величину допуску форми приймається у розмірі 30% від допуску на

									Арк.
									15
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

діаметр відповідної ділянки вала. Для тих поверхонь, які призначені для встановлення підшипників, допуск відхилення від точності геометричної форми поверхні не повинно перевищувати 25% від допуску на розмір [2, с.24].

Конструктором задано допуски торцевого і радіального биття.

Для двох торців поверхонь  $\varnothing 125$  мм задано допуск торцевого биття, величина якого складає 25 мкм. Ця величина співпадає з табличним значенням для сьомого ступеню точності по ДСТ 24643-81.

Похибка радіального биття конструктором обмежена для наступних поверхонь:  $\varnothing 100js6$ ;  $\varnothing 92e8$ ;  $\varnothing 100e8$  і  $\varnothing 115e8$ . Її величина встановлена на рівні 0,04 мм. Що повністю відповідає ступеню точності 7 відповідно до ДСТ 24643-81.

Таку ступінь точність призначено обґрунтовано, так як ці поверхні є основними і допоміжними конструкторськими базами, а від їх точності залежить робота як окремих деталей, так і складальної одиниці в цілому.

Ступінь шорсткості.

Призначені вимоги щодо шорсткості поверхонь є обґрунтованими, відповідно до їх службового призначення та заданої точності поверхонь.

Шорсткість поверхонь відповідає мінімальним вимогам залежно від допуску на розмір по [3, табл. 6.9].

Представлене креслення деталі «Вал» виконано з дотриманням вимог стандартів ЕСКД, має достатню кількість видів, розрізів та перетинів, що дозволяє отримати уявлення про особливості конструкції деталі. Всі наявні поверхні мають проставлені розміри, для них задані вимоги по точності та шорсткості, вказано марку матеріалу та вимоги щодо рівня механічних властивостей. Розміри проставлено правильно та зручно для зчитування.

					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		16



### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Визначимо тип виробництва заданої деталі відповідно до методики [4], встановленої ГОСТ 14.004-83, яка передбачає розрахунок коефіцієнта закріплення операцій –  $K_{3.0}$ .

Вихідною інформацією для розрахунку є запланована програма випуску виробів на рік, яку встановлено в кількості  $N_p=600$  шт. і норми штучного часу за операціями відповідно до заводського технологічного процесу.

Критерій для визначення типу виробництва  $K_{3.0}$ . (коефіцієнт закріплення операцій) характеризує співвідношення кількості виконуваних технологічних операцій до кількості задіяних робочих місць. Для цього використовується формула [4]:

$$K_{3.0} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.1)$$

де  $\sum O$  – загальна кількість технологічних операцій;

$\sum P$  – кількість задіяних робочих місць.

Норму штучно-калькуляційного часу отримуємо з технологічної документації по базовому технологічному процесу і отримані значення заносимо до табл. 3.1.

Виконуємо розрахунок задіяної кількості верстатів по кожній операції, користуючись формулою [4]:

$$m_p = \frac{N_{год} \cdot T_{ш-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.ср.}}, \quad (3.2)$$

де  $F_d = 4015$  – норматив дійсного річного фонду часу роботи обладнання при двозмінному режимі [2];

$\eta_{з.н.ср.} = 0,77$  - середній нормативний коефіцієнт завантаження обладнання [4].

Для операції №005 «Розточна» розрахункова кількість верстатів рівна: [4]

$$m_p = \frac{600 \cdot 6,71}{60 \cdot 4015 \cdot 0,77} = 0,0217 \text{ шт.}$$

									Арк.
									17
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

Число робочих місць  $P$  знаходимо шляхом округлення до найближчого більшого цілого числа отриманого значення  $m_p$ :  $P=1$ . Результатами розрахунків для інших механічних операцій представимо в таблиці. 3.1.

Таблиця 3.1 - Визначення типу виробництва

Номер з/п	Найменування операції	$T_{ш-к}$ , хв	$m_p$ , шт.	$P$ , шт.	$\eta_{з.ф.}$	$O$ , шт.
1	Розточна	6,71	0,0217	1,0	0,0217	35,48
2	Токарна	15,42	0,0499	1,0	0,0499	15,43
3	Токарна	17,29	0,0559	1,0	0,0559	13,77
4	Токарна	9,91	0,0321	1,0	0,0321	23,99
5	Свердлувальна	7,13	0,0231	1,0	0,0231	33,33
6	Розточна	5,38	0,0174	1,0	0,0174	44,25
7	Шліфувальна	15,87	0,0513	1,0	0,0513	15,01
8	Токарна	12,67	0,0410	1,0	0,0410	18,78
9	Шліцефрезерна	21,11	0,0683	1,0	0,0683	11,27
10	Шліфувальна	16,38	0,0530	1,0	0,0530	14,53
	Всього	127,87	–	10	–	225,84

Визначаємо дійсний коефіцієнт завантаження робочого обладнання. Його розрахунок виконуємо на прикладі операції №005 «Розточна» за формулою [4]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,0217}{1} = 0,0217. \quad (3.3)$$

Отриманий результат розрахунку для всіх інших операцій механічної обробки наведено в табл. 3.1.

Визначаємо розрахункове число механічних операцій, закріплених за одним робочим місцем за формулою [4]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.ср.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,77}{0,0217} = 35,48. \quad (3.4)$$



продуктивності однономенклатурної потокової лінії за умови її завантаження на 60% [4]. Таким чином, робимо висновок, що її застосування є недоцільним. З огляду на це, приймаємо рішення про застосування групової форми організації виробництва.

### Визначення такту випуску

Розраховуємо такт випуску заданих деталей з використанням формули [4]:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_{\text{доб}}}{N_{\text{доб}}} = \frac{60 \cdot 4015}{600} = 401,5, \text{ хв} \quad (3.11)$$

Визначаємо партію запуску деталей за формулою, шт:

$$N_{\text{пар}} = N_{\text{доб}} \cdot a = 2,35 \cdot 7 = 16,45, \quad (3.12)$$

де  $a$  - періодичність запуску деталей у виготовлення,  $a=22$  (один раз в місяць) [4].

Величину партії запуску деталей приймаємо в розмірі 17 шт.

### Характеристика вибраного типу виробництва

Дрібносерійне виробництво характеризується виготовленням деталей великої номенклатури на робочих місцях, які не мають певної спеціалізації. Це виробництво має бути достатньо гнучким і пристосованим до виконання різних виробничих замовлень [4].

Серійне виробництво характеризується виготовленням обмеженої номенклатури деталей партіями, що повторюються через певні проміжки часу. Це дозволяє використовувати поряд з універсальним спеціальне обладнання. При проектуванні технологічних процесів передбачають порядок виконання і оснащення кожної операції [4].

Для організації серійного виробництва характерні такі риси. Цехи, як правило, мають у своєму складі предметнозамкнуті ділянки, обладнання на яких розставляються по ходу типового технологічного процесу. В результаті виникають порівняно прості зв'язки між робочими місцями і створюються передумови для організації прямого переміщення деталей в процесі їх

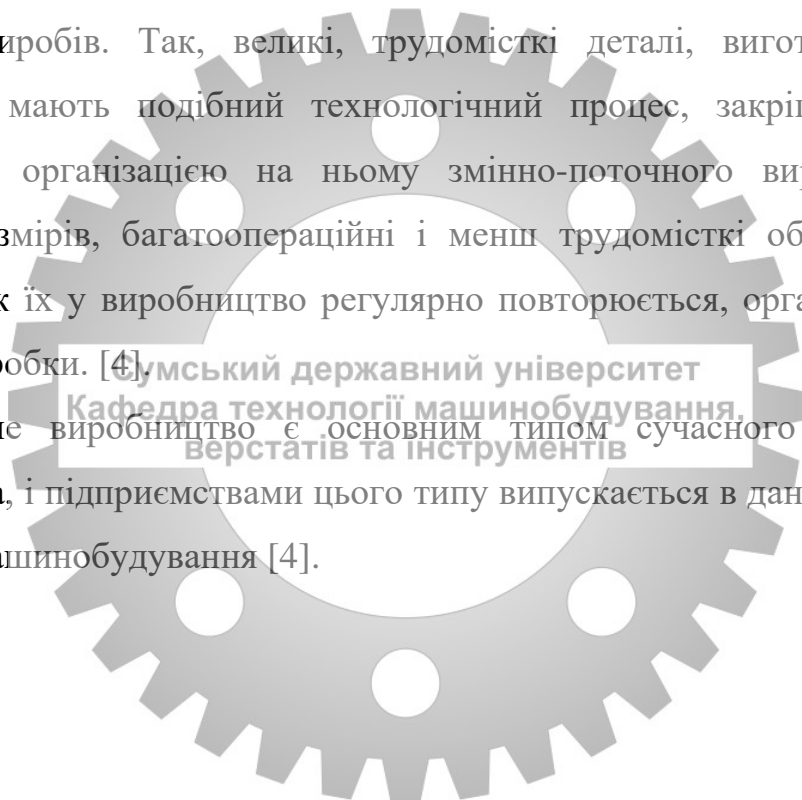
									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

виготовлення [4].

Предметна спеціалізація ділянок робить доцільною обробку партії деталей паралельно на декількох верстатах, що виконують наступні один за одним операції. Як тільки на попередній операції закінчується обробка декількох перших деталей, вони передаються на наступну операцію до закінчення обробки всієї партії. Таким чином, в умовах серійного виробництва стає можливою паралельно-послідовна організація виробничого процесу. Це його відмітна особливість [4].

Застосування тієї чи іншої форми організації в умовах серійного виробництва залежить від трудомісткості і обсягу випуску закріплених за ділянкою виробів. Так, великі, трудомісткі деталі, виготовлені у великій кількості і мають подібний технологічний процес, закріплюють за одним ділянкою з організацією на ньому змінно-поточного виробництва. Деталі середніх розмірів, багатоопераційні і менш трудомісткі об'єднують в партії. Якщо запуск їх у виробництво регулярно повторюється, організуються ділянки групової обробки. [4]

Серійне виробництво є основним типом сучасного машинобудівного виробництва, і підприємствами цього типу випускається в даний час 75-80% всієї продукції машинобудування [4].





Зменшити обсяги механічної обробки можна при виборі рціонального способу отримання заготовки.

Конструкція деталі дозволяє застосування високопродуктивних методів обробки, не накладає жодних обмежень на використання універсального, спеціалізованого верстатного обладнання з ЧПК, автоматичного та напівавтоматичного обладнання, широкого застосування засобів автоматизації та механізації технологічного процесу.



					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

За умов дрібносерійного виробництва в якості початкових заготовок для виготовлення деталей типу «Вал» застосовуються або прокат або поковки штамповані. Доцільність використання певного типу вихідної заготовки необхідно визначати за допомогою розрахунку техніко-економічних показників. Виконаємо порівняння двох вказаних типів заготовки.

### 5.1 Розрахунок штампованої заготовки

Для поковки штампованої розробляємо ескіз, який наведено на рис. 5.1.

1. Використовуване обладнання – молот штампувальний.
2. Маса поковки (орієнтовно) визначаємо за додатком 3:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} K_p = 60,40 \times 1,5 = 90,60 \text{ (кг)} \quad (5.1)$$

де  $K_p = 1,5$ , – коефіцієнт, [5] дод. 3, табл. 2.

$M_{\text{д}} = 60,4 \text{ кг}$  – маса деталі.

3. Група сталі – М2, [5] табл. 1.
4. Клас точності заданої деталі «Вал» визначаємо за допомогою дод. 1 [5]: Т2.
5. Ступінь складності – С1. Наша заготовка вписується в геометричну фігура циліндр з розмірами  $\varnothing 131,25 \text{ мм} \times 1031,1 \text{ мм}$ .

Маса описаної навколо поковки фігури – 103,60 кг

$$\frac{G_n}{G_{\phi}} = \frac{90,60}{103,60} = 0,875 \quad (5.2)$$

6. Геометрична форма поверхні роз'єму штампу – плоска.
7. Обираємо вихідний індекс – 12 (таб.2, [5]).

Розрахункові дані занесені в табл.5.1.

Виконаємо розрахунок маси поковки, як добуток щільності сталі  $7856 \text{ кг/м}^3$  на суму об'ємів всіх циліндричних ділянок, кг:

										Арк.
										24
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						



Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 16510006 ПЗ



Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

$$m = 7800 \cdot \frac{\pi}{4} \left( 0,107^2 \cdot 0,123 + 2 \cdot 0,13^2 \cdot 0,0183 + 0,103^2 \cdot 0,3436 + \right. \\ \left. + 0,121^2 \cdot 0,1064 + 0,107^2 \cdot 0,415 \right) = 70,81$$

Таблиця 5.1 – Розрахунки проектних розмірів заготовки.

Номинальний розмір	Величина припуску табл.3	Величина допуску Табл. 8	Зсув по верхні роз'єму штамп	Відхилення від площинності, прямолінійності	Розрахунковий розмір
Ø100/Ra12.5	1,50	+1,4 -1,1	0,40	0,20	Ø107
Ø125/Ra12.5	1,50	+1,6 -0,9	0,40	0,20	Ø130
15/ Ra 1.6	1,60	+1,3	-	0,20	18,3
15/Ra 12.5	1,30	-0,7	-		
106/Ra 3.2	1,80	+1,6	-	0,20	106,4
106/Ra 12.5	1,50	-0,9	-		
Ø115/Ra 0.8	2,20	+1,6 -0,9	0,40	0,20	Ø121
122/Ra 1.6	2,00	+1,6	-	0,20	122
122/Ra 12.5	1,50	-0,9	-		
Ø100/Ra 0.8	2,00	+1,4 -0,8	0,40	0,20	Ø107
340/Ra3.2	2,30	+2,1 -1,1	-	0,40	343,6
982/Ra 12.5	2,00	+2,7 -1,3	-	0,60	988

Виконуємо розрахунок вартості заготовки за формулою:

$$S_{з.д.} = M_з \cdot S_з \cdot (1 + a_{тз}/100) - (M_з - M_д) \cdot S_{від} \quad (5.3)$$

де  $M_з = 70,81$  кг – розрахункова маса спроектованої заготовки;

$M_д = 60,4$  кг – маса заданої деталі;

$S_з = 40$  грн – нормативна вартість заготовки за 1 кг;

$a_{тз} = 7\%$  – накладні витрати на транспортування;

$S_{від} = 3,5$  грн – вартість за один кілограм відходів металообробки.

$$S_{з.д.} = 70,84 \cdot 40 \cdot (1 + 7/100) - (70,84 - 60,4) \cdot 3,5 = 3001,70 \text{ грн.}$$

									Арк.
									26
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

## 5.2 Розрахунок заготовки з прокату

Для порівняння визначимо вартість заготовки, отриманої з сортового прокату. Як заготовка приймаємо прокат гарячекатаний круглий звичайної точності 130 мм по ГОСТ 2590–71. Довжину прутка приймемо рівною 995 мм. Маса заготовки з прокату:

$$M_3 = 7856 \cdot \frac{\pi}{4} (0,13^2 \cdot 0,995) = 103,75 \quad (5.4)$$

Вартість заготовки, як і в попередньому випадку, визначаємо за формулою (5.3). Вартість заготовки приймаємо:  $S_3 = 29,0$  грн за 1 кг.

$$S_{г.д.} = 103,75 \cdot 29,0 \cdot (1 + 7/100) - (103,75 \cdot 60,4) \cdot 3,5 = 3066,12 \text{ (грн)}.$$

Розрахункові дані свідчать, що економічно більш доцільним є використання поковки штампованої.



									Арк.
									27
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розробка структури операції

#### Операція №010 «Токарна з ЧПК»

Розглянемо структуру операції №010 «Токарна з ЧПК», ескіз якої представлено на рисунку 6.1.

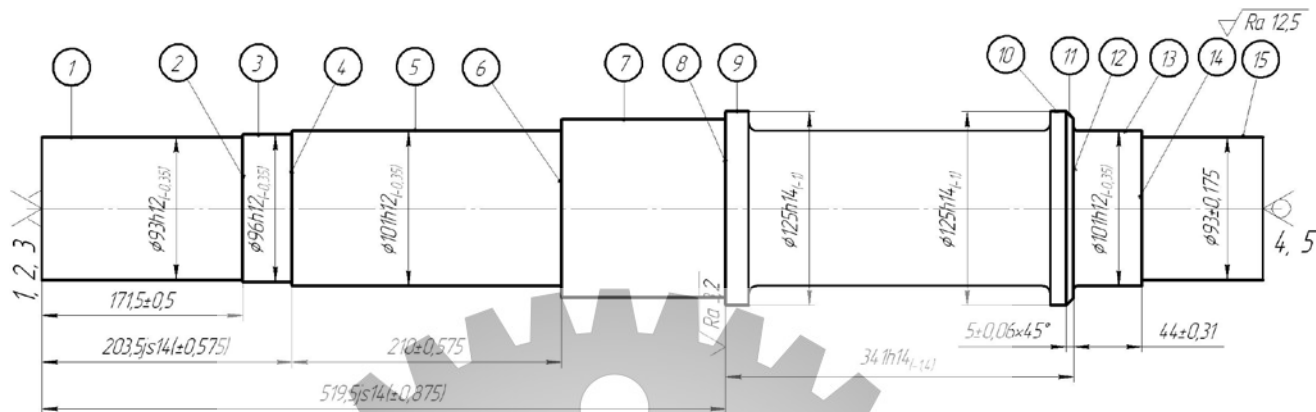


Рисунок 6.1 – Операційний ескіз №010 «Токарна з ЧПК».

Операція складається з наступних переходів:

1. Встановити, закріпити, зняти заготовку;
2. Обточити циліндричну поверхню 1 витримавши  $\phi 93h12$  з підрізанням торцю 2 витримавши 171,5js14 відповідно до ескізу;
3. Обточити циліндричну поверхню 3 витримавши  $\phi 96h12$  з підрізанням торцю 4 витримавши 203,5js14 відповідно до ескізу;
4. Обточити циліндричну поверхню 5 витримавши  $\phi 101h12$  з підрізанням торцю 6 витримавши 210js14 відповідно до ескізу;
5. Обточити циліндричну поверхню 7 витримавши  $\phi 116h12$  з підрізанням торця 8 витримавши 519,5js14 відповідно до ескізу;
6. Підрізати торець фланця 9 витримавши 125h14 остаточно відповідно до ескізу;
7. Обточити циліндричну поверхню 15 витримавши  $\phi 93h12$  з підрізанням торцю 14 витримавши 44js14 відповідно до ескізу;
8. Обточити циліндричну поверхню 13 витримавши  $\phi 101h12$  з підрізуванням торця 12 витримавши 34h14 відповідно до ескізу;

					TM 16510006 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		28

9. Проточити торець фланця 10 витримавши 125h14 остаточно та зняти фаску 10 витримавши  $5 \times 45^\circ$  відповідно до ескізу.

Для оброблених циліндричних поверхонь фланців параметри якості та точності сформовано остаточно. Для інших поверхонь залишається припуск для подальшої механічної обробки.

### Операція №035 «Вертикально-фрезерна»

Розглянемо структуру операції №035 «Вертикально-фрезерна», ескіз якої представлено на рисунку 6.2.

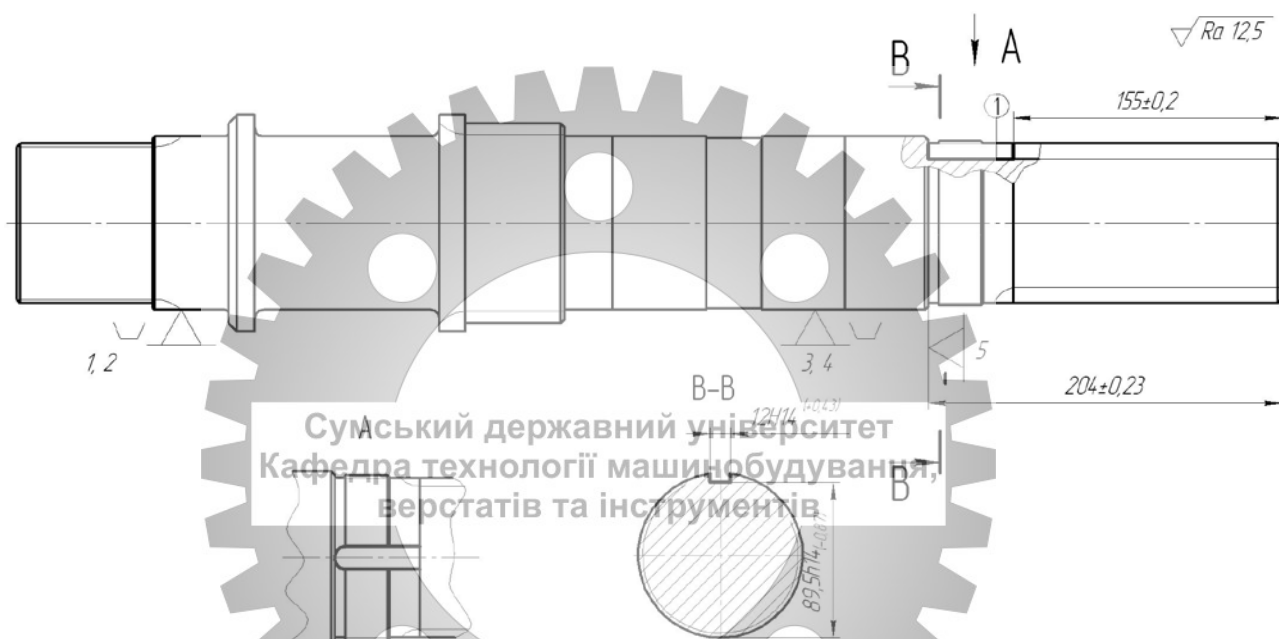


Рисунок 6.2 – Операційний ескіз №035 «Вертикально-фрезерна».

Операція складається з наступних переходів:

1. Встановити, закріпити, зняти заготовку;
2. Виконати фрезерування пазу 1, в розмір 12H14, на довжину 89,5h14, відповідно до ескіза.

### 6.2 Розрахунок припусків на механічну обробку поверхонь

Вихідні дані

Розрахунок операційних припусків на обробку деталі ведемо розрахунково-аналітичним способом для зовнішньої циліндрової поверхні

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

Ø100js6. Техпроцес мехобробки та його параметри точності та якості наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Послідовність обробки Ø100js6.

Найменування опер.	Квалітет точності обробки	Допуск на розмір, мкм	Глибина дефектного шару, мкм	Шорсткість поверхні Rz, мкм,
Заготовка	IT16	+1600 -600	200	160
Чорнове обточування	IT12	- 350	50,0	50
Чистове обточування	IT10	- 140	30,0	30
Чистове шліфування	IT6	+11	15,0	5

Вибір величин просторових відхилень форми.  
Для заготовок штампувань (зовнішня поверхня)

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} \quad (6.1)$$

де  $\rho_{\text{см}} = 2100$  мкм – допустима похибка зсуву напівштампів;

$\rho_{\text{кор}} = 190$  мкм – величина короблення заготовки.

Тоді

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{2100^2 + 190^2} = 2208,6 \text{ мкм}$$

На наступних переходах  $\rho_i = \rho_{\text{заг}} \cdot k_y$ , де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення:

чорнове обточування –  $k_{\text{чорн}} = 0,06$ ;

чистове обточування  $k_{\text{чист}} = 0,04$ ;

шліфування –  $k_{\text{шліф}} = 0,03$

$$\rho_{\text{ч}} = 2208,6 \times 0,06 = 132 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{чис}} = 132 \times 0,04 = 5 \text{ мкм}$$

Розрахунок припусків

Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів виконується на ЕОМ за

										Арк.
										30
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

допомогою програми «prgr.exe». Дані розрахунку наводяться в додатку А.

На рисунку 6.3 наводимо схему розташування полів допусків та припусків для розрахованого розміру циліндричної поверхні.

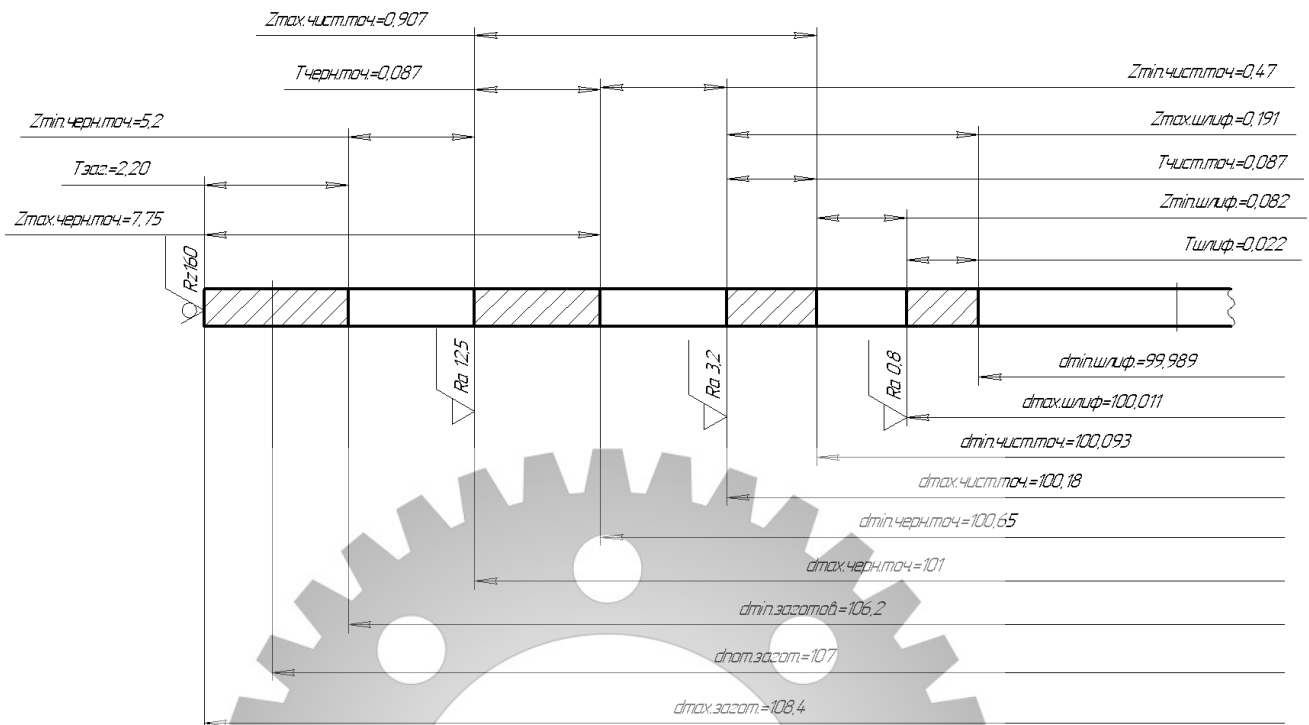


Рисунок 6.3 – Схема розташування припусків і допусків на розмір 100js6(±0,011)

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

### 6.3 Вибір і обґрунтування схем базування і закріплення

#### Операція №010 «Токарна з ЧПК»

Обрана схема базування та закріплення заготовки на технологічній операції повинна чітко та однозначно визначати положення заготовки при обробці на верстаті відносно елементів верстата, пристосування та металоріжучого інструмента. Така схема базування повинна бути простою в реалізації, зручною в використанні та забезпечувати доступ до всіх запланованих до обробки поверхонь

Для операції 010 «Токарна з ЧПК» пропонується виконувати базування заготовки в центрах. Зліва заготовка встановлюється в плаваючий рифлений центр з упором в торець, справа в жорсткому центрі. Запропонована схема базування наведена на рисунку 6.4.

Запропонована схема базування забезпечує позбавлення заготовки п'яти

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

ступенів волі (залишається обертання навколо осі заготовки, що є необхідним для виконання обробки). Вона дає вільний доступ металоріжучому інструменту до всіх запланованих до обробки поверхонь. Має похибку базування та закріплення в радіальних та осьовому напрямках, що дорівнюють нулю. Альтернативні схеми базування не мають переваг в плані менших похибок базування, а їх реалізація потребує циліндричної поверхні для передачі крутного моменту, що призводить до необхідності перевстановлювати заготовку для повної обробки її зовнішніх поверхонь.



Рисунок 6.4 – Базування заготовки на токарних і шліфувальних операціях

### Операція №035 «Вертикально-фрезерна»

Обираємо головну базову поверхню.

З переліку наявних поверхонь найбільш зручно для визначення просторового положення осі деталі використовувати дві циліндричні 6 та 19 (див. рис. 1.3)  $\varnothing 100js6$ . Ці поверхні мають високу точність обробки (IT9 на даній операції), спільно утворюють подвійну направляючу базу, що позбавляє заготовку чотирьох ступенів волі, їх використання не перекриває доступу до зони обробки (рис. 6.5).

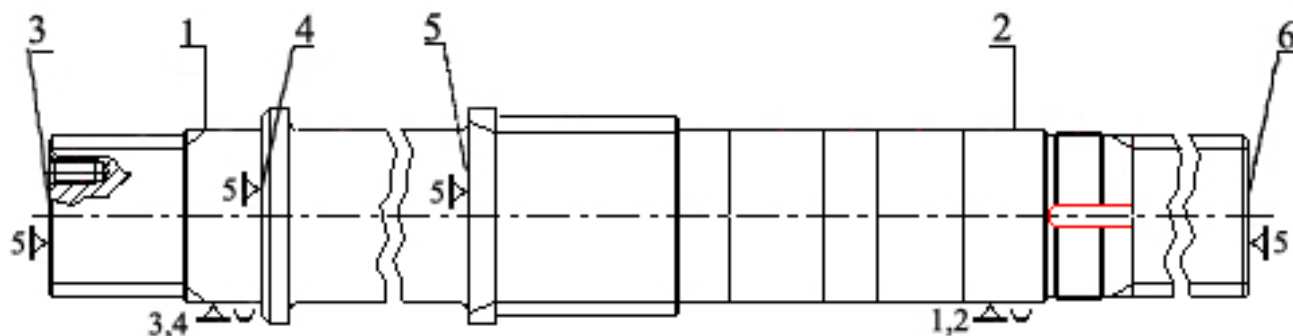


Рисунок 6.5 – Можливі варіанти для схеми базування при фрезеруванні паза.



Обираємо опорну базу. На цю роль можуть претендувати чотири поверхні. Варіанти схеми базування з використанням цих поверхонь представлено на рис. 6.5. Так як точність обробки цих поверхонь є приблизно однакова, головний чинник, що впливає на вибір – це похибка базування. Очевидно, що найменша похибка базування буде при використанні поверхні 6, так як вона найближче розташована до оброблюваного паза та має прямий розмірний зв'язок.

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатів

Призначення необхідного металоріжучого обладнання виконуємо на основі паспортних даних різних верстатів [6]. При цьому керуємося наступними критеріями: можливість реалізації необхідних технологічних методів обробки заготовки; встановлена потужність двигуна приводу головного руху; розміри робочої зони верстата; рекомендований тип виробництва.

Для комплексної токарної обробки деталі вал необхідно обрати верстат токарної групи, з можливістю нарізання різі, максимальний діаметр обробки більше 130 мм, максимальна довжина оброблюваної деталі більше 960 мм. Для дрібносерійного типу виробництва рекомендовано використовувати універсальні верстати або верстати, що оснащені системою ЧПК. Для порівняння обираємо два токарних верстати з ЧПК: 16К20Ф3 і 16К30Ф305. Вони задовольняють вказаним критеріям та мають наступні характеристики.

Верстат 16К20Ф3.

Найбільший діаметр заготовки, що може бути оброблена, мм:

над супортом - 220;

над станиною – 400.

Найбільший діаметр прутка, що встановлюється в отвір шпинделя, мм – 53.

Найбільша довжина встановлюваної заготовки, мм – 1000.

Крок метричної різі, що може нарізуватися, мм – 20.

Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв: 12,5 – 2000.

Кількість швидкостей шпинделя – 22.

Найбільше переміщення супорта, мм:

					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

поперечне – 250;

повздовжнє – 900.

Швидкість подачі супорта, мм/хв:

поперечна: 1,5 – 600;

повздовжня: 3 – 1200.

Кількість ступенів подач супорта – регулювання безступінчасте.

Кількість місць для інструменту в револьверній головці, шт. – 6;

Потужність двигуна приводу головного руху, кВт – 10.

Дискретність системи управління для переміщень, мм:

поперечних – 0,005.

повздовжніх – 0,01.

Габаритні розміри (без системи ЧПК), мм:

довжина×ширина×висота – 3360×1710×1750;

Маса – 4000 кг;

Технічна характеристика верстата 16К30Ф305.

Найбільший діаметр встановлюваної заготовки, мм:

над супортом – 320;

над станиною – 630.

Найбільша довжина встановлюваної заготовки, мм – 1400.

Найбільший діаметр прутка, що встановлюється в отвір шпинделя, мм – 71.

Крок метричної різі, що може нарізуватися, мм – до 10.

Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв: 6,3 – 1250.

Кількість швидкостей шпинделя – 24.

Швидкість подачі супорта, мм/хв:

поперечна: 1 – 600;

повздовжня: 1 – 200.

Кількість ступенів подач супорта – регулювання безступінчасте.

Потужність двигуна приводу головного руху, кВт – 22.

Дискретність системи управління для переміщень, мм::

поперечних – 0,005.

Державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

повздовжніх – 0,01.

Габаритні розміри (без системи ЧПК), мм:

довжина×ширина×висота – 4360×2925×1600

Маса, кг – 6800;

З наведених вище технічних характеристик очевидно, що на цій операції більш доцільним є використання верстату 16K20Ф3.

Для виконання обробки пазу потрібно обрати універсальний вертикально-фрезерний консольний верстат, який забезпечує роботу кінцевої або шпонкової фрези Ø12 мм. Необхідна довжина робочого стола 1000 мм, величина повздовжніх переміщень стола більше 65 мм.

Для порівняння обираємо два верстати – 6P12 і 6P11 (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Порівняння технічних характеристик двох вертикально-фрезерних верстатів.

Найменування параметру	6P11	6P12
1. Розмір робочої поверхні столу, мм	250×1000	320×1250
2. Найбільше переміщення столу, мм:		
- повздовжнє;	630	800
- поперечне;	200	240
- вертикальне.	350	410
3. Внутрішній конус шпинделя	50	50
4. Число швидкостей шпинделя	16	18
5. Частота обертання шпинделя, об/хв	50 – 1600	31,5 – 1600
6. Число подач столу	16	18
7. Подача столу, мм/хв:		
- повздовжня і поперечна;	35 – 1020	25 – 1250
- вертикальна.	14 – 390	8,3 – 416,6
8. Потужність електродвигуна, кВт	5,5	7,5
9. Габаритні розміри, мм: довжина× ширина× висота	1480×1990×2360	2305×1950×2020

										Арк.
										35
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

ТМ 16510006 ПЗ

Наведені технічні характеристики показують, що найбільш доцільно обрати верстат моделі 6P12.

#### 6.5 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучих інструментів та іншого технологічного оснащення

##### Операція №010 «Токарна з ЧПК»

Для обробки деталі на токарній операції використовуємо:

Центр рифлений (необхідно спроектувати конструкцію) ;

Цент А-1-5-НП ЧПК ГОСТ 8742-75

Люнет нерухомий розсувний Ø125 ГОСТ 5667-69.

Ріжучий інструмент на даній операції застосовуємо із змінними непереточуваними твердосплавними пластинами:

- Різець 2103-0711 T15K6 ГОСТ 20872-80;
- Різець 2103-0712 T15K6 ГОСТ 20872-80;

В умовах дрібносерійного виробництва як мірний інструмент використовується в основному універсальний (шкальний) мерительний інструмент, проте допускається і застосування спеціального мерительного інструменту (скоби, пробки шаблони). Для контролю розмірів отримуваних на даній операції вибираємо наступний мерительний інструмент:

- для контролю зовнішніх циліндрових поверхонь і лінійних розмірів вибираємо штангенциркуль ШЦ – 1 -1000 – 0,1 ГОСТ 166-89
- для контролю різьблення - кільце М95×2-6g ПР,НЕ ГОСТ 17756-72, ГОСТ 17760-72;
- для контролю шорсткості – Микрометр МК-125 ГОСТ 6507-78;
- для контролю величин галтелів і фасок – набір спеціальних шаблонів.

##### Операція №035 «Вертикально-фрезерна»

Для реалізації на даних операціях вибраної схеми базування і забезпечення надійного закріплення заготовки при обробці, необхідно спроектувати спеціальне пристосування з механізованим приводом з можливістю перенастроювання і переналадки. Для задоволення цих вимог необхідно

										Арк.
										36
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

спроєктувати спеціалізоване пристосування.

Ріжучий інструмент для фрезерних верстатів повинен задовольняти наступним вимогам: забезпеченню високих і стабільних ріжучих характеристик; задовільному формуванню і відведенню стружки; забезпеченню заданих умов по точності обробки; універсальності застосування для типових оброблюваних поверхонь різних деталей на різних моделях верстатів; швидкозмінність при переналадці на іншу оброблювану деталь або заміні затупившогося інструменту. Даним вимогам задовольняє інструмент фреза з ріжучою частиною з твердосплавного матеріалу дозволяє підвищити експлуатаційні якості інструменту, забезпечує значну економію дефіцитних ріжучих матеріалів. У зв'язку з цим для обробки на даній операції застосовуємо наступний інструмент: фреза 2235-0101 T15K6 ГОСТ 6396-78

В умовах дрібносерійного виробництва як мерительного інструмент використовується в основному універсальний (шкальний) мерительний інструмент, проте допускається і застосування спеціального мерительного інструменту (скоби, пробки і шаблони). Для контролю розмірів отримуваних на даній операції вибираємо наступний мерительний інструмент:

- для контролю зовнішніх циліндрових поверхонь і лінійних розмірів вибираємо штангенциркуль ШЦ – I -500– 0,1 ГОСТ 166 – 89;
- для контролю шорсткості – зразки шорсткості по ГОСТ 9378-75.
- для контролю глибини пазів вибираємо глибиномір 8315-0508

## 6.6 Розрахунок режимів різання

### Операція №010 «Токарна з ЧПК»

Розрахунок режимів різання виконуємо згідно методиці, викладеній в [6], для всіх токарних переходів операції.

Початкові дані:

1. Устаткування: токарно-гвинторізний верстат з ЧПК моделі 16К20Ф3.
2. Ріжучий інструмент: токарний прохідний різець для контурного точіння з механічним кріпленням трикутної непереточуваної твердосплавної пластини з

										Арк.
										37
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

кутами  $\varphi=93^\circ$ ,  $\varphi_1=27^\circ$ ,  $\gamma=5^\circ$ ,  $\alpha=5^\circ$ . Матеріал ріжучої пластини – твердий сплав Т15К6.

3. Заготовка – поковка нормальної точності Т4 з діаметрами 107, 130 мм завдовжки 988 мм.

Послідовність обробки на операціях викладена в п. 6.1.

Величини припусків визначаємо по формулах:

для лінійних розмірів

$$t = L_{заг} - L_{дет}; \quad (6.2)$$

для діаметральних розмірів

$$t = \frac{D_{заг} - D_{дет}}{2 \cdot i}, \quad (6.3)$$

де  $L_{заг}$ ,  $D_{заг}$  – довжина і діаметр до обробки, мм;

$L_{дет}$ ,  $D_{дет}$  – довжина і діаметр після обробки, мм.

Величини операційних розмірів призначаємо відповідно до виконаного розрахунку припусків.

Величину подачі призначаємо відповідно до рекомендацій [6, табл.11, стор. 266]. Прийняті значення заносимо в таблицю 6.3.

Швидкість різання визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} s^x y} K_v \quad (6.4)$$

де  $C_v$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $m$  – коефіцієнт і показники ступеня формулі швидкості різання [6, табл.17, стор. 269];

для чорнової обробки  $C_v=340$ ,  $x=0,15$ ,  $y=0,45$ ,  $m=0,2$ ;

для одноразової обробки  $C_v=420$ ,  $x=0,15$ ,  $y=0,2$ ,  $m=0,2$ ;

$T = 60$  хв - період стійкості різця [6, стор. 268];

$K_v = K_{Mv} K_{Пv} K_{Iv} K_v K_{lv}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки

$K_{Mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу заготовки на швидкість різання [6, табл.1, стор. 261];

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{935} \right)^{1,0} = 0,68 \quad (6.5)$$

										Арк.
										38
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата						

$K_{Пv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [6, табл.5, стор. 263];

для чорнової обробки  $K_{Пv}=0,9$ ;

$K_{Иv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [6, табл.6, стор. 263];

для чорнової обробки  $K_{Иv}=1$ ;

$K_v=0,7$  – поправочний коефіцієнт по головному куту в плані  $\phi$  [6, табл.18, стор. 271];

$K_{lv}$  – поправочний коефіцієнт по куту  $l$  [6, табл.18, стор. 271];

для чорнової обробки  $K_{lv}=0,91$ ;

Розраховуємо поправочний коефіцієнт:

$$K_v=K_{Mv}K_{Пv}K_{Иv}K_vK_{lv}=0,68 \cdot 0,91 \cdot 0,7 \cdot 0,91=0,39; \quad (6.6)$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (6.7)$$

Приймаємо по паспорту верстата найближче менше значення частоти обертання.

Визначаємо фактичну швидкість різання, м/хв:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.8)$$

Визначаємо тангенціальну складову сили різання по формулі [6, стор. 271]:

$$P_z=C_p t^x s^y v^n K_p \quad (6.9)$$

де  $C_p$ ,  $q$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  - коефіцієнт і показники ступеня у формулі сили різання [6, табл.41, стор. 291].  $C_p=300$ ,  $x=1$ ,  $y=0,75$ ,  $n=-0,15$ ;

$K_p=K_{Mp}K_pK_pK_p=1,18 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93=1,02$  – поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки

					ТМ 16510006 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Зм.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	
ТМ.16510006.ПЗ	
Арк.	40

Таблиця 6.2 – Результати розрахунку режимів різання на токарній обробці

№ пере-ходу	Розмір заготовки, мм	Глибина різання t, мм	Подача s, мм/об	Число проходів i	Розрахункова швидкість різання $v_{p03}$ , м/хв	Розрахункова частота обертання $n_{p03}$ , об/хв	Прийнята частота обертання $n_{пп}$ , об/хв	Прийнята швидкість різання $v_{пп}$ , м/хв	Сила різання $P_z$ , Н	Потужність N, кВт
2	107	7,00	0,5	1	59,62	177,44	175	58,80	6618,05	6,36
3	107	5,50	0,5	1	61,81	183,98	180	60,48	5177,97	5,12
4	107	3,00	0,5	1	67,70	201,49	200	67,20	2780,06	3,05
5	122	3,00	0,5	1	67,70	176,71	175	67,04	2781,04	3,05
6	130	2,50	0,2	1	86,80	212,65	210	85,72	1123,45	1,57
7	107	7,00	0,5	1	59,62	177,44	175	58,80	6618,05	6,36
8	107	3,00	0,5	1	67,70	201,49	200	67,20	2780,06	3,05
9	130	2,50	0,2	1	86,80	212,65	210	85,72	1123,45	1,57



$K_{Mp}$  – коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу заготовки на швидкість різання [6, табл.9, стор. 264];

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{935}{750} \right)^{0.75} = 1,18 \quad (6.10)$$

$K_p = 0,89$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\varphi$  [6, табл.18, стор. 271];

$K_p = 1$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\gamma$  [6, табл. 23, стор. 275];

$K_p = 1$  - поправочний коефіцієнт по куту  $\lambda$  [6, табл. 23, стор. 275];

$K_{rp} = 0,93$  - поправочний коефіцієнт по радіусу при вершині  $r$  [6, табл. 23, стор. 275];

Ефективну потужність різання визначаємо по формулі, кВт:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (6.11)$$

Проміжні і остаточні результати розрахунків заносимо в таблицю 6.2.

Максимальні значення ефективної потужності різання менше паспортної потужності електроприводу верстата  $N = 11$  кВт з урахуванням ККД передавального механізму, рівного 0,75.

Синьківський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

### Операція №035 «Вертикально-фрезерна»

На вертикально-фрезерному верстаті 6Р12 кінцевою фрезою фрезерують паз шпони шириною  $b = 12$  мм, глибиною  $h = 5,5$  мм,  $l = 49$  мм. Матеріал оброблюваної заготовки сталь 40ХФА з  $\sigma_B = 670$  МПа ( $67$  кгс/мм<sup>2</sup>). обробка напівчистова, шорсткість поверхні  $Ra = 3,2$  мкм, охолодження емульсією.

За джерелом [8] обираємо фрезу кінцеву з нормальним зубом, що виготовлена зі сталі Р6М5. Діаметр фризиди  $d = 12$  мм, довжина ріжучої частини  $\ell = 16$  мм, довжина інструменту  $L = 86$  мм, конус Морзе 1, число зубів  $Z = 4$  (карта 161, с. 293).

а) Встановлюємо наступні параметри зрізаного шару:

$$t = b = 12 \text{ мм}$$

$$V = h = 5,5 \text{ мм}$$

б) Призначаємо подачу (карта 161, с. 293)

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для  $d=16$  мм,  $Z=4$ ,  $h=5$ ,  $S_z=0,06 - 0,05$  мм/зуб.  $S_z$  приймаємо рівним  $0,06$  мм/зуб.

в) Призначаємо період стійкості фрези (табл. 2, с. 204)

Для  $d=20$ , сплав Т15К6 приймаємо період стійкості  $T=120$  хв. Припустимий знос зубів  $h_3=0,5$  мм.

г) швидкість головного руху різання (карта 162, с. 294)

Для  $d=16$  мм,  $Z=5$ , ширина паза  $16$  мм, глибина паза  $10-25$  мм,  $S_z=0,06$  мм/зуб, тоді  $V_{\text{табл}}=30$  м/хв. Враховуємо поправочний коефіцієнт  $K_{mv}$  (карта 120, с.230).

$K_{mv} = 1,2$  мм, тоді:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{табл}} \times K_{mv} = 30 \cdot 1,2 = 36,0 \text{ м/хв} \quad (6.12)$$

д) Частота обертання шпинделя:

$$n = 1000 \cdot V_{\text{н}} / (\pi \cdot d) = 1000 \cdot 36,0 / (3,14 \cdot 12) = 940 \text{ хв}^{-1} \quad (6.13)$$

Коректуємо по паспорту верстата:  $n_d=800$  хв<sup>-1</sup>

е) Дійсна швидкість:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_d / 1000 = 3,14 \cdot 12 \cdot 800 / 1000 = 30,14 \text{ м/хв.} \quad (6.14)$$

ж) Визначаємо швидкість руху подачі

$$V_s = S_z \cdot Z \cdot n_d = 0,06 \cdot 5 \cdot 800 = 240 \text{ мм/хв} \quad (6.15)$$

Коректуємо. Тоді  $V_{sd}=250$  мм/хв

з) Визначаємо потужність витрачену на різання (карта 163, с. 295)

Для  $S_z = 0,05 - 0,09$  мм/зуб, ширина паза  $13$  мм, глибини паза  $12$  мм,  $S_{\text{хв}}$  до  $265$  мм/хв, тоді  $N_{\text{табл}}=2,5$  кВт.

і) Перевіряємо чи достатня потужність приводу верстата 6P12.

$$N_{\text{шт}} = 2,5 \times 0,8 = 3,85 \text{ кВт} \quad (6.16)$$

$$N_{\text{верст}} > N_{\text{шт}}, \quad (6.17)$$

$$7,5 > 3,85$$

Робимо висновок про можливість обробки.

									Арк.
									42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 6.7 Технічне нормування операцій

Під технічно обґрунтованою нормою часу розуміється час, необхідний для виконання заданого об'єму роботи за певних організаційно-технічних умов і найбільш ефективного використання всіх засобів виробництва.

Структура операції №010 «Токарна з ЧПК» є найбільш складною. Тому її нормування розглядаємо окремо.

Розрахунок норми технічного часу на операцію виконуємо відповідно до [9]. Результати розрахунків норм часу заносимо в таблицю 6.3.

Основний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_o = (L + l_{вр} + l_{пер}) / (n \cdot S_o), \quad (6.18)$$

де  $L$  – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$  – величина урізування, мм;

$l_{пер}$  – величина перебігання, мм.

Допоміжний час визначаємо по формулі, хв:

$$T_{в} = T_{уст} + T_{пер} + T_{измер} + T_{см.інс.} + T_{из.под.} + T_{из.об.}, \quad (6.19)$$

де  $T_{уст}$  – час на установку і зняття деталі, хв [9, карта 6];

$T_{измер}$  – час на вимірювання, хв [9, карта 86];

$T_{пер}$  – час пов'язаний з переходом, включає час на холості ходи і допоміжні прийоми. Перелік холостих ходів і розрахунок часу, що витрачається на них, приведений в таблиці 6.4;

$T_{см.інс.} = 0,02$  хв. – час на зміну інструменту, виконується в автоматичному режимі;

$T_{из.под.} = 0$  – виконується спільно з неодруженими переміщення верстата;

$T_{из.об.} = 0$  – виконується спільно з неодруженими переміщення верстата.

Норму штучного часу визначаємо по формулі, хв:

$$T_{шт} = (T_o + T_{в} K_{тв}) \left( 1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100} \right) = (8,114 + 1,94) \left( 1 + \frac{5,5 + 4}{100} \right) = 11,01 \quad (6.20)$$

де  $K_{тв} = 1$  – поправочний коефіцієнт на допоміжний час залежно від характеру серійності робіт [9, карта 1];

									Арк.
									43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 6.3 – Розрахунок норми основного і допоміжного часу

№ п/п	L+I <sub>ВР</sub> +I <sub>ПЕР</sub> , мм	T <sub>О</sub> , хв	T <sub>ВСТ</sub> , хв	T <sub>Х.Х</sub> , хв	T <sub>ЗМ.ІНС.</sub> , хв	T <sub>Д</sub> , хв
1	–	–	1,50	–	–	–
2	173	1,98	–	–	–	–
3	34	0,38	–	–	–	
4	210	2,10	–	–	–	
5	115	1,31	–	–	–	
6	17	0,41	–	0,20	0,02	
7	80	0,91	–	–	–	
8	55	0,55	–	–	–	
9	20	0,48	–	0,20	0,02	
Σ		8,11	1,50	0,40	0,04	

Таблиця 6.4 – Розрахунок часу холостих ходів

№ п/п	Зміст переходу	Довжина ходу, мм	Швидкість холостого ходу, мм/хв	Час холостого ходу, хв
1	Підведення (відведення) інструменту	600	6000	0,1

$a_{\text{ОБС}}=5,5\%$  – час на обслуговування робочого місця, хв [9, карта 19];

$a_{\text{ОТЛ}}=4\%$  – час на відпочинок і особисті потреби, хв [9, карта 19];

Розрахунок норми підготовчо-завершальний час.

Підготовчо-завершальний час включає:

1. Час на наладку верстата – 22 хв [9, карта 19];
2. Час на отримання інструменту і пристосувань виконавцем праці до початку і здача їх після закінчення обробки партії деталей – 10 хв [9, карта 19].

$$T_{\text{ПЗ}}=22+10=32 \text{ хв.} \quad (6.21)$$

Норму штучно-калькуляційного часу визначаємо по формулі:

									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510006.ПЗ

$$T_{Ш-К} = T_{ШТ} + \frac{T_{ПЗ}}{N_{ДЕТ}} = 23,391 + \frac{32}{25} = 24.671 \text{ хв.} \quad (6.22)$$

Розрахунок норм часу для операції №035 «Вертикально-фрезерна» виконуємо по цій же методиці, користуючись нормативами [9]. Величини норм часу і коефіцієнтів заносимо в таблицю 6.5.

Використовуючи отримані значення норм основного, допоміжного, штучного і підготовчо-завершального часу по спроектованих операціях формуємо звідну таблицю норм часу.

Таблиця 6.5 – Норми часу на механічну обробку деталі

№ обпер.	Найменування операції	T <sub>О</sub> хв.	T <sub>В</sub> хв.	T <sub>ШТ</sub> хв	T <sub>ПЗ</sub> хв
010	Токарна з ЧПК	8,114	1,94	11,01	32
035	Вертикально-фрезерна з ЧПК	0,365	2,87	4,015	30

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

									Арк.
									45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510006.ПЗ

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

### 7.1 Обґрунтування необхідності створення пристосування

Завдання - остаточне формування показників точності та якості відповідальних зовнішніх поверхонь

Операція виконується на круглошліфувальному верстаті моделі 3У142.

Операція складається з одного установка, який включає наступні технологічні переходи (ескіз операції на рис. 7.1):

- 1) Шліфувати циліндричну поверхню 1 остаточно, витримавши розмір  $\varnothing 92js6(\pm 0,011)$  на довжині 172 мм,  $Ra=1,6$  мкм;
- 2) Шліфувати циліндричну поверхню 2 остаточно, витримавши розмір  $\varnothing 100e8(-0,072 / -0,126)$  на довжині 48 мм,  $Ra=1,6$  мкм;
- 3) Шліфувати дві циліндричні поверхні 3 остаточно, витримавши розмір  $\varnothing 100js6(\pm 0,011)$ ,  $Ra=0,8$  мкм;
- 4) Шліфувати циліндричну поверхню 4 остаточно з підшліфівкою торця 5, витримавши розміри  $\varnothing 115js6(\pm 0,011)$ ,  $520 \pm 0,35$  мм,  $Ra=1,6$  мкм;
- 5) Шліфувати циліндричну поверхню 6 остаточно з підшліфівкою торця 7, витримавши розміри  $\varnothing 100js6(\pm 0,011)$ ,  $340 \pm 0,285$  мм,  $Ra=0,8$  мкм;
- 6) Шліфувати циліндричну поверхню 8 остаточно, витримавши розмір  $\varnothing 92js6(\pm 0,011)$  на довжині 44 мм,  $Ra=1,6$  мкм.

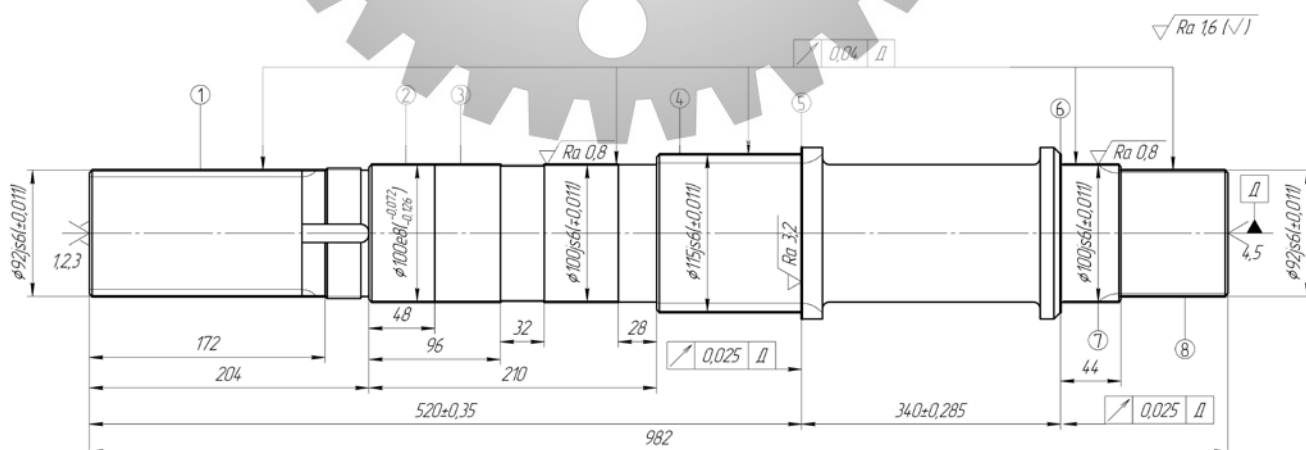


Рисунок 7.1 – Ескіз операції «Круглошліфувальна»

Нині заготовка обробляється в пристосуванні з немеханізованим приводом.

										Арк.
										46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Робітник на цій операції має четвертий розряд. Застосування спеціального пристосування з механізованим приводом дозволить понизити розряд верстатника на цій операції, понизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність параметрів точності операції.

## 7.2 Уточнення мети технологічної операції

### **Точність розмірів**

На цій операції формуються діаметральні розміри:

- $\varnothing 92js6$  мм з допуском 0,022 мм ГОСТ 1139-80;
- $\varnothing 100e8$  мм з допуском 0,054 мм ГОСТ 3325-85;
- 2 поверхні  $\varnothing 100js6$  мм допуском 0,022 мм ГОСТ 3325-85;
- $\varnothing 115js6$  мм з допуском 0,022 мм ГОСТ 1139-80.

А також лінійні розміри:

- $520 t_{2/2}$  мм с допуском 0,7 мм ГОСТ 25346-82;
- $340 t_{2/2}$  мм з допуском 0,57 мм ГОСТ 25346-82.

Точність форми Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

Розглянемо можливі відхилення точності форми, які для контрольованих поверхонь будуть однаковими.

При контролі радіального биття відхилення від профілю подовжнього перерізу не спотворюють результати вимірювань.

На результати контролю впливають наступні похибки форми: овальність (рис. 7.2,а), огранка (рис. 7.2,б) та відхилення від прямолінійності осі (рис. 7.2,в).

Оскільки на розмір контрольованої поверхні призначений допуск по 6 квалітету, а відносна геометрична точність призначена по рівню А, то допустимі величини вказаних похибок форми рівні 60% від допуску на розмір. Це відповідає [17]:

- допуск на овальність складає  $22 \times 0,6 = 13,2$  мкм - 6-а степінь точності;
- допуск на ограновування складає  $22 \times 0,6 = 13,2$  мкм - 6-а степінь точності;
- допуск на відхилення осі від прямолінійності складає  $22 \times 0,6 = 13,2$  мкм - 6-а степінь точності.

						ТМ.16510006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

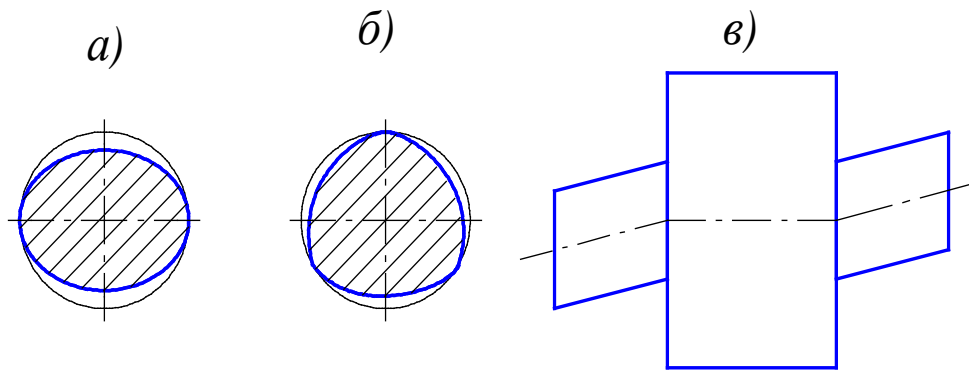


Рисунок 7.2 - Ескізи похибок форми.

### Точність розташування поверхонь

У нашому випадку на результати контролю робитиме вплив відхилення співісної загальної осі (рис. 7.3,а) і відхилення від співісної відносно осі базової поверхні (рис. 7.3,б).

Оскільки на розмір контрольованої поверхні призначений допуск по 6 квалітету, а відносна геометрична точність призначена по рівню А, те величини тих, що припускаються вказаних похибок взаємного розташування поверхонь рівні 60% від допуску на розмір. Це відповідає [17]:

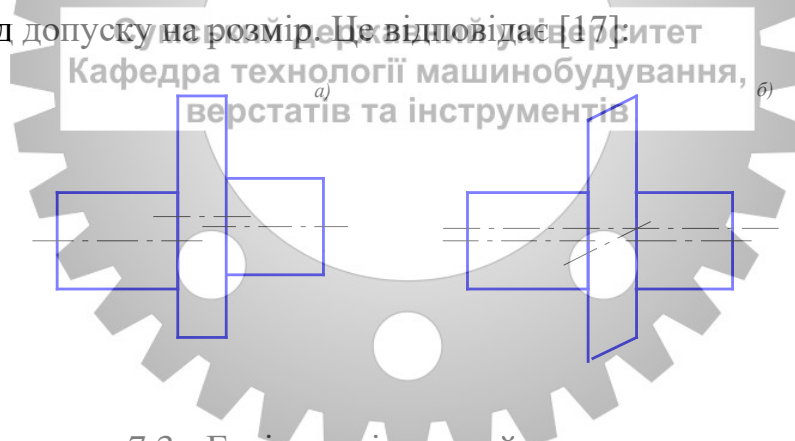


Рисунок 7.3 - Ескіз погрешностей розташування поверхонь.

- допуск на співвісність із загальною віссю деталі  $22 \times 0,6 = 13,2$  мкм - 6-а ступінь точності;
- допуск на співвісність з базовою поверхнею складає  $22 \times 0,6 = 13,2$  мкм - 6-а ступінь точності.

### Ступінь шорсткості

Міра шорсткості задана на кресленні і складає за критерієм Ra 0,8 мкм.

### Вибір схеми обробки

										Арк.
										48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



Для обробки валу базовими є центрові отвори і погрішність базування при установці валу в центрах дорівнює нулю.

Базовими поверхнями є конічні поверхні центрових отворів А-10 ГОСТ 14034-74. Вони виконані по 10 квалітету точності, нормальному рівню відносної точність, міра точності 9.

Допуск похибки форми і допуск похибки взаємного розташування дорівнює 20 мкм.

Шорсткість базових поверхонь становить за критерієм Ra 3,2 мкм.

Схема базування

При установці деталі в центрах вона втрачає п'ять ступенів свободи; залишається вакантним шостий ступінь свободи - можливість обертання деталі навколо власної осі (рис. 7.4).

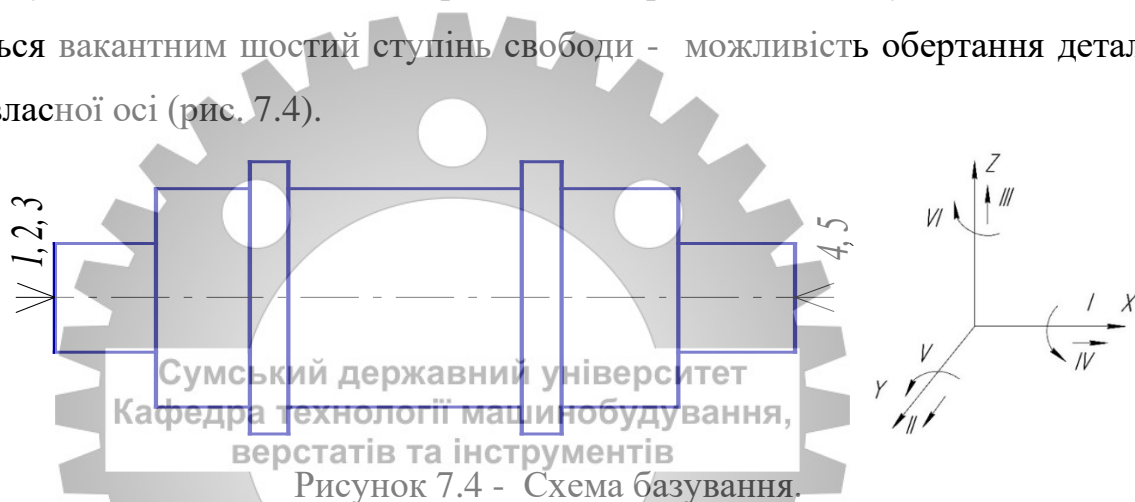


Рисунок 7.4 - Схема базування.

Лівий центровий отвір є опорно-центрируючою базою (короткий конус), яка позбавляє заготовку 3-х ступенів свободи: лінійних переміщень уздовж трьох координатних осей.

Правий центровий отвір є подвійною опорною базою і позбавляє заготовку двох ступенів свободи : обертання навколо осей координат у і z, які перпендикулярні осі деталі.

Вакантним залишається один ступінь свободи : обертання навколо осі x(осі деталі). Наявність цієї вакансії потрібна для забезпечення обертання деталі при виконанні контролю.

Складаємо таблицю відповідностей (див. табл. 7.1) та матрицю зв'язків (див. табл. 7.2):

									Арк.
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ.16510006.ПЗ

Таблиця 7.1 - Таблиця відповідності

Точка	Ступінь свободи	База
1,2,3	I, II, III	ОЦБ
4, 5	V, VI	ОБ
Вакант.	IV	

Таблиця 7.2 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	База
$\ell$	1	1	1	ОЦБ
$\alpha$	0	0	0	
$\ell$	0	0	0	ОБ
$\alpha$	0	1	1	
$\ell$	0	0	0	Вак
$\alpha$	1	0	0	

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

Вибір і обґрунтування схеми закріплення розташування контрольованої деталі вертикально дозволить більш рівномірно розподілити навантаження між опорами і усуне провисання (що негативно позначилося б на точності обробки) деталі під час шліфування. Але із-за великих розмірів і маси деталі така схема закріплення утруднить установку деталі на пристосування і ускладнить його конструкцію.

Тому приймаємо горизонтальну установку валу.

Аналіз структури зв'язків, що виникають при базуванні, можна здійснити, побудувавши таблицю односторонніх зв'язків (див. табл 7.3).

З таблиці 7.3 видно, що на заготівлю накладені 10 двосторонніх зв'язків. Лише один з них не повний, що обумовлено обертанням заготовки під час обробки.

									Арк.
									50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 7.3 – Таблиця односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Спосіб реаліза ції	Реакція	R	R	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R
	Сила закріплення	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сила тертя	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Визначення умов, в яких експлуатуватиметься пристосування

Температура повітря в робочій зоні -  $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$  (ГОСТ 12.01.005-88).  
Відносна вологість повітря –  $\varphi_{\text{п}} = 80\%$ . Атмосферний тиск -  $P_{\text{ат}} = 86 \div 106 \text{ кПа}$ ;  
швидкість руху повітря –  $V_{\text{п}} \leq 0,5 \text{ м/с}$ . Частота вібрацій, що викликається  
верстатами  $f = 20 \div 30 \text{ Гц}$ , амплітуда вібрацій незначна.

Для нормальної роботи зору контролера передбачаємо місцеве освітлення з  
 $E_{\text{ф}} = 1000 \text{ Люкс}$ .

### 7.3 Визначення умов, в яких виготовлятиметься і експлуатуватиметься пристосування

Річна програма випуску визначена в 1600 деталей. Така програма з  
урахуванням трудомісткості припускає серійний тип виробництва. З  
урахуванням цього планується не дуже висока інтенсивність використання  
пристосування. При заданому періоді виробництва 3 роки, або 36 місяців,  
пристосування повинне здійснити 4800 циклів.

### 7.4 Складання переліку функцій, що реалізуються

0. Переміщення і попередня орієнтація заготівлі.

1. Базування заготівлі.
2. Закріплення заготівлі.
3. Базування пристосування на верстаті.
4. Закріплення пристосування на верстаті.

													Арк.
													51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ.16510006.ПЗ								

5. Підведення і відведення енергоносія.
6. Утворення початкової сили для закріплення.
7. Управління енергоносієм.
8. Заміна настановних (затискних) елементів.
9. Об'єднання функціональних вузлів (корпус).
10. Шліфування валу
11. Створення безпечних умов праці.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимог до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функцій.

### 7.5 Функціональна структура пристосування

Функціональна структура проектного пристосування представлена на малюнку 7.5.

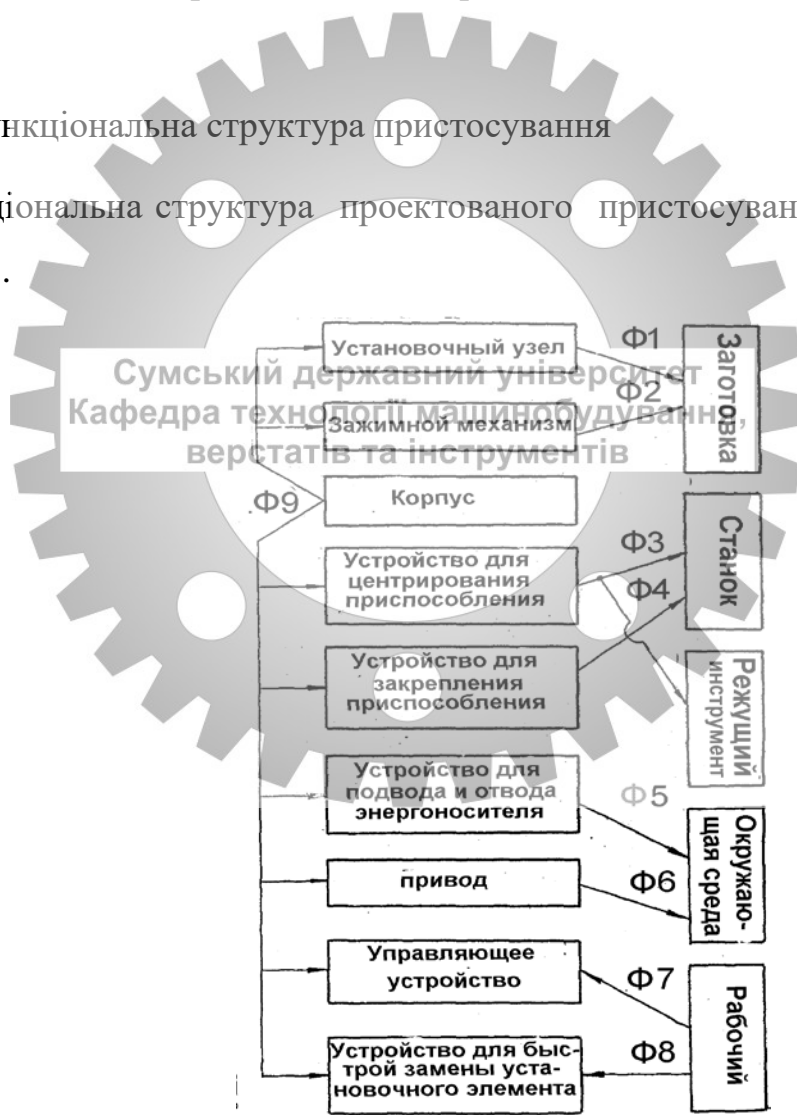


Рисунок 7.5 - Функціональна структура проектного пристосування

## 7.6 Розробка і обґрунтування схеми закріплення

Для визначення взаємного впливу поля збуджуючих сил (ПЗС) і поля урівноважуючих сил (ПУС) побудуємо графічну модель збуджуючих сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.

З рис. 7.6 видно, що складові поля збуджуючих сил не урівноважені і вимагають додатка додаткових сил закріплення.

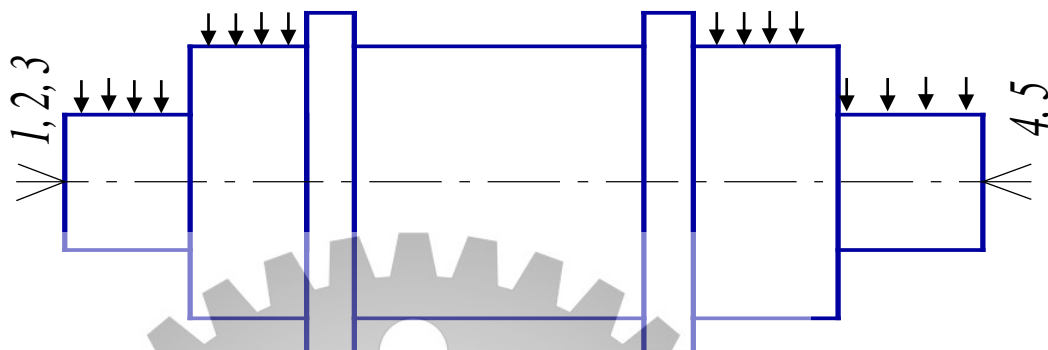


Рисунок 7.6 - Структура поля збуджуючих сил (ПЗС).

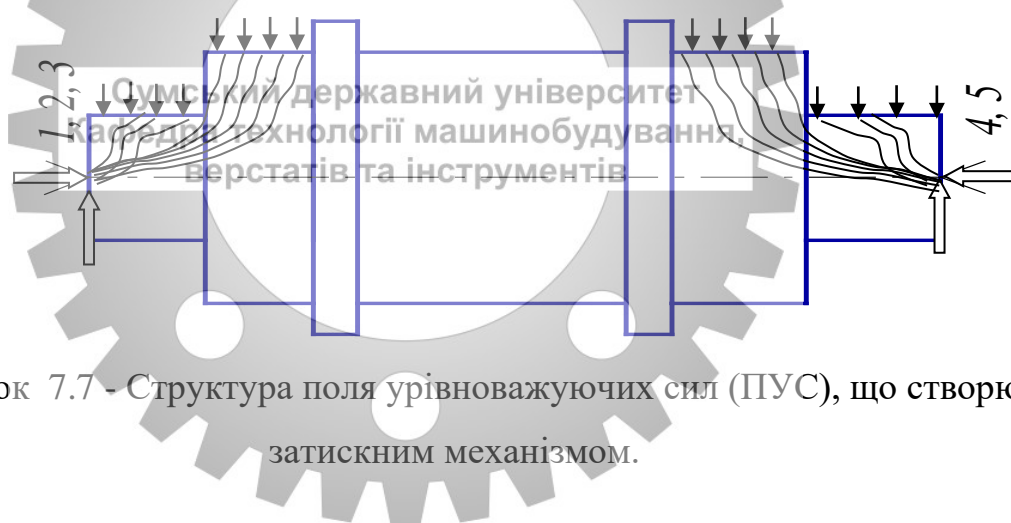


Рисунок 7.7 - Структура поля урівноважуючих сил (ПУС), що створюється затискним механізмом.

Недоліком вказаного способу урівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення. Силкові потоки, що виникають при обробці, створюють напругу скручування і вигину. Тому для збільшення жорсткості заготовлі зважаючи на її значну довжину доцільне застосування додаткової опори - люнети - в проміжку між основними опорами заготовки. У таких умовах не виникає особливих вимог до структурної однорідності силових полів. При цьому можливо огрубити структуру ПУС до локально-дискретної. Це спрощує конструкцію затискного пристрою, оскільки урівноважуюче поле такої

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ.16510006.ПЗ

Арк.

53

структури може бути створене закріпленням в двох призмах важільним облаштуванням типу прихвата. Оскільки напрям дії сили закріплення - паралельно стінкам паза шпони, що виготовляється, - не співпадає з напрямом допуску симетричності стінок паза(у площині, перпендикулярній стінкам паза), то погрішність закріплення заготовлі в цьому напрямі дорівнює нулю:  $\varepsilon = 0$ .

Для аналізу структури і якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовлі, побудуємо таблицю односторонніх зв'язків (таблиця 7.4).

Додаток сили закріплення виключає проміжок і перетворює зв'язки  $x, y, y', z', \omega_y, \omega_{y'}, \omega_z, \omega_{z'}$  з неповних в повні, а також створює чотири не вистачає до комплекту зв'язку  $x', z, \omega_x$  і  $\omega_{x'}$ .

Таблиця 7.4 - Таблиця зв'язків, що накладаються на заготовку

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega_{x'}$	$\omega_y$	$\omega_{y'}$	$\omega_z$	$\omega_{z'}$
Спосіб реалізації	Реакція	-	R	R	R	R	-	-	-	R	R	R	R
	Сила закріплення	-	W	W	W	W	-	-	-	W	W	W	W
	Сила тертя	F(w)	-	-	-	-	-	F(w)	F(w)	-	-	-	-

Величина зусилля закріплення  $W$  розраховується з умови непроворота від сили  $P_z$  і умова незрушення заготовки під дією складової сили різання  $P_x$ .

#### 7.7 Розрахунок пневматичного поршневого приводу

При обробці момент різання (Н·м) визначається з формули:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d}{2}, \quad (7.1)$$

де  $P_z$  - сила різання при шліфування деталі,  $P_z = 5557,8 \text{ Н}$ ;

$d$  - найбільший діаметр при обробці,  $d = 115 \text{ мм} = 0,115 \text{ м}$ .

$$M_p = 5557,8 \cdot 0,115 / 2 = 539 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Звідси знайдемо радіальну силу закріплення (Н) приймаючих кулачків патрона до заготовки:

$$W = \frac{K \cdot M_p}{f \cdot d}, \quad (7.2)$$

де К - коефіцієнт запасу, К = 2,5 [15];

d - посадковий діаметр кулачків, d = 0,98 м;

f - коефіцієнт тертя, f = 0,35.

$$W = (2,5 \cdot 539) / (0,35 \cdot 0,98) = 37752 \text{ Н.}$$

Визначимо необхідну силу на штоку по формулі, [6, с. 87]:

$$Q = \frac{W}{v_i} \quad (7.3)$$

де  $v_i$  - передатне відношення, не залежне від кута  $\alpha = 150^\circ$ ,  $v_i = 2,9$  [6, табл., 14, с.88].

Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

$$Q = \frac{37752,1}{2,9} = 13017,96 \text{ Н} = 13018 \text{ кН.}$$

Визначимо площу поршня по формулі, [16, с. 303]:

$$F_i = \frac{Q}{P}; \quad (10.4)$$

де P - тиск олії, P = 10 МПа.

$$F_i = \frac{1301,8}{5 \cdot 10^6} = 0,0026 \text{ м}^2 = 26 \text{ см}^2.$$

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{P}} = 1,13 \sqrt{F} = 43 \text{ см} \quad (10.5)$$

Приймаємо D = 100 см, тоді d штока 32 см

									Арк.
									55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 7.8 Точнісні розрахунки пристосування

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування є перетворенням інформації про точність обробки поверхонь деталі на цій операції в точнісні вимоги до пристосування.

Визначимо розрахункові параметри, тобто ті параметри, які найбільшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. У даному випадку до розрахункового параметра слід віднести непаралельність осі пристосування відносно поверхні робочого стола верстата. Цей параметр є однорідним з допуском радіального биття, заданим на кресленні.

Допустима похибка виготовлення вказаних елементів пристосування по параметру непаралельності рівна

$$\varepsilon_{np} \leq T_{\nearrow 100} - K_T \times \sqrt{(K_{T1} \times \varepsilon_{\delta 16})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_i^2 + (K_{T2} \times \omega)^2 + \varepsilon_{поз}^2}, \quad (7.6)$$

де  $T = 40$  мкм - допуск радіального биття;

$K_T = 1,2$  - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових

$K_{T1} = 0,8$  - цей коефіцієнт береться до уваги, коли похибка базування не дорівнює нулю (в даному випадку  $\varepsilon_6 = 0$ );

$\varepsilon_3 = 0$  - похибка закріплення заготовки;

$\varepsilon_y = 0$  - похибка установки пристосування на верстаті;

$\varepsilon_{II} = 0$  - похибка перекосу інструменту;

$\varepsilon_i = 0$  - похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів;

$\omega = 20$  мкм - середня економічна точність обробки [6, с.151, таблиця.7.1];

$K_{T2} = 0,6$  - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\varepsilon_{поз} = 5$  мкм - погрешність позиціонування;

$$\varepsilon_{np} \leq 40 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 20)^2 + 5^2} = 24,4, \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду допусків приймаємо  $\varepsilon_{np} = 20$  мкм.

									Арк.
									56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



## 7.9 Опис пристрою і принципу дії пристосування

Повідковий патрон поз.1 встановлюється в шпинделі верстата, а основа із заднім центром - на станину, де закріплюється. Заготовка встановлюється між центрами пристосування і при перемиканні пневморозподільника повітря під тиском подається в робочу безштокову порожнину пневмоциліндра поз. 2, поршень переміщується вліво і закріплює заготовку. Після закінчення обробки пневморозподільникаспеределитель перемикається в інше положення, повітря подається в штокову порожнину циліндра, шток переміщується вправо і звільняє заготовку.




					ТМ.16510006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## ВИСНОВКИ

В результаті проведеного аналізу службового призначення як деталей окремо, так і вузла в цілому, аналізу технічних вимог, технологічності деталей, базового технологічного процесу були внесені зміни в технологічний процес виготовлення деталі «Вал». Так зміни в маршруті обробки, застосування верстатів з ЧПК дає можливість раціональніше організувати технологічний процес. Також прийнята схема базування за умови використання спеціального пристосування дозволили не тільки зменшити основний і допоміжний час на операціях, але і підвищити точність виготовлення і контролю деталей. Цьому сприяє також призначення технічно обгрунтованих режимів різання і норм часу для розглянутих операцій.

Для однієї операцій, розробленого технологічного процесу спроектовано верстатне пристосування. Розрахунок операційних припусків на один з найточніших діаметральних розмірів валу виконані за допомогою ЕОМ.



Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування,  
верстатів та інструментів

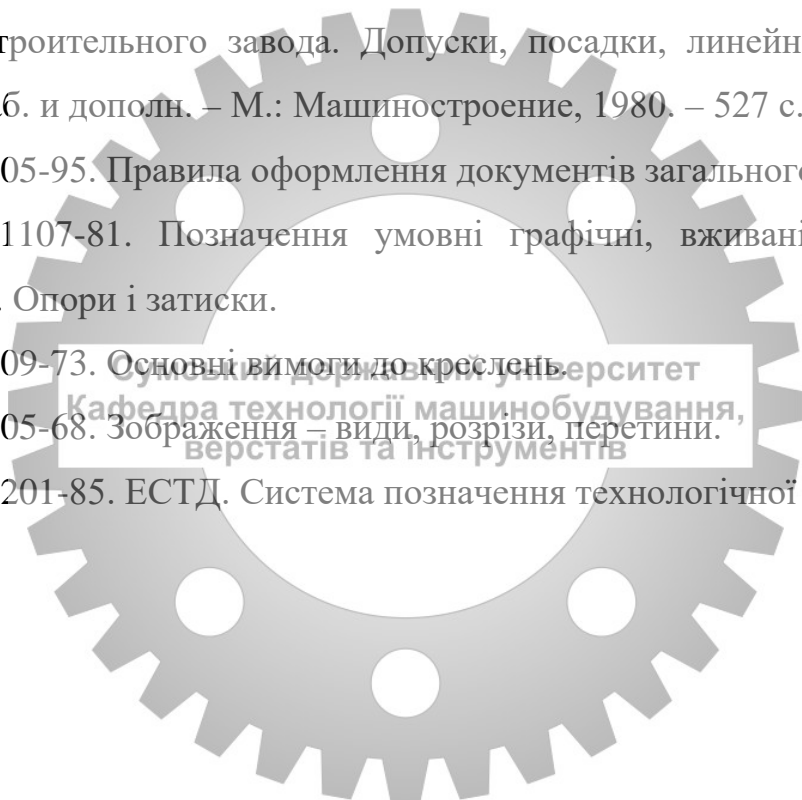
					ТМ.16510006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов/ В.Г.Сорокин, А.В.Волосникова, С.А.Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г.Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Методические указания к практическим занятиям «Анализ служебного назначения машины и детали и выявление технологических задач при изготовлении изделий»
3. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л.: Машиностроение, Ленинградское отд-ние, 1984. – 464с., ил.
4. И.С. Добрыднев Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения»: Учебн. пособие для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием».- М.: Машиностроение, 1985. 184 с., ил.
5. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски».
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под редакцией А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
7. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПК: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1990.- 512 л.: ил.
8. Общемашиностроительные нормативов времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. М.: Машиностроение, -1980г.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для нормирования станочных работ. М.: Машиностроение. – 1974 г.
- 10.Гипп Б.А. и др. Контрольные приспособления - М.: ГОСИНТН машиностроит. лит., 1960. – 339 с.
- 11.Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник.- 7-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1979.-303с.
- 12.Городецкий Ю.Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных приборов. – М.: Машиностроение,1971.-367с

					ТМ.16510006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- 13.Обработка металлов резанием: Справочник технолога / под общ. ред. А.А.Панова.-М.: Машиностроение, 1988.-736с.
- 14.Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т.1 / под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986.-656с.
- 15.Ансеров М.А.Приспособления для металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1964.-652с.
- 16.Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении.- М.: Машиностроение, 1971.-228с.
- 17.Виноградов А.Н., Воробьев Ю.А. и др. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения. 3-е изд., пераб. и дополн. – М.: Машиностроение, 1980. – 527 с.
- 18.ГОСТ 2.105-95. Правила оформлення документів загального призначення.
- 19.ГОСТ 3.1107-81. Позначення умовні графічні, вживані в технологічних процесах. Опори і затиски.
- 20.ГОСТ 2.109-73. Основні вимоги до креслень
- 21.ГОСТ 2.305-68. Зображення – види, розрізи, перетини.
- 22.ГОСТ 3.1201-85. ЕСТД. Система позначення технологічної документації.



					ТМ.16510006.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60